

Bundfaunaundersøgelse i Furesøen

2002



Et udvidede notat udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium marts 2003
Konsulenter: Per Gørtz, Mette Retz Larsen og Helle Jerl Jensen

1. Introduktion

De undersøgelser, der hidtil er blevet foretaget på barbundsfaunaen i danske søer, har primært omhandlet forhold som dyrenes artssammensætning, tæthed og udbredelse, hvorimod få undersøgelser har vurderet bunddyrenes biomasse og produktion og dermed forsøgt at belyse bundfaunaens økologiske rolle i søen.

Formål

Efter ønske fra Københavns Amt har Fiskeøkologisk Laboratorium undersøgt bundfaunaen i Furesøen den 22. april og den 22-23. august 2002. Undersøgelsens primære formål var udover at bestemme faunaens sammensætning og tæthed desuden at vurdere bunddyrenes biomasse og produktion. Endvidere blev faunaen vurderet i forhold til søens fiskebestand, der blev undersøgt samme år /1/.

1.1 Lokalitetsbeskrivelse

Furesøen er beliggende nord for København på grænsen mellem Københavns Amt og Frederiksborg Amt. Søen er med en dybde på 37,7 m Danmarks dybeste sø og er med et overfladeareal på 941 ha den største sø i Mølleå-systemet, hvor den bl.a. modtager vand fra Farum Sø og Vejlesø og afvander via Frederiksdal til Lyngby Sø. Furesøen kan inddeles i to meget forskellige områder. Det dybe hovedbassin med en middeldybde på 16,7 m og en meget heterogen topografi med stejle skrænter og banker samt et mere lavvandet og homogent bassin, Store Kalv, med en middeldybde på 2,5 m. Hovedbassinet udgør med 739 ha 79 % af søarealet /2/. Da Furesøen indgår i Vandmiljøplanens overvågningsprogram er søen i de senere år systematisk blevet undersøgt med hensyn til en række vandkemiske og biologiske forhold, bl.a. resumeret i /2,3/.

Som følge af hovedbassinets dybdeforhold lagdeler søen i sommerhalvåret, hvilket medfører periodevis ringe iltforhold ved bunden. I 2002 lå temperaturspringlaget i 12-15 meters dybde, mens iltindholdet i bundvandet blev målt med en upræcis iltmåler /3/. Iltforholdene målt om sommeren i 2001 viser længere perioder med iltkoncentrationer tæt på 0 mg/l O₂, hvilket antageligt ikke har ændret sig i 2002.

Fra en klarvandet tilstand og en status som en naturlig næringsrig sø frem til 1920-erne forværredes miljøet gennem en menneskeskabt eutrofiering, der kulminerede i 1970-erne med regelmæssige, voldsomme sommeropblomstringer af blågrønalger. På dette tidspunkt var undervandsvegetationens dybdeudbredelse kraftigt reduceret, fiskebestanden domineredes af planktonædende karpefisk, vandets klarhed var ringe og dårlige iltforhold under springlaget havde forværret bunddyrenes levevilkår i søens profundalzone /2,4,5,6/.

2. Materialer og metoder

Felt

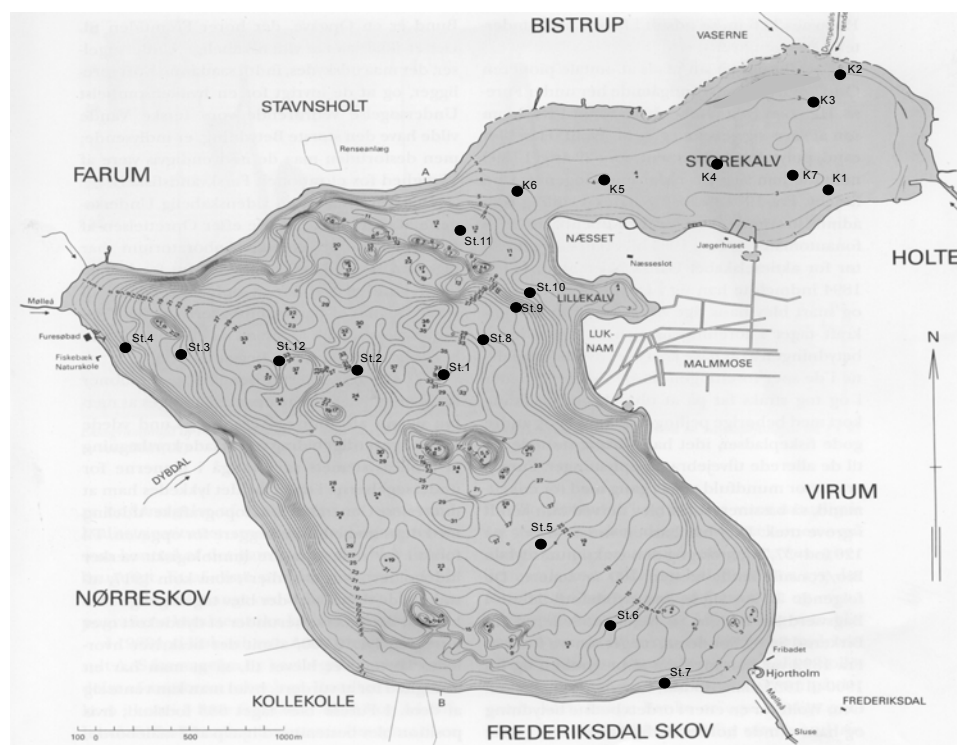
Undersøgelsens stationering blev tilrettelagt efter Furesøens naturlige opdeling i det dybe hovedbassin og i Store Kalv/Lille Kalv. Stationerne blev udvalgt ved brug af søens hypsograf, således at alle dybdeintervaller (dybere end 2 m) i de to områder blev undersøgt i et omfang svarende til deres andel af søterritoriet. I hovedbassinet blev der placeret tre transekter med udspring i søens dybeste sted, heraf to transekter i omtrentlig søens øst-vestgående retning, som inkluderer den fremherskende vindretning fra vest. I Store Kalv placeredes stationerne ud af tre transekter fra et punkt midt i Kalven, hvor to transekter følger bassinets øst-vestgående retning fra den nordlige spids af Næsset til bunden af Kalven (fig. 1).

Prøvetagningen fandt sted den 22. april og den 22-23. august 2002. Både forår og sensommer blev der indsamlet 5 prøver på hver af i alt 10 stationer i søens

hovedbassin (st.1-10) og 7 stationer i Store Kalv (st. K1-K7). Som supplement foretoges en indsamling i Lille Kalv på st. K8. Da det ikke var muligt at optage prøver fra båd på st. 10 på en af søens stejle skalbanker, blev der oprettet en ekstra st. 11 på omtrent samme dybde og i samme område af søen. Stationerne blev fastlagt ved GPS-koordinater fra forårets prøvetagning.

En undervandsoptagelse i 2002 af Furesøens stejle skalbanker viste en "massiv" tæthed af vandremuslingen *Dreissena polymorpha*. I forsøget på at inkludere et plausibelt estimat af denne muslings tæthed, biomasse og produktion på st. 10, er der anvendt tal fra undersøgelser af forholdene på tilsvarende skalbanker i Esrum Sø, hvor prøverne blev indsamlet af en erhvervsdykker /7/. Da den øvrige fauna formodentlig varierer på habitatet i de to søer, blev det ikke forsøgt at overføre øvrige forhold som artsrigdom, tæthed og biomasse til nærværende undersøgelse.

Faunaprøverne er indsamlet med en kajakbundhenter med et areal på 21 cm² og blev konserveret i ethanol i felten ved en slutkoncentration på 70 %.



Figur 1 . Kort over Furesøen med placeringen af prøvetagningsstationerne i det dybe hovedbassin og i Store Kalv/Lille Kalv.

Prøvetagningen blev som udgangspunkt tilpasset de tidspunkter på året, hvor forekomsten af dansemyg og andre akvatiske insekter på barbunden forventelig er størst. Dette er tidligt på foråret forud for vintergenerationens emergens og i sensommeren, hvor sommergenerationen har et optimum, forud for denne går på vinger. Hvor vintergenerationen oftest har været underlagt en beskeden prædation fra søens karpfisk (pga. vandets kølighed), og således kan betragtes som mere eller mindre intakt, giver sommergenerationen vidnesbyrd ikke alene om levevilkårene rundt om på søens barbund, men også om bundfaunaens betydning for fiskebestanden, herunder fiskenes prædationstryk. Nærværende undersøgelse kom først i gang medio april, hvorved forårsprøverne formodentlig er indsamlet efter påbegyndelsen af vintergenerationens emergens.

Laboratorium

I laboratoriet blev faunaprøverne sigtet gennem en 500 µm sigte, og faunaen blev frasorteret under lup (x2) først i en hvid og dernæst i en sort bakke. Faunaen blev bestemt primært til bedst mulige taksonomiske niveau, mens bestemmelsen af visse grupper af tovingede (Diptera) gik til underfamilie/familie og orme til Oligochaeta. Dyrene blev talt op, og længden af hvert enkelt dyr målt til nærmeste 0,5 mm.

En faunaliste med forhold som sedimentets beskaffenhed, prøvetagningsdybde og stationernes geografiske placering i findes i bilag 1 (hovedbassinet) og bilag 2 (Store Kalv).

Længde-vægt relation

Til beregning af biomasse er længde-vægt relationen for de antalsmæssigt mest betydningsfulde bunddyr blevet bestemt efter:

$$\text{vægten} = a \cdot \text{længden}^b$$

Hvor a og b er tabelværdier /8,9/, eller erfaringstal (Lindegaard, *pers. komm.*).

P/B-forhold

Til brug for bestemmelse af barbundsfaunaens produktion blev bunddyrene inddelt i følgende funktionelle grupper; dansemyg, mitter, glasmyg, orme, ærtemuslinger, andre muslinger, snegle og andre dyr. Produktionen er herefter beregnet ud fra P/B-forhold fra tabelværdier /8,9,10,11/ og i samråd med Claus Lindegaard, Ferskvandsbiologisk Laboratorium. P/B-forholdet for en given art kan variere fra år til år afhængigt af fødetilgængelighed, temperatur, iltforhold mm., og der er derfor brugt middelværdier for de enkelte funktionelle grupper. Dog er der for dansemyggen *Chironomus plumosus* gr. anvendt et lavere P/B-forhold end for de øvrige arter af dansemyg. Begrundelsen for dette er, at *C. plumosus* generelt er større og ofte har 1-2 generationer om året, modsat de øvrige, noget mindre dansemyg, der ofte har 2 eller flere generationer på et år /9/.

Da det ikke har været muligt at fremskaffe brugbare længde-vægt relationer på flere omend mindre betydende dyregrupper, skal tallene for biomasse og produktion betragtes som grove skøn.

3. Resultater

3.1 Hovedbassinet

Bundens beskaffenhed

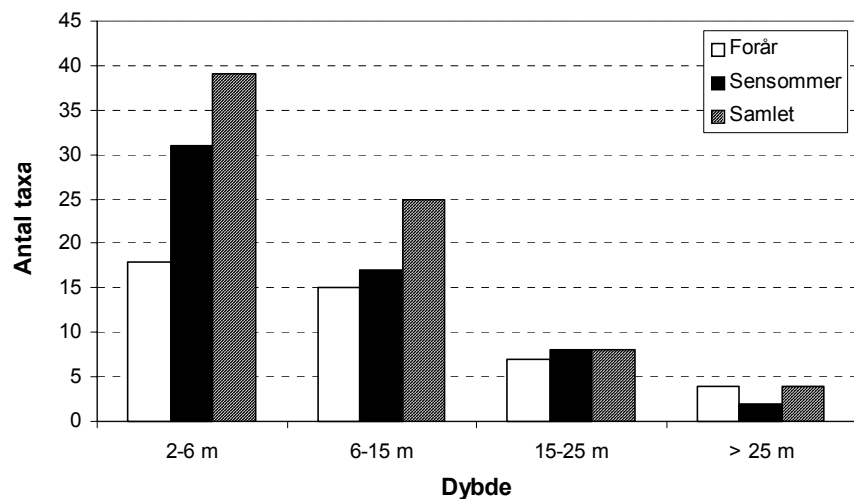
Undersøgelsen viste, at substratet på barbunden i hovedbassinet i større grad afhænger af bundens dybde og form end den øst-vestvendte orientering i søen. Bundsubstratet i prøverne kunne groft inddeles i 4 dybdezonar vist i Tabel 1. I den brednære sublittoral i dybden 2-6 m bestod bunden overvejende af lerblandet sand med et fint lag af organisk materiale og et varierende indhold af skalrester. I den dybere sublittoral på 6-15 m varierer bunden fra massive skalbanker på skrænterne til områder med blødere bund af leret gytje med skalrester. I profundalsonen ændrer substratet karakter ved en dybde på ca. 25 m fra et indhold overvejende af porøst leret gytje til på dybere vand at bestå af mørkt/sort og meget porøst gytje. Prøverne ophentet fra søens dybeste sted i foråret (st. 1) og i sensommeren på dybden større end 25 m var belagt med et fint bruntfarvede lag, hvilket kunne tyde på tilstedeværelsen af bakterier tilpasset periodevis ringe iltforhold.

Tabel 1. Bundens beskaffenhed i udvalgte dybdezonar af hovedbassinet.

Benævnelse	Dybde	Station	Substrat
Den brednære sublittoral	2-6 m	st. 4, 7	Lerblandet sand, org. mat., skaldele
Den dybere sublittoral	6-15 m	st. 6, 11 st. 10	Leret gytje, skalrester Skalbanke
Profundalen	15-25 m > 25 m	st. 3, 5, 9 st. 1, 2, 8	Leret gytje Sort/mørkt gytje

Artsrigdom

I nærværende undersøgelse blev der i alt registreret 49 taxa i hovedbassinet, hvoraf den største artsrigdom optrådte i sublittoralen (2-15 m) med 41 taxa mod 9 taxa i profundalen. Det var muligt at erkende fire overordnede samfund af smådyr, der groft fulgte dybdezoneringen som for bundsubstratet på: 2-6 m, 6-15 m, 15-25 m og dybere end 25 m. Figur 2 viser antallet af identificerede taxa forår og sensommer i de fire dybdezoner.



Figur 2. Antal identificerede taxa i de fire dybdezoner i Furesøens hovedbassin.

Den brednære sublittoral

Faunaen i den brednære sublittoral (2-6 m) blev undersøgt på st. 4 og 7 og var i sensommeren med i alt 31 taxa særdeles artsrig. Faunaen domineredes generelt af døgnfluen *Caenis horaria*, vandremuslingen *Dreissena polymorpha*, ærtemuslingen *Pisidium* sp. og dansemyggene; *Procladius* sp., *Tanytarsus* sp. og arter af Chironomini. På st. 4 konstateredes trods en dybde på 4,7 m en stor tæthed af arter, der normalt er tilknyttet bredzonen, såsom *Asellus*, flere igler og dyndsneflen *Potamopyrgus antipodarum*. Samlet blev der registreret 39 taxa (fig. 2).

Den dybere sublittoral

Den dybere sublittoral (6-15 m) blev undersøgt på st. 6, 10 og 11, og består af flere habitater, bl.a. skalbanker (st. 10), en skrånende barbund med blødere bund (st. 6) og en større barbundsflade ved indgangen til Store Kalv (st. 11), der nok bedst kan betegnes som et sedimentationskar beliggende over sommerspringlaget. Det var ikke muligt at ophente brugbare kajakprøver på st. 10 placeret på en af søens skalbanker, hvorved faunaen er vurderet på baggrund af materialet på st. 6 og 11.

Faunaen var ganske alsidig med 15 og 17 taxa registreret hhv. forår og sensommer. Faunaen domineredes af orme og dansemyggene; *Tanytarsus* og *Procladius* samt

på st. 6 endvidere af *Chironomus anthracinus*. På st. 11 var faunaen noget mere divers, bl.a. ved flere arter, der traditionelt er tilknyttet bredzonen og må formodes fra tid til anden at "skylle" til stedet. Undervandsoptagelser viste, at *Dreissena* dominerer skalbankerne. Der blev i alt registreret 25 taxa (fig. 2).

Profundalzone

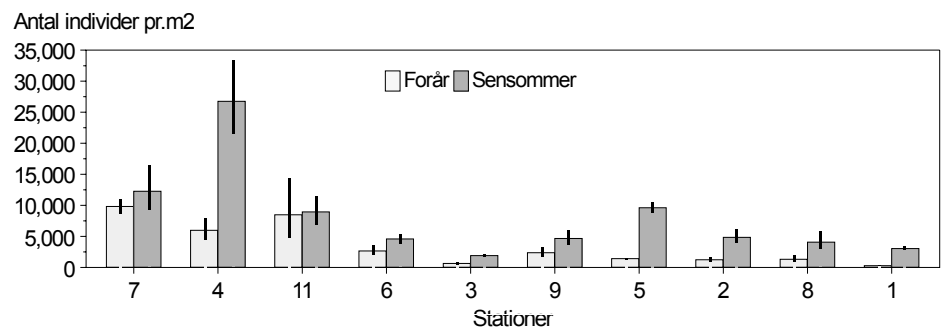
Profundalen i dybden 15-25 m blev undersøgt på st. 3, 5 og 9. Faunaen domineredes af *Chironomus anthracinus* og bestod overvejende af mere robuste bunddyr, herunder endvidere af *Procladius* og orme. Både forår og sensommer registreredes reliktkrebsen *Mysis relicta*, der er særligt tilknyttet den dybere barbund. Der blev i alt registreret 8 taxa uden en nævneværdig sæsonvariation (fig. 2).

Faunaen i den dybe profundalzone blev undersøgt på st. 1, 2 og 8 og var artsfattig med fund af sammenlagt 4 taxa (fig. 2). *C. anthracinus* dominerede faunaen på nær på søens dybeste sted (prøvetagningsdybde på 36,7 m) i sensommeren, hvor orme optrådte talrigest. Der var en god overensstemmelse med varigheden af ringe ilt i profundalzone, og den registrerede udytning af faunaen.

Tæthed

Af tabel 2 fremgår middeltætheden af funktionelle grupper af bunddyr i Furesøens hovedbassin forår og sensommer, mens figur 3 viser middeltætheden med 95 %-konfidensgrænser, hvor stationerne er ordnet efter dybde.

Om foråret optrådte signifikant flere dyr i sublittoralen med en middeltæthed på 6000-9810 individer/m² (fig. 3). Den righoldige fauna skyldtes især forekomsten af dansemyg, der udgjorde 30-88 % af faunaen, *Dreissena* på st. 4 og 11 (18-35 %), orme på st. 7 (30 %) og *C. horaria* på st. 4 (32 %). Middeltætheden af dyr i profundalen var på samme tidspunkt beskeden med 286-2381 individer/m², hvor dansemyg alene udgjorde 75-100 % (33 % på st. 1).



Figur 3. Den beregnede middeltæthed pr. m² på stationerne ordnet efter dybde i Furesøens hovedbassin forår og sensommer 2002, med tilhørende 95 %-konfidensgrænser på baggrund af log(x+1)-transformation. St. 7, 4, 11 og 6 er beliggende i sublittoralen.

I sensommeren var forekomsten af dyr på st. 4 signifikant større end på nogen anden station, og middeltætheden var omtrent en faktor 3,5 større end om foråret samme sted. Særligt de funktionelle grupper som orme, andre muslinger (*Dreissena*) og andre dyr (*Asellus*, *Caenis* og igler) var hovedansvarlig for denne forskel. I resten af sublittoralen afveg tætheden af dyr ikke nævneværdigt fra forår til sensommer, mens forekomsten af dyr i profundalen (> 15 m) var signifikant størst i sensommeren. Bortset fra orme på st. 1 var dansemyggen *C. anthracinus* hovedansvarlig for den markante sæsonvariation med en middeltæthed på 1048-8952 individer/m², og udgjorde 70-96 % af faunaen (34 % på st. 1).

Middeltætheden af dyr på barbunden i hovedbassinet var 3429 individer/m² om foråret, mens der i sensommeren blev fundet 8076 individer/m².

Tabel 2. Den beregnede middeltæthed pr. m² af de funktionelle faunagrupper på de respektive stationer i Furesøens hovedbassin, forår og sensommer 2002.

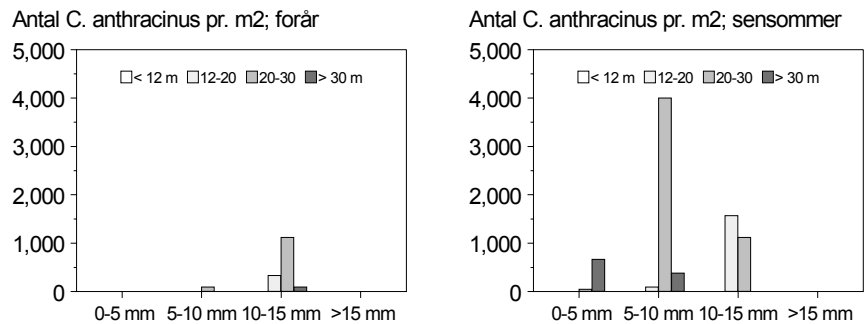
Antal pr. m2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Sø
Dybde:	36.7	27.0	17.0	4.7	24.2	12.7	2.3	28.3	21.5		11.3	
Dansemyg	95	1048	667	1810	1333	2000	4286	1238	2095		3905	1848
Mitter	0	0	0	190	0	0	95	0	0		190	48
Glasmyg	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
Orme	95	190	0	0	0	476	2952	95	190		476	448
Ærtemusling	0	0	0	0	95	190	476	0	0		95	86
Andre muslinger	0	0	0	1048	0	0	0	0	0	2100*	2952	400
Snegle	0	0	0	0	0	0	476	0	0		0	48
Andre	95	0	0	2952	0	0	1524	0	95		857	552
Sum	286	1238	667	6000	1429	2667	9810	1333	2381		8476	3429

Antal pr. m2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Sø
Dybde:	36.7	27.0	17.0	4.7	24.2	12.7	2.3	28.3	21.5		11.3	
Dansemyg	1048	4667	1714	571	8952	3238	6857	3714	3905		4762	3943
Mitter	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
Glasmyg	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
Orme	2000	190	0	7238	571	1238	2190	381	667		1143	1562
Ærtemusling	0	0	95	952	95	0	667	0	95		0	190
Andre muslinger	0	0	0	8286	0	0	1429	0	0	2100*	190	990
Snegle	0	0	0	857	0	0	190	0	0		0	105
Andre	0	0	95	8857	0	95	952	0	0		2857	1286
Sum	3048	4857	1905	26762	9619	4571	12286	4095	4667		8952	8076

Dominerende dansemyg

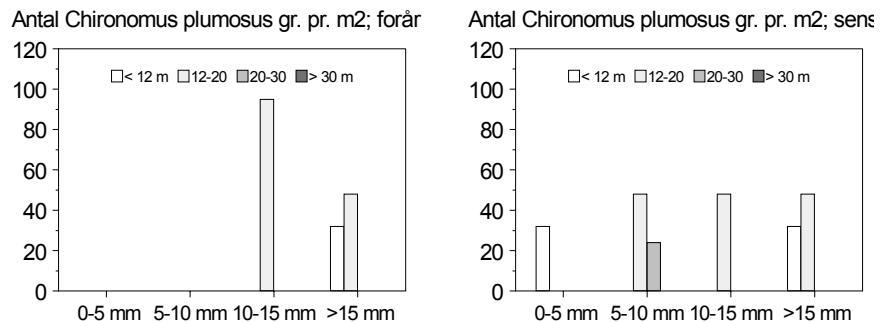
Chironomus anthracinus optrådte på dybder større end 12 m og dominerede profundalen. Af figur 4 fremgår *C. anthracinus* størrelsesfordeling på udvalgte dybder forår og sensommer. I foråret bestod populationen overvejende af store og næsten flyvefærdige individer (10-15 mm) med den største middeltæthed på 20-30 m med 1119 individer/m². I sensommeren udgjordes populationen primært af dyr lagt som æg i foråret, og dyrenes længde og tæthed varierede afhængigt af dybden. På 12-20 meter optrådte stort set kun store individer på 10-15 mm med en middeltæthed på 1571 individer/m², hvorimod flertallet af dyrene på 20-30 m var

5-10 mm, men optrådte i en større middeltæthed på 4000 individer/m². På den dybeste del af profundalen var *C. anthracinus* til sammenligning fåtallig (1048 individer/m²), og dyrene var overvejende små (0-5 mm).



Figur 4. Størrelsesfordelingen af *Chironomus anthracinus* i hovedbassinet.

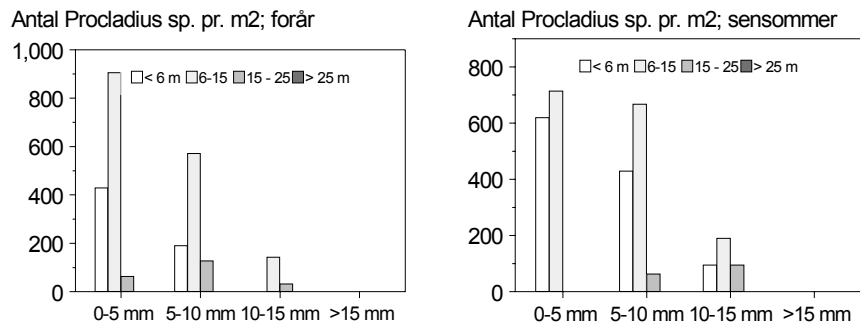
Udbredelsen af *Chironomus plumosus* var sporadisk og begrænset til dybden 10-22 m, hvor middeltætheden ikke oversteg 60 individer/m² på prøvetagningstidspunkterne. Størrelsesfordelingen af *C. plumosus* var som for *C. anthracinus* præget af store dyr om foråret og dyr i forskellige størrelser i sensommeren (fig. 5). Modsat sin slægtning kan *C. plumosus* gennemføre to generationer det samme år.



Figur 5. Størrelsesfordelingen af *Chironomus plumosus* i hovedbassinet.

Procladius og *Tanytarsus*

I den dybere sublittoral var tætheden af *Procladius* sp. særlig udtalt, mens faunaen af dansemyg i den brednære sublittoral var mere alsidig og en særlig stor tæthed af *Tanytarsus* sp. på st. 4 i foråret. Figur 6 viser som eksempel størrelsesfordelingen af *Procladius*, hvor det fremgår, at variationen af dyrenes længde ikke afveg stort fra forår til sensommer. Dette tyder på, at hovedparten af vintergenerationen var gået på vinger forud for prøvetagningen sent i april. Variationen i dyrenes størrelse med flere store larver i sensommeren, skyldes primært sommergenerationens uensartede vækst afhængigt af levestedet.



Figur 6. Størrelsesfordelingen af *Procladius sp.* i hovedbassinet.

Dreissena polymorpha

Vandremuslingen *Dreissena polymorpha* var væsentligt medvirkende til de meget høje tætheder på barbunden i sublittoralen. *Dreissena* optrådte på dybden ud til 15 m, hvilket også er skellet for sommerlagdelingen med mere ideelle levevilkår for filtratorer over springlaget, modsat under springlaget med stillestående vand og generelt dårligere iltforhold.

Andre bunddyr

Ærtemuslinger og mitter (Ceratopogonidae), der er almindelige på barbunden i danske søer, havde antalsmæssigt kun en mindre betydning på bunden i hovedbassinet. Bemærkelsesværdigt var det totale fravær af *Chaoborus* (glasmyg), der er almindelig på barbunden i danske søer. Noget tyder dog på, at glasmyg de seneste 65 år ikke har optrådt særligt talrigt i Furesøen /6,12,13/.

Biomasse

Figur 7 viser middeltæthed og biomasse af funktionelle grupper af bunddyr forår og sensommer 2002 på udvalgte dybder i hovedbassinet. Dansemyg er udbredt over hele barbunden med en markant større forekomst i profundalen i sensommeren end om foråret. *Dreissena* optræder særligt talrigt på dybden 2-6 m i sensommeren, men pga. overvejende store individer på dybden 6-15 m estimeres biomassen her til at være størst. Forekomsten af orme er særlig stor i den brednære sublittoral, men er jævnt udbredt over resten af barbunden med flest dyr i sensommeren. Som nævnt er tætheden af "andre dyr" på dybden 2-6 m betydelig.

Den skønnede biomasse var størst i sublittoralzonen med 83 gww/m² om foråret og 94 gww/m² i sensommeren, hvoraf *Dreissena* udgør i størrelsesordenen 85 %. Den mest betydende gruppe i profundalen er dansemyg, der udgør omtrent 95 % af biomassen opgjort til hhv. 12 og 23 gww/m² forår og sensommer. Næst efter vandremuslingen og dansemyg udgør orme og ærtemuslinger mindre andele af biomassen. Den samlede biomasse for de to årstider blev opgjort til hhv. 41 og 52 gww/m² (tabel 3).

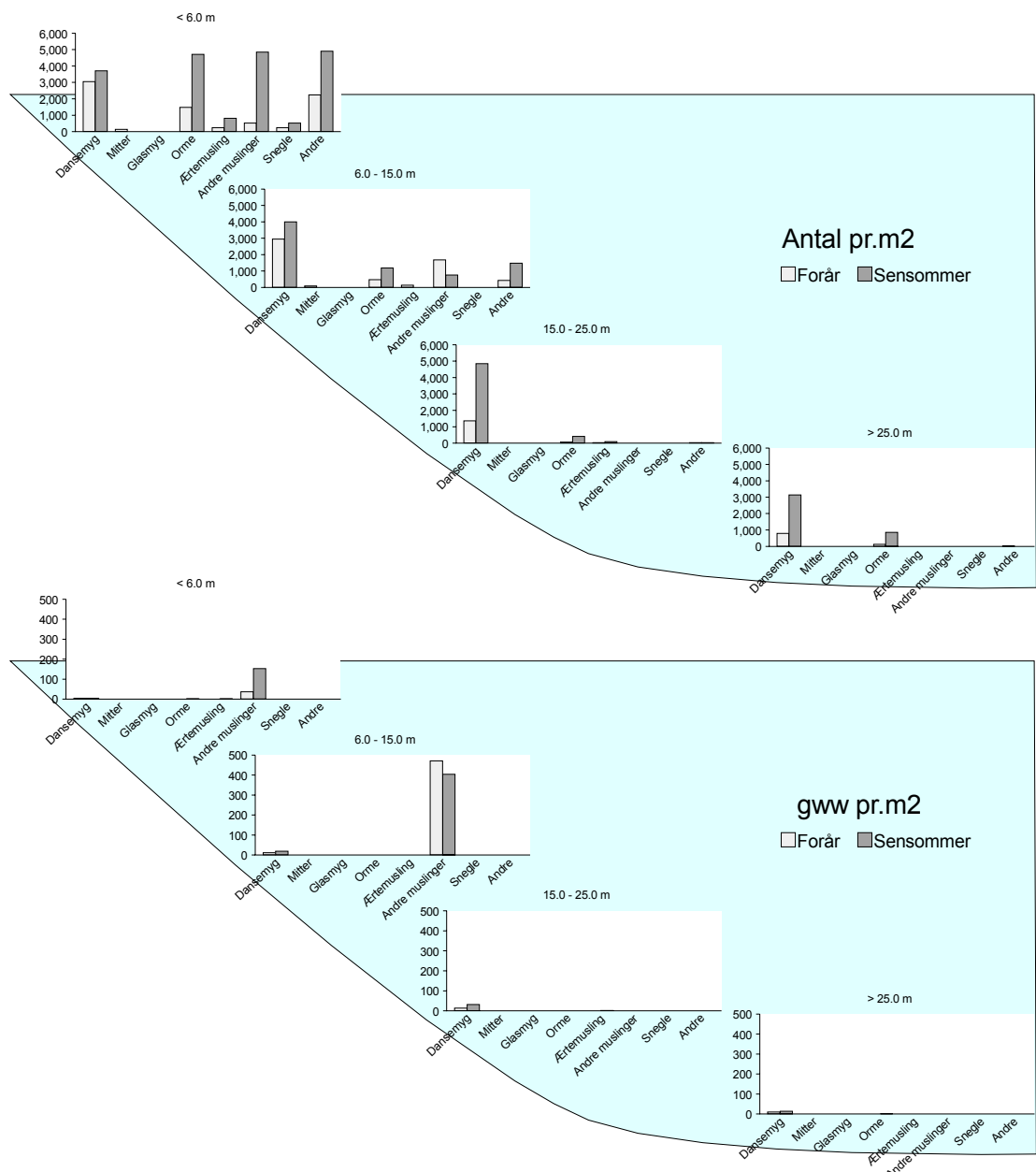
Produktion

Ud fra den skønnede biomasse og tabelværdier for P/B er den årlige produktion estimeret til 111 gww/m²/år. Heraf står *Dreissena* for 72 gww/m²/år og dansemyg for 36 gww/m²/år, mens ærtemuslinger og orme samlet står for ca. 2 gww/m²/år.

Tallene for biomasse og produktion er formodentlig en smule underestimeret, da det ikke har været muligt at fremskaffe brugbare længde-vægt relationer i litteraturen for flere omend mindre betydende dyregrupper, såsom *Caenis*, *igler*, *Asellus* og dammuslingen *Anodonta cygnea*. Derudover var det som nævnt ikke muligt at inkludere brugbare prøver fra skalbankerne på st. 10.

Tabel 3. Barbundsfaunaens skønnede biomasse og produktion i forskellige dybdezoner og områder i Furesøen.

Delområde	Dybdezone	Biomasse (gww/m ²)		Produktion (gww/m ² /år)
		Forår	Sensommer	
<u>Hovedbassinet</u>	Sublittoralen	83	94	
	Profundalen	12	25	
	Samlet (middel)	41	52	111
<u>Store Kalv</u>	(sublittoralen)	15	7	37



Figur 7. Øverst: Angiver individtætheden pr. m² af de funktionelle faunagrupper på de respektive dybder i Furesøens hovedbassin i april og august 2002. Nederst: Angiver den skønnede biomassen (g ww/m²) for de funktionelle faunagrupper på de respektive dybder i april og august 2002.

3.2 Store Kalv og Lille Kalv

Bundens beskaffenhed

Barbunden i Store Kalv bestod overvejende af leret gytje med lidt skalrester og organisk materiale. På grænsen til hovedbassinet var substratet noget mørkere og indeholdt lidt flere skaldele (st. K6), mens der var noget mere tørv i prøverne længst inde i Kalven (st. K2). I Lille Kalv var bundsubstratet mørkebrunt med indhold af leret gytje, lidt skalrester og fint organisk materiale (st. K8).

Artsrigdom

Store Kalv rummer en særdeles alsidig barbundsfauna. I alt registreredes 36 taxa, heraf 30 taxa om foråret og 25 taxa i sensommeren. Størst var artsantallet på den mindste dybde (st. K2) og på dybest vand (st. K6) om foråret med hhv. 17 og 16 taxa, og færrest på st. K3 i sensommeren med 6 taxa. På de øvrige stationer noteredes mellem 8-13 taxa uafhængigt af årstiden.

I Lille Kalv på st. K8 var barbundsfaunaen alsidig med i alt 21 taxa. Sæsonvariationen var derimod stor med 18 taxa om foråret og 6 taxa i sensommeren.

En faunaliste med forhold som sedimentets beskaffenhed, prøvetagningsdybde og stationernes geografiske placering i Store Kalv/Lille Kalv findes i bilag 2.

Tæthed

Af tabel 4 fremgår middeltætheden af funktionelle grupper af bunddyr i Store Kalv og Lille Kalv forår og sensommer, mens figur 8 viser middeltætheden med 95 %-konfidensgrænser, hvor stationerne i Store Kalv er ordnet efter dybde.

Om foråret på st. K1-K3 og K7 (2,3-3,2 m) i Kalvens østlige og sydøstlige ende registreredes dels en signifikant større tæthed af dyr (11619-12667 individer/m², som middeltæthed) end på st. K5-K6 på lidt dybere vand (6476-7143 individer/m²), og dels signifikant flere dyr end i sensommeren (1238-5048 individer/m²). På st. K5-K7 varierede tætheden af dyr for årstiderne ikke nævneværdigt (fig. 8).

Barbunden domineredes af en alsidig forekomst af dansemyg, hvor især *Procladius* sp. (Tanypodinae), *Tanytarsus* sp. (Tanytarsini) og *Microchironomus* sp. (Chironomini) optrådte i store tætheder. Dansemyg udgjorde 55-98 % af middelforekomsten af dyr de to årstider. Om foråret optrådte endvidere orme talrigt på st. K3 og K7 med 1238-1429 individer/m² (10-11 %), *Caenis horaria* på st. K2 med 571 individer/m² (5 %) og st. K6 med 762 individer/m² (9 %), mens bugsvømmeren *Micronecta* sp. især var talrig længst inde i Kalven på st. K1 med 4286 individer/m² (36 %).

I sensommeren konstateredes foruden den store tæthed af dansemyg, en jævn forekomst af orme, ærtemuslinger og snegle med en middeltæthed på 109-259 individer/m². *Dreissena* optrådte kun pletvis i Store Kalv, bl.a. på st. K2, hvor 12 individer var fasthæftet til en mindre dammusling, formodentlig i mangel af andet egnet substrat i området.

Middeltætheden af dyr på barbunden i Store Kalv var 9986 individer/m² om foråret, mens der til sammenligning i sensommeren blev fundet 4150 individer/m².

I Lille Kalv registreredes en middeltæthed på 20952 individer/m² om foråret med en righoldig fauna af bl.a. *C. horaria*, *Micronecta*, orme, *Procladius* og *Tanytarsus*, mens middeltætheden af dyr i sensommeren var lille med 1619 individer/m². Reduktionen i artsantallet og dyrenes tæthed fra forår til sensommer er således mere

udtalt end på st. K1-K3 og K7 i store Kalv.

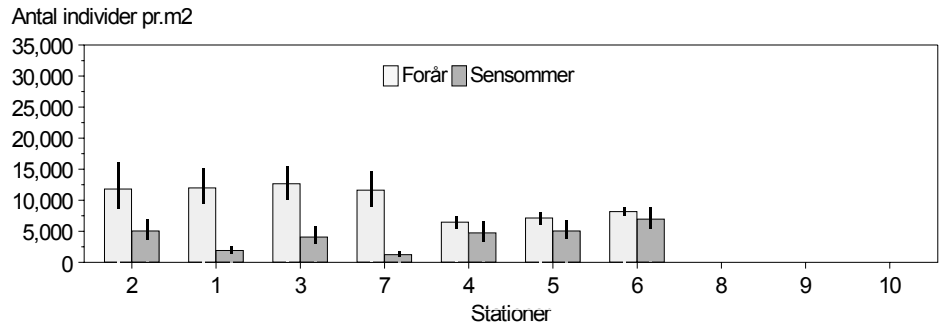
Sammenholdes undervandsvegetationens dybdeudbredelse i Store Kalv og Lille Kalv med placeringen af de stationer, hvor bunddyrenes tæthed var markant mindre i sensommeren, ses et udmærket sammenfald /2/.

Det er overvejende sandsynligt, at dybden samt dybdegrænsen for undervandsvegetationen er mere betydende for barbundsfaunaen i Store Kalv end den øst-vest vendte orientering i bassinet.

Tabel 4. Den beregnede middeltæthed pr. m² af de funktionelle faunagrupper på de respektive stationer i Store Kalv, forår og sensommer 2002.

Antal pr. m2	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	S.Kalv	L.Kalv (K8)
Dybde:	2.7	2.3	3.0	3.7	3.8	4.7	3.2		3.7
Dansemyg	6952	7619	10381	6286	5905	5524	10190	7551	6762
Mitter	0	286	286	0	95	0	0	95	95
Glasmyg	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Orme	95	476	1429	0	381	286	1238	558	952
Ærtemusling	0	286	0	0	95	0	0	54	0
Andre muslinger	190	1238	0	0	0	95	0	218	571
Snegle	0	381	0	0	0	286	0	95	0
Andre	4762	1524	571	190	667	2000	190	1415	12571
Sum	12000	11810	12667	6476	7143	8190	11619	9986	20952

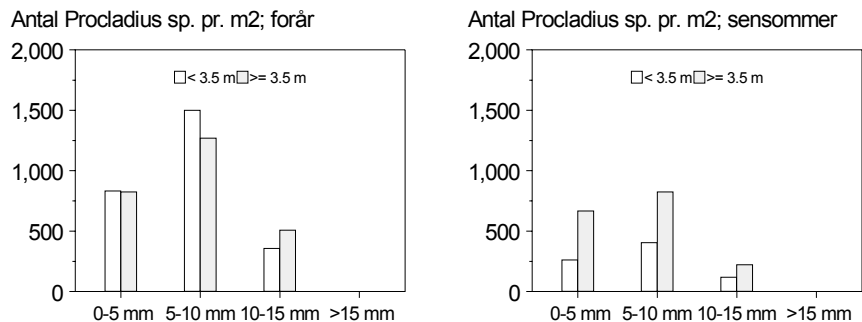
Antal pr. m2	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	St.Kalv	L.Kalv (K8)
Dybde:	2.7	2.3	3.0	3.7	3.8	4.7	3.2		37
Dansemyg	1048	4190	4000	3429	4667	5714	1048	3442	762
Mitter	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Glasmyg	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Orme	95	286	95	571	95	667	0	259	0
Ærtemusling	0	95	0	190	286	95	95	109	95
Andre muslinger	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Snegle	381	381	0	190	0	95	0	150	95
Andre	381	95	0	381	0	381	95	190	667
Sum	1905	5048	4095	4762	5048	6952	1238	4150	1619



Figur 8. Den beregnede middeltæthed pr. m^2 på stationerne ordnet efter dybde i Store Kalv forår og sensommer 2002, med tilhørende 95 %-konfidensgrænser på baggrund af $\log(x+1)$ -transformation.

Dominerende dansemyg

Faunaen af dansemyg i Store Kalv var alsidig og domineredes af *Procladius* sp., *Tanytarsus* sp. og *Microchironomus* sp.. Figur 9 viser som eksempel størrelsesfordelingen af *Procladius*, der ligesom i hovedbassinet (og af samme årsager) ikke varierede nævneværdigt fra forår til sensommer.



Figur 9. Størrelsesfordelingen af *Procladius* sp. i Store Kalv.

De to arter af *Chironomus* optrådte meget sporadisk i Store Kalv. *C. anthracinus* blev registreret ganske fåtalligt, mens forekomsten af *C. plumosus* var lidt større, heriblandt om foråret store flyvefærdige individer på op til 28 mm.

Andre bunddyr

I Store Kalv registreredes lidt flere mitter (Ceratopogonidae) end i hovedbassinet, mens prøverne ligesom i resten af søen ikke rummede glasmyg. Døgnfluen *Caenis horaria* registreredes forholdsvis talrigt på st. K2 og K6 i Store Kalv samt i Lille Kalv om foråret, men var kun at finde i hovedbassinets sublittoralzone i sensommeren, hvor individerne generelt var små. Denne lille døgnflue er almindelig på den bløde del af søens bund, hvor der er et højt indhold af organisk materiale. *C. horaria* har som regel en lang emergensperiode fra maj til september, men kan i visse tilfælde have to generationer over sommeren afhængigt af bl.a. temperatur og fødeforhold /14/.

Særlige faunaelementer

På st. K2 registreredes for første gang i Furesøen den ejendommelig orm; *Branchiura sowerbyi*, der er indvandret fra området ved det Kaspiske Hav. Denne

“store” Oligochaeta (målt til 32 mm og 2,5 mm i diameter) med karakteristiske gælletråde på hvert segment lateralt ned langs kroppen er tidligere kun fundet i Danmark i Mølleåen mellem Furesøens afløb og Frederiksdal (Lindegaard, *pers. komm.*). Af anden særlig fauna registreredes dansemyggen *Thienemanniola ploenensis*, der første gang blev konstateret i søen i 1990 /13/, dels i prøverne og dels i sværme ved bredden af Store Kalv (Brodersen, *pers. komm.*) kort forud for prøvetagningen i april. Derudover optrådte et enkelt eksemplar af reliktkrebsen *Pallasea quadrispinosa*, der oprindeligt betragtes som littoraldyr, der over sommeren er knyttet til undervandsvegetationen /4/.

Biomasse

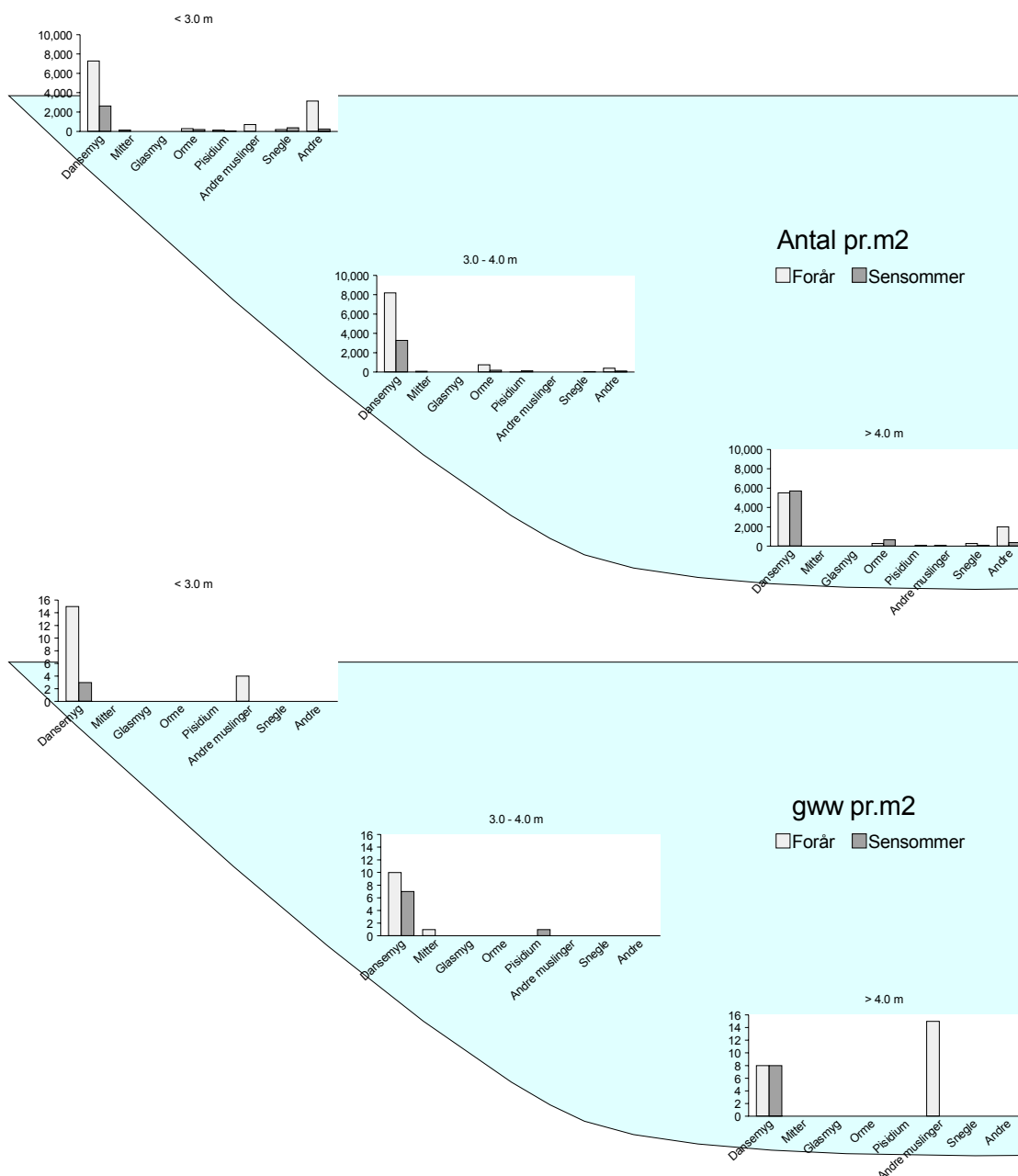
Figur 10 viser middeltæthed og biomasse af funktionelle grupper af dyr forår og sensommer 2002 på udvalgte dybder i Store Kalv. Dansemyg er udbredt på alle dybder med den største forekomst om foråret i dybden ud til 4 m, mens i sensommeren er tætheden størst på dybden over 4 m. Den store tæthed af “andre dyr” om foråret på dybden 2-3 m og 4-5 m udgøres af *C. horaria* og *Micronecta*.

Den skønnede biomasse var størst om foråret og blev opgjort til 15 gww/m² mod 7 gww/m² i sensommeren (se tabel 3). Den mest betydende gruppe er dansemyg, der udgør hhv. 11 gww/m² og 6 gww/m². Biomassen af dansemyg følger nogenlunde tætheden forår og sensommer, bortset fra at flere større (og federe) dansemyg i sensommeren optræder på en dybde større end 3 m. De øvrige funktionelle grupper udgør kun en mindre andel af biomassen. Biomassen beregnet for “andre muslinger” på dybden større end 4 m, skyldes een stor vandremusling på 3 cm, der formodentlig er skyllet/transporteret til stedet.

Produktion

På grundlag af den skønnede biomasse og tabelværdier for P/B er den årlige produktion i Store Kalv estimeret til 37 gww/m²/år. Heraf står dansemyg for 31 gww/m²/år og *Dreissena* for 3 gww/m²/år, mens orme og ærtemuslingen til sammen står for lidt over 1 gww/m²/år.

Både biomassen og produktionen er formodentlig en smule underestimeret, da det ikke har været muligt at fremskaffe brugbare længde-vægt relationer i litteraturen for flere omend mindre betydende dyregrupper, såsom *Caenis*, *Micronecta* samt sneglene; *Valvata*, *Bithynia* og *Potamopyrgus*.



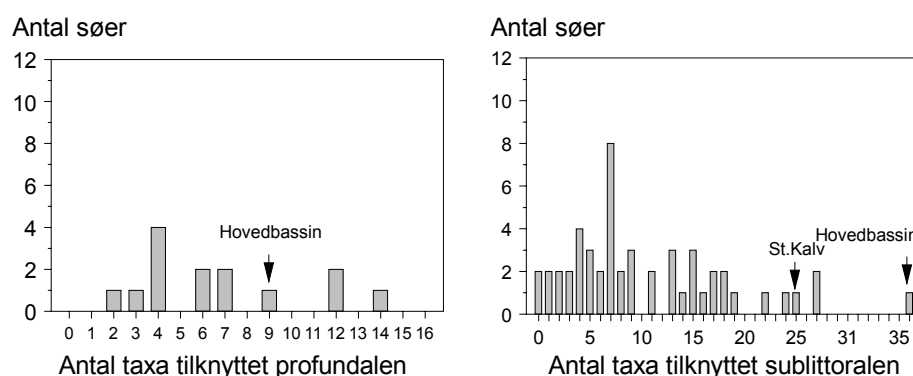
Figur 10. Øverst: Angiver individtætheden pr. m² af de funktionelle faunagrupper på de respektive dybder i Store Kalv i april og august 2002. Nederst: Angiver den skønnede biomassen (g ww/m²) for de funktionelle faunagrupper på de respektive dybder i april og august 2002.

4. Vurdering

Artsrigdom

Furesøen rummer en særdeles righoldig barbundsfauna, hvilket er forventeligt i betragtning af søens størrelse og heterogenitet. Faunaens store alsidighed er blevet påvist tidligere i tilsvarende undersøgelser /4, 6,13/.

I nærværende undersøgelse blev det samlede artsantal opgjort til 43 taxa (tilpasset taxonomisk niveau, læs tekst i fig. 11), heraf 36 taxa i hovedbassinets sublittoral og 9 taxa i profundalzone. I Store Kalv med en barbund som brednær sublittoralzone, blev der i alt fundet 25 taxa, mens der i Lille Kalv konstateredes 18 taxa. Artsniveauet i de tre delområder i sublittoralen og i profundalen er betydeligt, sammenlignet med forekomsten af bunddyr i andre danske søer (fig. 11).



Figur 11. Antallet af taxa på barbunden i en række danske søer /12,13,15,16, 17,18,19,20,21,22,23/. Faunaen er afstemt efter samme taksonomiske niveau, der involverer underfamilie af dansemyg som laveste niveau, dog Chironomus til art.

Tæthed

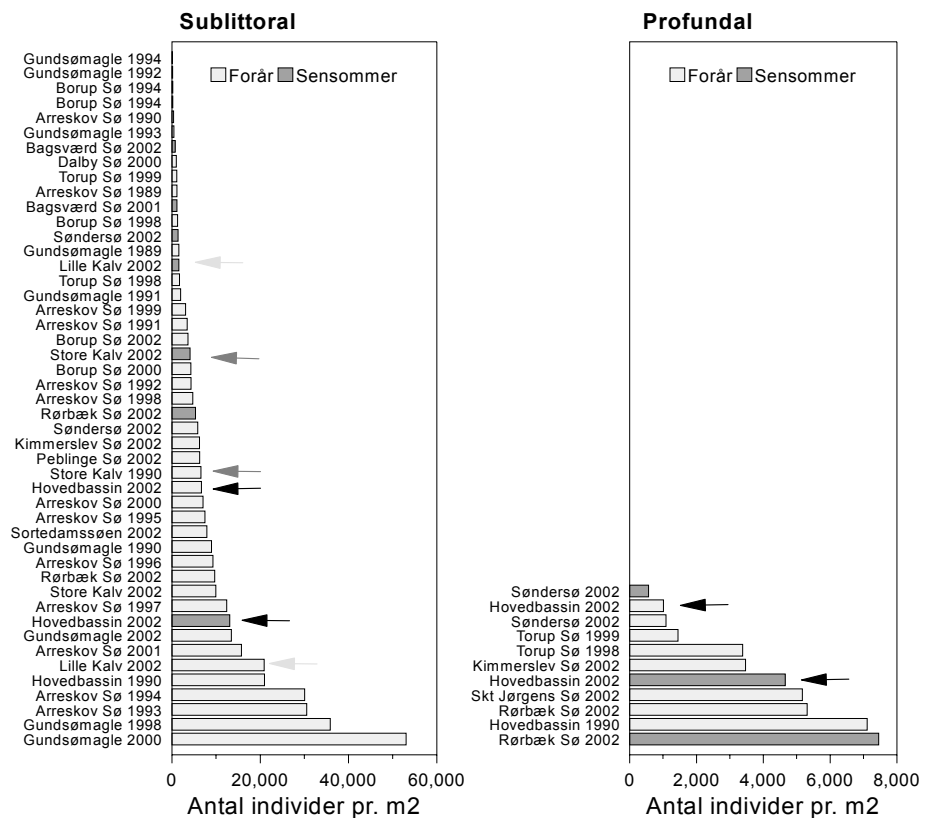
Figur 12 viser antallet af bunddyr/m² i sublittoralen og profundalen i en række danske søer og i Furesøen. I hovedbassin var middeltætheden både i sublittoralen og i profundalen klart mindre om foråret end i sensommeren. Om foråret var middeltætheden af dyr i sublittoralen i niveau med de andre undersøgte søer, men under middel i profundalen, mens i sensommeren var tætheden af dyr over normalen. I Kalvene var middeltætheden derimod stor om foråret og mindre i sensommeren, der dog i Store Kalv var i niveau med de fleste danske søer, men i Lille Kalv under middel.

1990

I 1990, hvor den seneste større undersøgelse af Furesøens bundfauna fandt sted /13/, var artsantallet både i sublittoralen og i profundalen på samme høje niveau som i 2002, mens individtætheden i hovedbassin generelt var væsentlig større med langt flere orme og et større antal af mindre arter af dansemyg. I Store Kalv var tætheden af dyr i dybden 2-3 m derimod en del mindre. Undersøgelsen i 1990 blev foretaget tidligt i april og inkluderer formodentlig en større andel af næsten flyvefærdige dansemyg end det var tilfældet i nærværende undersøgelse, som fandt sted sent i april. Det er derfor vanskeligt at afgøre om der er sket en udvikling i søens bunddyrsfauna i den betragtede periode, hvor søen generelt har fået det bedre.

1917

Trods den meget righoldige smådyrsfauna på barbunden i Furesøen påvist i denne undersøgelse og i 1990, registreredes ikke det særligt alsidige dyreliv i profundalzone, bl.a. ved flere robuste arter af ærtemuslinger, som beskrevet i Wesenberg-



Figur 12. Antal bunddyr/m² i en række danske søer /13,15,16,17,18,19,20,21, 22,23/. Delområder i denne undersøgelse er angivet med pile.

Forhold betydende for barbundsfaunaen

Flere forhold som søens størrelse, dybde, næringsniveau, bundens beskaffenhed, iltforhold, grad af vindeksponering, fiskeprædation, zoogeografisk udbredelse og markante hændelser (fiskedød, etc.) må forventes at have betydning for barbundsfaunaens sammensætning og tæthed.

Profundalen

I Furesøens profundalzone er særligt de ringe iltforhold ved bunden i sommerhalvåret af afgørende betydning for samfundet af bunddyr, mens fiskeprædation i perioden uden lagdelingen kan have en vis betydning.

Profundalen var generelt artsfattig og domineredes alene af dansemyggen *Chironomus anthracinus*, der optrådte i varierende antal afhængigt af dybden. På søen dybeste partier var tætheden af orme endvidere af betydning.

Sublittoralen

Furesøens sublittoralzone er i denne undersøgelse opdelt i den brednære sublittoral (2-6 m), hvilket inkluderer barbunden i Store Kalv/Lille Kalv, og den dybere sublittoral (6-15 m) med bl.a. søens stejle skalbanker.

I hovedbassinet er særligt bundens dybde og form samt substratets beskaffenhed afgørende for forekomsten af bunddyr, mens i Kalvene er bundens dybde og tilsyneladende undervandsvegetationens dybdeudbredelse samt antageligt fiskeprædation af en vis betydning.

Barbunden i sublittoralen var særdeles artsrig og særligt individrig om foråret i Store Kalv og i sensommeren i hovedbassinet. Den righoldige fauna domineredes af vandremuslingen *Dreissena polymorpha*, dansemyggene; *Procladius* sp., *Tanytarsus* sp. og arter af Chironomini, men ligeså døgnfluen *Caenis horaria*, vandtægen *Micronecta* sp. og orme optrådte pletvis i stor tæthed.

Fauna

I det efterfølgende gennemgås kort betydende smådyr for barbunden i Furesøen.

Chironomus anthracinus

Dansemyggen *Chironomus anthracinus* udgør en meget væsentlig del af profundalzonens fauna. *C. anthracinus* er tilpasset livet som sedimentæder i profundalen i vore dybe, naturligt næringsrige søer, hvor den lever nedgravet i rør og aktivt afsøger sin føde omkring rørets åbning. *C. anthracinus* er normalt et-årig og går på vinger med forårsopvarmningen af bundvandet, men hvis vækstforholdene er dårlige, må larverne vente (og vokse) til næste forår, før de flyver. Denne dansemyg kan således optræde med to-års cykluser, hvilket bl.a. er eftervist i Esrum Sø /24/. *C. anthracinus* er en god iltregulator og kan i perioder med særligt ringe iltforhold opretholde sit respiratoriske iltkrav ved nedbrydning af sine glucogenreserver, hvilket dog sker under store omkostninger som stagneret vækst.

Det er således ikke overraskende, at netop *C. anthracinus* dominerer profundalzonen i Furesøen, hvor der i perioder er ringe iltforhold i bundvandet. Størrelsesfordelingen af de registrerede larver i sensommerprøverne illustrerer udmærket det gradvist barskere miljø, jo større dybde. På dybden 12-20 m bestod bestanden af større og synligt federe dyr end på dybden 20-30 m, hvor flertallet af larverne var mindre, men optrådte i en større tæthed. Bestandstætheden reguleres antageligt i et vist omfang af dyrenes størrelse. På dybden større end 30 m var der relativt få larver, hvilket dels tyder på ringe vækst og en stor dødelighed på grund af levevilkårene over sommeren. Forekomsten af mange orme på søens dybeste parti stemmer udmærket overens med forholdene observeret i Hald Sø, hvor orme dominerede på søens dybeste partier og *C. anthracinus* forsvandt i den periode, hvor søens miljø var særligt ringe /25,26/.

Iltindholdet på 2-4 mg/l i søens bundvand i størstedelen af sommerperioden er for lavt et niveau til, at fiskene kan fouragere ved bunden. Derimod vil profundalen ved vandmassernes opblanding i efteråret antageligt udgøre et anseeligt spisekammer i den periode, hvor vandets temperatur er lidt højere end over vinteren (7-8 °C). Formodentlig er middeltætheden af *C. anthracinus* i forårsprøverne et resultat af dels en mulig kort intensiv fiskeprædation i efteråret, og dels naturlig dødelighed.

Chironomus plumosus

Forekomsten af *Chironomus plumosus* var begrænset til 10-22 m i hovedbassinet, mens den i Store Kalv optrådte ind til 2 meters dybde. *C. plumosus* er ligeledes en god iltregulator, men modsat *C. anthracinus* gennemfører den ofte 2 generationer i sommerhalvåret og kan ernære sig både som filtrator og sedimentæder. Tilsyneladende vekselvirker *C. plumosus* mellem fødefunktionalitet i Furesøen afhængigt af udbredelsen over eller under springlaget. *C. plumosus* lever i u-formet rør, hvor den indfanger alger, bakterier og detritus med et fangstnet inde i røret eller fouragere omkring rørets åbning som sedimentæder. Denne dansemyg dominerer ofte barbunden i næringsrige, lavvandede eller mellemdybe søer med dårlige iltforhold ved bunden, som det eksempelvis er tilfældet i Sønder sø /15/.

Dreissena polymorpha

Vandremuslingen *Dreissena polymorpha* er indført fra området omkring Kaukasus og beskrives allerede for Furesøen i begyndelsen af 1900-tallet /4/. Efter et pelagisk larvestadie (som veliger-larve) koloniserer dyret på egnet substrat, hvor den tager form af en musling og fastankres ved byssustråde. *Dreissena* udgør den langt

overvejende andel af bundfaunaens biomasse og produktion i søens sublittoral, og optræder i særlig stor tæthed på søens skalbanker, hvor den i mere end en forstand påvirker den øvrige bundfauna. Der er ingen tvivl om at vandremuslingen med sin "puklede" overflade skaber fortrinlige substratforhold for en lang række andre smådyr, men grundet dens særlige kolonisering på stort set alt brugbart substrat, formår den at fortrænge de naturligt forekommende muslinger. Et godt eksempel er tilbagegangen af vor almindelige dammusling *Anodonta cygnea* de steder, hvor vandremuslingen vinder frem. *Anodonta*, der er bevægelig, ligger ofte halvt nedgravet i sedimentet og filtrerer via de blotlagte skaldele. *Dreissena* vil netop kolonisere på disse eksponerede skaldele, og ofte vil fasthæftningen med byssustråde medføre kvælning af dammuslingen.

Hvor de små individer af *Dreissena* i et vist omfang udnyttes af skaller som fiskeføde, vil de større tykskallede individer antageligt kun være en potentiel fødekilde for store karpfisk, såsom sudere og karper. Dertil kommer, at der ingen næring er i muslingens skaller. Det er derfor ikke reelt, at opgøre hele den registrerede biomasse for *Dreissena* som potentiel fiskeføde, hvilket der er taget højde for i den efterfølgende behandling.

Undersøgelser på skalbanker af *Dreissena* i Esrup Sø svarende til dem i Furesøen påviser en meget righoldig fauna /12/, der formentlig skal knyttes til muslingernes store egnethed som substrat. Det er således overvejende sandsynligt, at faunaen i hovedbassinets dybere sublittoralzone samlet set er en del mere alsidig end påvist i nærværende undersøgelse.

Procladius sp.

Dansemyg af slægten *Procladius* hører til de mere hårdføre dansemyg og optræder ofte på dybere vand, såfremt ilt- og fødeforholdene er i orden /15,16/. I denne undersøgelse optrådte *Procladius* i forholdsvis stor tæthed til begyndelsen af profundalen, og var en af de dominerende dansemyg på barbunden i Store Kalv. *Procladius* har ofte flere generationer over året og er fritlevende. Den ernærer sig ved rov på muslingekrebs, vandlopper, orme og de første stadier af dansemyg. Fødeundersøgelser har vist, at *Procladius* i de første stadier godt kan leve af alger, men behøver animalsk føde for at gennemføre sin livscyklus. *Procladius* har en særlig præference for de første stadier af *Chironomus* /8/, hvilket kunne være en del af forklaringen på, hvorfor forekomsten af *C. plumosus* generelt er lille.

Tanytarsus sp.

Dansemyg af slægten *Tanytarsus* var især udbredt i den brednære sublittoralzone både i hovedbassinets og i Store Kalv. Tilsvarende dybdepræference fremgik af en tilsvarende bundfaunaundersøgelse i Rørbæk Sø /16/. *Tanytarsus* lever nedgravet i rør på barbunden, hvor den filtrerer partikler fra vandsøjlen, og netop vandbevægelsen i Furesøens overfladevand må formodes at begunstige bunddyr med denne fødebiologi.

Orme

Forekomsten af orme (Oligochaeta) varierede både hvad angik dybde og prøvetagningstidspunkt. I hovedbassinets var forekomsten generelt stor på lavt vand, mens i sensommeren var tætheden størst både på lavt og på dybest vand (st. 1). Nogle orme har hæmoglobin i blodet og klarer sig derfor bedre i et iltfattigt miljø. Der er derfor højst sandsynligt tale om forskellige orme udbredt på forskellige dybder i søen. I Store Kalv optrådte flest orme i foråret på st. K1 og K7 placeret på grænsen for undervandsvegetationens dybdeudbredelse. Muligvis er der et sammenhæng mellem mængden af organisk materiale i bunden fra vandplanterne og den registrerede forekomst af orme. Orme er sedimentædere og er almindeligt forekommende på barbunden i danske søer.

Ærtemuslinger

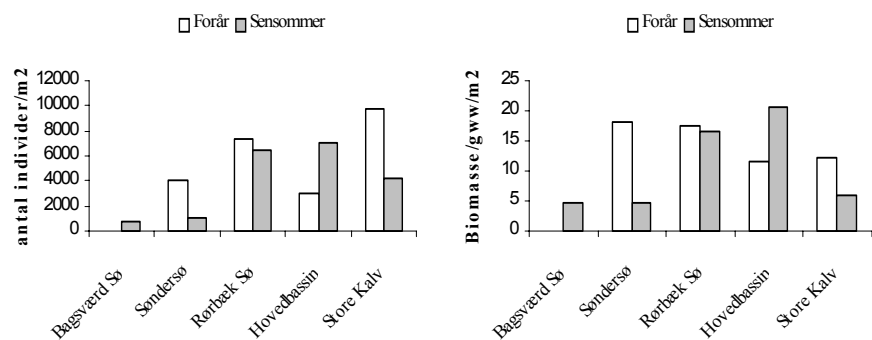
Ærtemuslingen *Pisidium* sp. optrådte sporadisk ud over søens barbund med den største forekomst på st. 4 i dybden 4,7 m og en dybdeudbredelse på 25 m. Ærtemuslingen er almindelig i danske søer, hvor visse arter er særligt tilpasset de ofte barske levevilkår på den dybe barbund. Den varierende dybdeudbredelse af *Pisidium* i Furesøen tyder på flere forskellige arter med varierende krav til miljøet. I Furesøen udgør ærtemuslingen og orme samlet set kun en beskedent andel af bunddyrenes biomasse.

Biomasse

Figur 13 sammenholder tal for bundfaunaens tæthed og biomasse i Furesøen med tilsvarende tal for Søndersø, Rørbæk Sø og Bagsværd Sø i 2002, hvoraf Bagsværd Sø dog kun blev undersøgt i sensommeren /14, 15, 16/. Undersøgelserne viste store forskelle i individantallet både fra sø til sø og fra forår til sensommer med et minimum i Bagsværd Sø på ca. 1000 individer/m² i sensommeren og et maksimum på ca. 10000 individer/m² i Store Kalv om foråret.

Bunddyrsfaunaens biomasse var med 10-15 gww/m² om foråret derimod i nogenlunde samme størrelse i de respektive søer, hvorimod tre af søerne i sensommeren med ca. 5-7 gww/m², heriblandt Store Kalv, havde en væsentlig mindre bunddyrsbiomasse end i hovedbassinet og i Rørbæk Sø, hvor biomassen var i størrelsen 15-20 gww/m².

I Søndersø og Bagsværd Sø oversteg fiskebestandens beregnede potentielle konsumtion af bunddyr væsentligt bundfaunaens årlige produktion i 2002. Dette var sandsynligvis ikke tilfældet i Rørbæk Sø, hvor der over en længere årrække er foretaget en målrettet opfiskning af søens brasener og skaller som markant har begrænset fredfiskebestandens tæthed. En medvirkende årsag til sæsonvariationen i bunddyrenes forekomst kan således meget vel være fisk, der i mere eller mindre grad påvirker bunddyrene i de forskellige søer.



Figur 13. Antal individer/m² og biomasse (gww/m²) i Furesøen, Bagsværd Sø, Søndersø og Rørbæk Sø, forår og sensommer 2002.

Fisk og bunddyr

Fiskenes behov for føde varierer betydeligt over sæsonen, og bunddyrene vil normalt være mere eller mindre fredet over vinteren, hvilket kan have stor betydning for populationernes overlevelse. En stærk lagdeling over sommeren, som hovedbassinets lagdeling i Furesøen, vil som tidligere nævnt tillige frede profundalens bunddyrssamfund denne del af året. De fleste fiskearter tåler således ikke i længere tid iltkoncentrationer mindre end 3-4 mg/l, omend de kortvarigt godt kan fouragere på bar bunden ved disse koncentrationer.

De dårlige iltforhold på størsteparten af søens bund over sommeren er således medvirkende til at søens fisk ikke reducerer bunddyrenes mængde i hovedbassinet på denne årstid, hvorimod manglen på ilt i sig selv hæmmer bunddyrenes vækstforhold. Både før og efter springlagsdannelsen vil barbunden dog i en kort fase udgøre et potentielt stort spisekammer for fiskene, hvilket især de lidt mindre varmekrævende arter som eksempelvis aborren vil kunne drage nytte af.

Anderledes forholder det sig i Store Kalv, hvor bunden er tilgængelig for fiskene hele året. Beregninger over fiskenes potentielle konsumtion af bunddyr i Store Kalv er med 35-40 gww/m²/år i 2002 således i samme størrelse som bunddyrenes estimerede produktion på ca. 33 gww/m²/år. Dette sandsynliggør at fiskene er medvirkende til at regulere bunddyrsfaunaen i denne ende af Furesøen, og at fiskebestanden dermed delvist er ansvarlig for reduktionen i bunddyrenes mængde over sommeren.

Udvikling i fiskebestanden

Siden starten af halvfemserne er der især i hovedbassinet sket betydelige fluktuationer i fiskebestanden med en reduktion i fisketætheden fra groft anslået 750 kg/ha til 500 kg/ha. Skaller og brasener har alle år udgjort en betydelig del af fiskebestanden, men i 2002 var brasenbestanden gået markant tilbage i hovedbassinet, hvorimod søens aborrebestand var mere end fordoblet. I Store Kalv derimod, har fisketætheden med 400-600 kg/ha været noget mere stabil med en dominans af skaller og brasener ved alle fire undersøgelser siden 1991.

Undersøgelser over interaktioner mellem fisk og makroinvertebrater foretaget i "enclosures" har vist, at når tætheden af bunddyr begrænses til omkring 800-1200 individer/m², vælger fiskene andre fødeemner /28/. Der er en ganske god overensstemmelse mellem denne "tærskelværdi" og niveauet for faunaens tæthed i en række danske søer (fig. 13). Selv i Store Kalv var individtætheden på de fleste stationer på nær to i den østlige ende en del større end denne værdi, hvilket antyder en moderat fiskeprædation i 2002.

Hertil kommer at søens bunddyrsædende fisk generelt har haft en markant konditionsforbedring fra 1996 til 2002, hvilket vidner om et mindsket prædationstryk på bunddyrene i de senere år. Selvom konditionen blandt søens store brasener stadigvæk er en del under middel, vil en fortsat nedgang i søens samlede fredfiskebestand nedsætte fiskenes indbyrdes fødekonekurrence med betydning for søens bunddyrsfauna.

Vandplanter, fisk og bunddyr

Nedgangen i bundfaunaens tæthed fra forår til sensommer i Store Kalv var særligt udtalt i området ved grænsen for undervandsvegetationens dybdeudbredelse i den syd-østligste del af Kalven. En mulig forklaring på den registrerede væsentlige nedgang i bunddyrenes tæthed over sommeren disse steder kan meget vel være fiskenes prædation, der foregår under dække eller i nærheden af undervandsvegetationen. Hertil kommer muligheden for en periodevis større fisketæthed af særligt mindre skaller og brasener i denne ende af søen, der formentlig ofte gæstes af fisk fra Vejle Sø.

Smådyrsfaunaen tilknyttet undervandsvegetationen er ikke undersøgt, men en hård fødekonekurrence blandt søens bunddyrsædende fisk kan medføre en mangel på snegle og andre potentielle græssere på undervandsplanternes epifytbelægning. Dette kan hæmme undervandsvegetationens udbredelse, idet bladene tilgror og dermed udskygges. I forbindelse med den kommende biomanipulation er en større forekomst af epifytgræssere således et væsentligt formål ved reduktionen blandt fredfiskene, som også vil få betydning for søens bunddyrsfauna.

Konklusion

Furesøen rummer en særdeles righoldig barbundsfauna, hvor særligt bundsubstratets varierende beskaffenhed og iltforholdene ved bunden er afgørende for artssammensætningen og dyrenes tæthed. Individtætheden i hovedbassinet er endvidere begunstiget af en moderat fiskeprædation, hvorimod prædation antagelig ikke er uden betydning for bunddyrsfaunaen i Store Kalv.

I hovedbassinet kan samfundet af bunddyr groft opdeles ved sommerlagdelingens dybdegrænse ved 14-15 m i en sublittoralzone (2-15 m) med en dominans af vandremuslingen *Dreissena polymorpha* og dansemyggene; *Procladius* sp. og *Tanytarsus* sp., og i profundalen (over 15 m), hvor dansemyggen *Chironomus anthracinus* dominerer. Bunddyrenes biomasse og produktion er særlig stor i sensommeren, hvilket dels skal tillægges den righoldige fauna i den brednære sublittoral, og dels den forholdsvis store forekomst af *C. anthracinus* på visse dybder i profundalen, hvor iltindholdet i sommerhalvåret er højt nok til at dansemyggen kan trives, men for lavt til prædation fra fiskene. Netop størrelsesfordelingen af *C. anthracinus* i profundalens forskellige dybdezoners er interessant, og viser, at levevilkårene forværres ved større dybde, som et resultat af varigheden af ringe ilt i bundvandet over sommeren.

I Store Kalv er bundfaunaens biomasse og produktion stor om foråret, men moderat i sensommeren sammenlignet med tilsvarende forhold i andre undersøgte søer. Store Kalv rummer da også en tæt bestand af karpefisk, som beregningsmæssigt udøver et stort fisketryk på bunddyrene. En generel forbedring i konditionen hos de bunddyrsædende fisk vidner dog om et mindsket prædationstryk på bunddyrsfaunaen i de senere år, og den kommende biomanipulation vil yderligere svække fiskenes negative påvirkning af søens bunddyrsfauna.

Der er næppe tvivl om, at særligt *Chironomus anthracinus*, men også dybdeudbredelsen af *Procladius* og ærtemuslingen *Pisidium*, vil være vigtige biologiske indikatorer for udviklingen af forholdene i Furesøens profundalzone, ikke mindst set i lyset af den forestående restaurering af søen og dertil tilsigtede forbedring af miljøet.

5. Referencer

- 1/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2003). Fiskebestanden i Furesøen, august 2002. - Rapport for Københavns Amt.
- 2/ Københavns Amt (2002). Vandmiljøovervågning Furesø 2001. Jord- og Vandafdelingen, Københavns Amt.
- 3/ Københavns Amt (2002). Upublicerede data af ilt og temperatur i Furesøen.
- 4/ Wesenberg-Lund, C. *et al.* (1917). En bathymetrisk, botanisk, zoologisk undersøgelse af Mølleaaens søer. - Det Kgl. Danske Vidensk. Selskabs Skrifter, Naturv. Og Math. afd., 8. rk., 3(1). København.
- 5/ Berg, K. *et al.* (1958). Furesøundersøgelser 1950-54. Limnologiske studier over Furesø's kulturpåvirkning. Udført på foranledning af Dansk Ingeniørforenings Spildevandskomité. Folia Limno. Scandinavica Pub. No. 10.
- 6/ Bio/consult (2000). Udbredelse og bestandstætheder af reliktkrebsene i Furesøen i 1999. Biologisk undersøgelse udført for Københavns Amt.
- 7/ Hamburger, K. *et al.* (1990). The role of *Dreissena polymorpha* PALLAS (Mollusca) in the energy budget of Lake Esrom, Denmark. Verh. Internat. Verein. Limnol. 24: 621-625.
- 8/ Lindegaard, C. (1992). Zoobenthos ecology of Thingvallavatn: vertical distribution, abundance, population dynamics and production. Hydrobiologica 64:: 257-304.
- 9/ Armitage, P. *et al.* (1995). The Chironomidae "The biology and ecology of non-biting midges. Chapman og Hall.
- 10/ Timm, H. (1994). Production of some oligochaete species in large Estonian lakes. Hydrobiologica 278: 309-313
- 11/ Lindegaard, C. (1994). The role of zoobenthos in energy flow in two shallow lakes. Hydrobiologica 275/276: 313 - 322.
- 12/ Berg, K. (1938). Studies on the Bottom Animals of Esrom Lake. D. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter, Naturv. og Math. Afd., 9. Række, VIII. Munksgaard, København.
- 13/ Bio/consult (1993). Furesø 1990 - Bundfauna artslister. Biologisk undersøgelse udført for Københavns Amt.
- 14/ Elliot, J.M. *et al.* (1988). Larvae og british Ephemeroptera. Freshwater Biological Association.

- 15/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2002). Fisk og bunddyr i Søndersø 2002. - Rapport for Københavns Amt.
- 16/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2002). Bundfaunaundersøgelse i Rørbæk Sø 2002. - Notat for Vejle Amt.
- 17/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2002). Bundfaunaundersøgelse i Bagsværd Sø 2002. - Notat for Københavns Amt.
- 18/ Fyns Amt (2002) Vandmiljøovervågning. Arreskov Sø 2001.
- 19/ SBHconsult (2002). Biologiske prøver fra Skt. Jørgens Sø, Peblinge Sø og Sortedams Sø. Udført for Københavns Energi.
- 20/ Roskilde Amt (2002). Upublicerede data fra bundfaunaundersøgelser i Gundsømagle Sø, Borup Sø, Dalby Sø og Kimmerslev Sø.
- 21/ SBHconsult (2001). Biologisk undersøgelse af barbundsfauunaen i Bagsværd Sø Sø udført for Københavns Amt.
- 22/ Danmarks Miljøundersøgelser (1999). Notat til Vejle Amt om bunddyr og fiskeyngel i Torup Sø 1998. Upubliceret.
- 23/ Danmarks Miljøundersøgelser (2000). Notat til Vejle Amt om bunddyr og fiskeyngel i Torup Sø 1999. Upubliceret.
- 24/ Jónasson, P. M. (1972). Ecology and production of the profundal benthos in relation to phytoplankton in Lake Esrom. Oikos Suppl. 14: 1-148.
- 25/ Andersen, M., Gørtz, P, Møller, P. R. & Worm, J. (1994). Restaureringen af Hald Sø - Hel eller halv succes? Fagmodulrapport i Miljøteknologi og Forvaltning, Københavns Universitet.
- 26/ Viborg Amt (1994). Tætheder af *Chironomus anthracinus* og børsteorme i Hald Sø 1993. Sammenligning med tidligere registrerede tætheder. Miljø og Teknik - Recipientkontoret; sagsbehandler Deding, J..
- 27/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2000). Fiskebestanden i Bagsværd Sø 2000. - Rapport for Københavns Amt.
- 28/ Diehl, S. & Kornijóv, R. (1997). Influence of Submerged Macrophytes on trophic Interactions Among Fish and Macroinvertebrates. In: The structuring Role of Submerged Macrophytes in Lakes. Eds. Jeppesen, E. *et al.* Ecological studies; v. 131. Springer-Verlag New York, Inc.