

Bundfaunaundersøgelse i Furesøen

2003

- En effektundersøgelse af Furesøprojektet



Rapport udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium, marts 2004
Konsulenter: Per Gørtz og Mette Retz larsen

1. Introduktion

I 2003 påbegyndtes restaureringen af Furesøen med iltning af bundvandet på søens dybe partier over sommeren og opfiskning af brasener og skaller. Restaureringen tilsigtes at bedre vandmiljøet og levevilkår for søens dyre- og planteliv samt stabilisere søen i en klarvandet tilstand. Iltningen af bundvandet gik i gang primo juli, og opfiskningen af skidtfisk d. 9. maj.

Formål

Efter ønske fra Frederiksborg Amt og som led i opfølgningen af restaureringseffekten på søens biologi har Fiskeøkologisk Laboratorium undersøgt bundfaunaen i Furesøen den 18-24. marts og den 1-2. september 2003. Undersøgelsens primære formål var at vurdere ændringer i barbundens dyresamfund relateret til de iværksatte restaureringsindgreb, bl.a. på baggrund af en tilsvarende undersøgelse forud for restaureringen i 2002 /1/. Endvidere blev faunaen belyst i forhold til udviklingen af søens fiskebestand i perioden 2002-2003 /2,3/.

Undersøgelsen af bundfaunaen i 2002 lagde særlig vægt på bundens beskaffenhed, smådyrenes biologi, bunddyrenes økologiske rolle i søen, herunder betydning for fiskebestanden, samt barbundsfaunaens tæthed, alsidighed, biomasse og produktion i forhold til andre danske søer, hvilket ikke i samme grad behandles i dette notat.

1.1 Lokalitetsbeskrivelse

Furesøen er beliggende nord for København på grænsen mellem Frederiksborg Amt og Københavns 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 vidt forskellige områder. Det dybe hovedbassin med en middeldybde på 16,7 m og en meget heterogen bund 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 /4/. Da Furesøen indgår i Vandmiljøplanens overvågningsprogram og i forbindelse med restaureringen, er søen i de senere år systematisk blevet undersøgt med hensyn til en række vandkemiske og biologiske forhold /4,5/.

Iltforhold i profundalen

Som følge af hovedbassinets dybdeforhold temperaturlagdeler søen i sommerhalvåret i 12-15 meters dybde, hvilket også var tilfældet i 2003 /5/. Tidligere medførte lagdelingen en længere periode over sommeren med iltkoncentrationer tæt på 0 mg/l O₂ i den dybe profundal, typisk i perioden juni-medio oktober, men iltningen af bundvandet har betydet, at iltindholdet i samme periode i 2003 kun kortvarigt kom under 3 mg/l O₂.

Referencetilstand og udvikling

I sin referencetilstand kan Furesøen karakteriseres som en klarvandet, naturlig næringsrig sø med en overordentlig alsidig og veludviklet fauna og flora /6/. I perioden fra 1920-erne til 1980-erne medførte en menneskeskabt eutrofiering en kraftig forværring af miljøet og tilbagegang af de biologiske forhold /4,7,8/. Særligt bundfaunaen i profundalzonen gik fra et overordentlig divers samfund til en ensidig og noget individfattig fauna bestående af robuste arter /1,6/ der

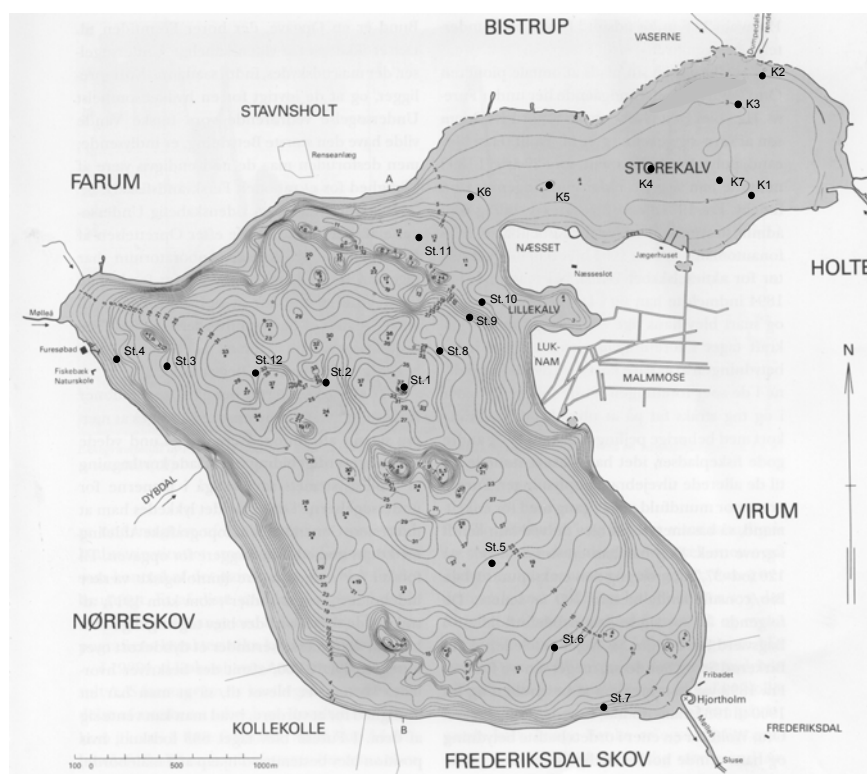
kunne klare de ringe iltforhold i sommerhalvåret og et ændret substrat. Flere undersøgelser har påvist, at Furesøen fortsat rummer en særdeles righoldig fauna andre steder på søens barbund /1,8,9/.

2. Materialer og metoder

Felt

Undersøgelsens stationering fulgte undersøgelsen i 2002 /1/ og er tilrettelagt efter Furesøens naturlige opdeling i det dybe hovedbassin og i Store 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 placeredes tre transekter med udspring i søens dybeste sted. 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 18-24. marts og den 1-2. september 2003. Både forår og sensommer blev der indsamlet fem prøver på hver af i alt ti stationer i søens hovedbassin (st. 1-10) og syv stationer i Store Kalv (st. K1-K7). Ligesom i 2002 var det ikke muligt at optage prøver fra båd på st. 10 på en af søens skalbanker, hvorfor der i stedet indsamledes prøver på st. 11 på omtrent samme dybde og i samme område af søen. Nærværende undersøgelse indbefattede ikke prøver i Lille Kalv, men derimod en ny st. 12 på et af søens dybeste dele (figur 1). Faunaprøverne er indsamlet med en kajakbundhenter med et areal på 21 cm², og faunaen blev konserveret i felten ved en slutkoncentration på 70 % alkohol. Stationerne er fastlagt ved GPS-koordinater.



Figur 1. Kort over Furesøen med placeringen af prøvetagningsstationerne i det dybe hovedbassin (st. 1-12) og i Store Kalv (st. K1-K7).

| | |
|-----------------------------|---|
| <i>Skalbanker</i> | En undervandsoptagelse i 2002 af Furesøens stejle skalbanker viste en "massiv" tæthed af vandremuslingen <i>Dreissena polymorpha</i> . 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 /10/. 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. |
| <i>Tidspunkt på året</i> | Prøvetagningen er tilpasset de tidspunkter på året, hvor forekomsten af dansemyg og andre vandinsekter 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 karpefisk (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 prædation. Til forskel for undersøgelsen i 2002, der først blev foretaget medio april, hvor en del af vintergenerationen formodentlig allerede var gået på vinger, og hvor en fiskeprædation var fremskreden, blev nærværende undersøgelse iværksat umiddelbart efter isen var forsvundet. Forskelle i indsamlingstidspunktet for forårsprøverne de to år indgår i vurderingen af materialet. |
| <i>Laboratorium</i> | 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 for de fleste dyregrupper bestemt til bedst mulige taksonomiske niveau. Bortset fra udvalgte arter/slægter af dansemyg gik bestemmelsen af tovingede generelt til underfamilie/familie og orme til gruppe, hvilket afveg fra undersøgelsen i 2002, hvor dansemyggene blev bestemt til bedst mulige taksonomiske niveau /1/. Dyrene blev talt op, og længden af hvert enkelt dyr målt til nærmeste 0,5 mm. En faunaliste med angivelse af sedimentets beskaffenhed, prøvetagningsdybde og stationernes geografiske placering fremgår for hovedbassinet i bilag 1 og for Store Kalv i bilag 2. |
| <i>Længde-vægt relation</i> | Til beregning af faunaens biomasse er længde-vægt relationen for de antalsmæssigt mest betydningsfulde bunddyr blevet bestemt efter: $\text{vægten} = a \text{ længden}^b$ Hvor a og b er tabelværdier /11,12/, og erfaringstal (Lindegaard, <i>pers. komm.</i>). |
| <i>P/B-forhold</i> | 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 /11,12,13,14/ og erfaringstal (Lindegaard, <i>pers. komm.</i>). P/B-forholdet for en given art kan variere fra år til år afhængigt af fødetilgængelighed, temperatur, iltforhold mm., og der er derfor anvendt middelværdier for hver af de funktionelle grupper. Dog er der |

for dansemyggen *Chironomus plumosus* gr. anvendt et lavere P/B-forhold end for de øvrige arter af dansemyg, da *C. plumosus* gr. generelt er større og vokser langsommere (relativt) end de øvrige, noget mindre dansemyg /12/.

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

3. Resultater

3.1 Hovedbassinet

Bundens beskaffenhed

Ganske som i undersøgelsen i 2002 kunne substratet i prøverne fra hovedbassinet groft relateres til fire dybdezonener vist i Tabel 1. I den brednære sublittoral (2-6 m) består bunden af lerblandet sand med et fint lag af organisk materiale og skalrester. I den dybe sublittoral (6-15 m) varierer bunden fra tætte skalbanker på skrænterne til områder med blødere bund af leret gytje og skalrester. I profundalzone ændrer substratet karakter ved ca. 25 meters dybde fra et indhold af porøst leret gytje til mørkt/sort og meget porøst gytje.

Tabel 1. Bundens beskaffenhed i udvalgte dybdezonener af hovedbassinet.

| Dybdezone | Dybde (m) | Station | Substrat (beskrivelse) |
|---------------------|-----------|-------------|---------------------------------------|
| Brednær sublittoral | 2-6 | 4, 7 | Lerblandet sand, org. mat., skaldele |
| Dybe sublittoral | 6-15 | 6, 11 10 | Leret gytje, skalrester Skalbanker |
| Profundal | 15-25 | 3, 5, 9 | Leret gytje |
| | > 25 | 1, 2, 8, 12 | Sort/mørkt gytje |

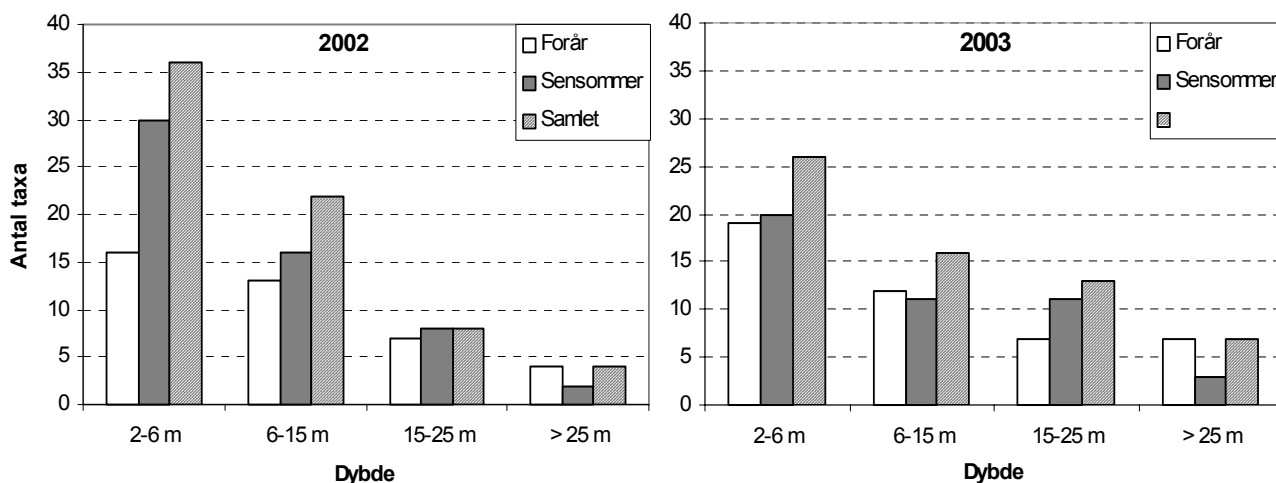
Til forskel fra undersøgelsen i 2002 observeredes kun brunfarvede belægninger i prøver ophentet på dybden større end 30 m (st. 1 og 12), modsat 25 m i 2002, hvilket kunne tyde på en større forekomst af bakterier tilpasset periodevis ringe iltforhold. Substratets mørke/sorte farve i dybden større end 25 m var uændret.

Artsrigdom

Forud for sammenligningen af artsrigdommen i denne undersøgelse og undersøgelsen i 2002 blev faunaen afstemt samme bestemmelsesniveau. Begge år var det muligt at erkende fire overordnede samfund af smådyr, der groft fulgte dybdezoneringen anført i tabel 1. Figur 2 viser antallet af identificerede taxa forår og sensommer i de fire dybdezonener de to indsamlingsår.

I nærværende undersøgelse blev der i alt registeret 31 taxa mod 35 taxa i 2002. Generelt var mangfoldigheden af smådyr i de fire dybdezonener i samme størrelsesorden begge år med flest taxa i den brednære sublittoralzone, følgende en gradvis udtynding af dyregrupper med øget dybde og mere barske leveforhold. Registreringen af flere taxa på dybden 2-6 m i sensommeren 2002 vs. samme tidspunkt i 2003 skyldes flere smådyr traditionelt tilknyttet helt lavt vand, der kan være skyllet til sublittoralen. Der er således næppe tale om en egentlig udvikling i faunaen. Derimod er stigningen fra 8 til 11 taxa i dybden 15-25 m i sensommeren interessant, da en iltning af søens dybe bundvand må begunstige en mere alsidig fauna i denne del af profundalen. I dette tilfælde

beror forskellen dog på enkeltfund af vandloppen *Cyclops*, vandbænkebideren *Asellus aquaticus* og dyndsneglen *Potamopyrgus antipodarum*, hvor de to sidstnævnte højst sandsynligt er skyllet ud på dybt vand. Udskylning af dyr fra søens lavere partier er ligeledes forklaringen på fund af flere dyr om foråret i dybden større end 25 m, mens der i sensommeren alene optræder robuste arter, såsom dansemyggen *Chironomus anthracinus*, orme og *Cyclops*.



Figur 2. Antal identificerede taxa forår og sensommer i de fire dybdezoner i hovedbassinet i 2002 og 2003.

Dominerende smådyr og dybdezoner

I den brednære sublittoral (2-6 m – st. 4 og 7) var faunaen særdeles alsidig og domineredes af dansemyggene; *Procladius*, *Tanytarsus* og arter af Chironomini, døgnfluen *Caenis horaria*, ærtemuslingen *Pisidium*, vandremuslingen *Dreissena polymorpha*, og dyndsneglen *Potamopyrgus antipodarum* (bilag 1). Bortset fra en stor tæthed af dyndsneglen på st. 7, afveg forekomsten af smådyr ikke nævneværdig fra undersøgelsen i 2002.

Den dybere sublittoral (6-15 m) udgøres af flere habitater, bl.a. skalbanker (st. 10, hvor der ikke kunne indsamles prøver), en skrånende barbund med blødere bund (st. 6) og en større barbundsflade ved indgangen til Store Kalv (st. 11), der formodentlig fungerer som sedimentationskar. Faunaen er ganske alsidig og er overvejende bestående af orme og dansemyggene *Procladius* og *Tanytarsus*, samt på st. 11 endvidere af *Chironomus plumosus* gr. Området med st. 11 skaber tilsyneladende ideelle levebetingelser for *C. plumosus* gr. Bortset fra en øgede tæthed af *C. plumosus* gr. afveg forekomsten af smådyr ikke fra undersøgelsen i 2002.

Profundalen i dybden 15-25 m (st. 3, 5 og 9) domineredes om foråret af orme og dansemyggene *Chironomus anthracinus* og *Tanytarsus* (st. 3). I sensommeren udgjordes faunaen som i 2002 primært af *C. anthracinus* og orme, der er særligt tilpasset det ofte barske miljø i profundalen.

Faunaen i den dybe profundalzone blev undersøgt på st. 1, 2, 8 og den nye st. 12, beliggende i andet dybdeområde, end f.eks. st. 1 og 8 (figur 1). Som i undersøgelsen i 2002 var barbunden artsfattig med fund af sammenlagt syv taxa, heraf alene tre taxa i sensommeren, hvor ilt- og fødeforhold i særdeleshed begunstiger særligt tilpassede bunddyr. *C. anthracinus* altdominerede i

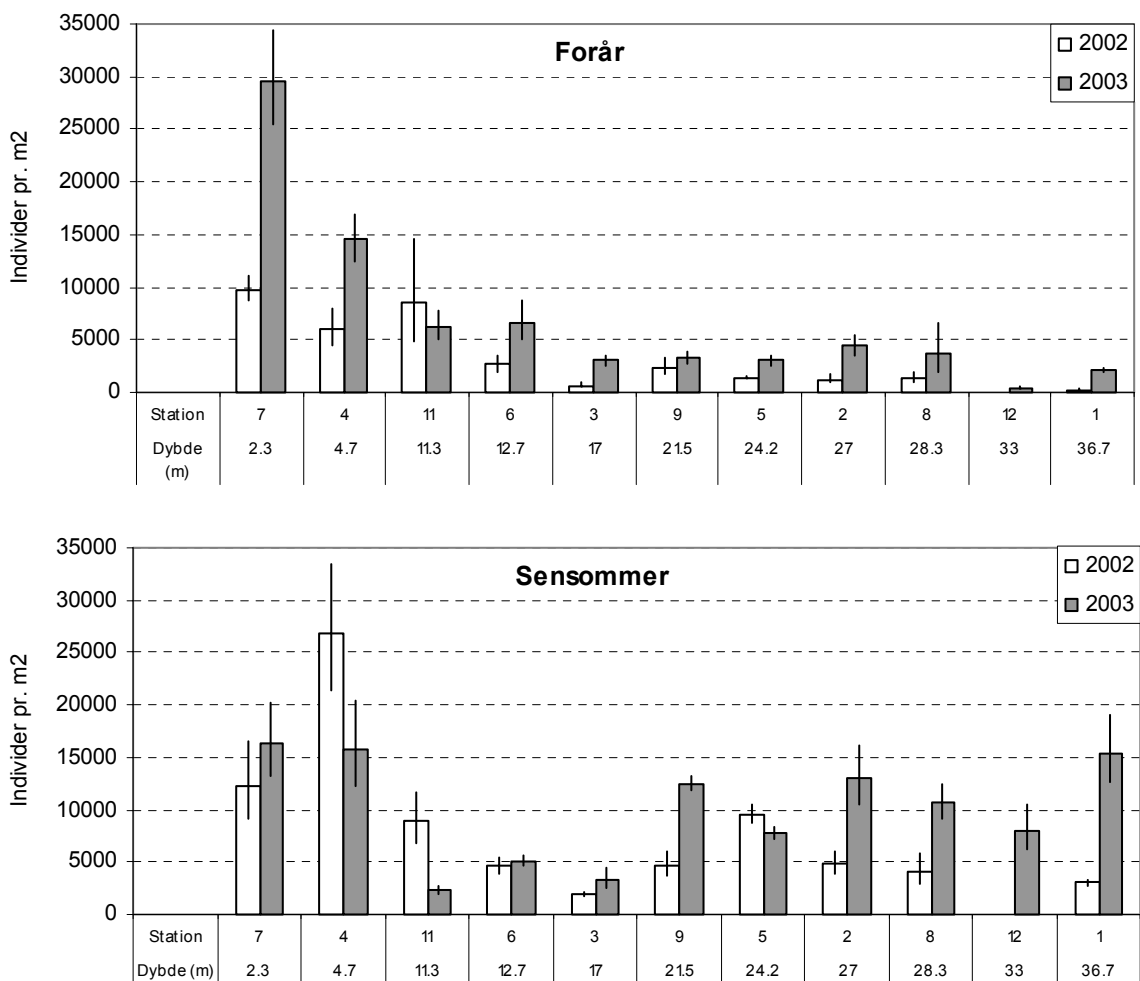
dybdeområdet med st. 1 og 8, men optrådte yderst sparsomt på st. 12, hvor orme og *Cyclops* dominerede faunaen.

Tæthed

Figur 3 viser middeltætheden med 95 % - konfidensgrænser af bunddyr forår og sensommer i 2002 og 2003, hvor stationerne er ordnet efter dybde. I bilag 3 fremgår middeltætheden og -biomasse af funktionelle grupper af bunddyr.

Forår

Tætheden af smådyr var generelt størst på samtlige dybder om foråret i 2003, hvilket højst sandsynligt skal tilskrives et tidligere indsamlingstidspunkt end i 2002. I 2003 blev prøverne taget medio marts, dvs. godt en måned tidligere end i 2002, hvorved færre vandinsekter fra vintergenerationen har nået at gå på vinger samtidig med, at vandets temperatur ganske givet har været begrænsende for karpefiskenes prædation af bunddyr forud for indsamlingen. Forskellen i dyrenes tæthed de to år kan ikke henføres til opfiskningen af brasener og skaller, der startede primo maj. Ligesom for undersøgelsen i 2002 var tætheden af smådyr signifikant størst i den brednære sublittoralzone om foråret med 2.667-9.810 og 6.286-29.619 individer/m² hhv. i 2002 og 2003 i forhold til i profundalen med 286-2.381 og 476-4.381 individer/m² samme år.

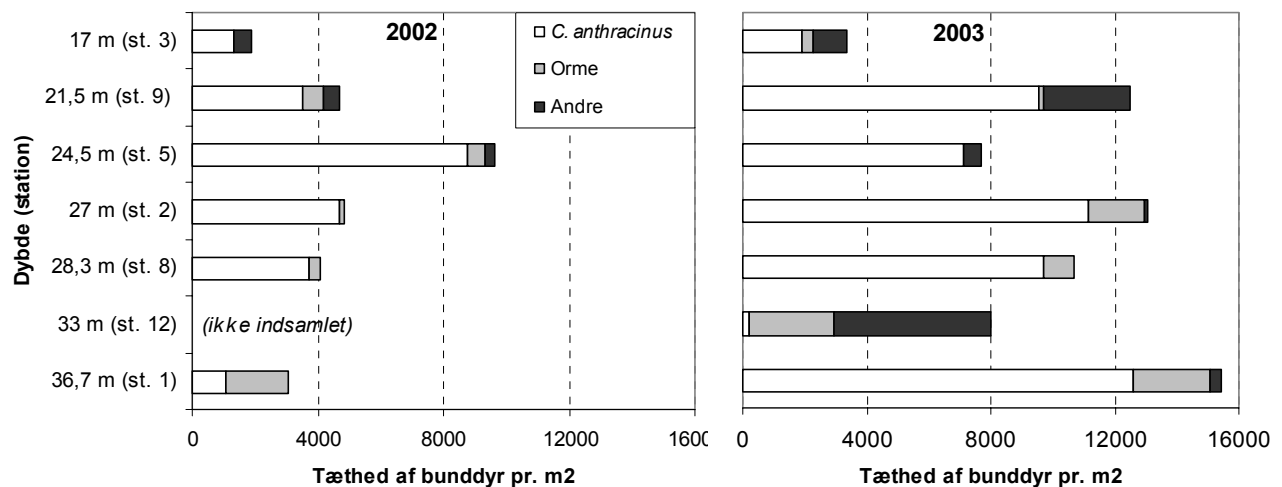


Figur 3. Den beregnede middeltæthed/m² på stationerne ordnet efter dybde i Furesøens hovedbassin forår og sensommer 2002 og 2003. St. 7, 4, 11, og 6 er beliggende i sublittoralen, mens st. 2, 8, 12 og 1 findes i den dybe profundalzone. Middeltætheden er angivet med 95 % - konfidensgrænser.

Sensommer

I sensommeren var tætheden af dyr i sublittoralzonen signifikant mindre på st. 4 og 11 i forhold til i 2002. Forskellene kan tillægges en tilsyneladende klumpet fordeling af vandremuslingen *Dreissena polymorpha* på st. 11, der ikke indgik i større antal i prøverne i 2003, mens st. 4 i 2003 som nævnt rummede en stor forekomst af smådyr, der almindeligvis er tilknyttet lavere vand, såsom igler og vandbænkebidere *Asellus aquaticus*. På de resterende st. 7 og 6 i sublittoralen varierede tætheden af dyr ikke nævneværdigt de to indsamlingsår (figur 3).

Ligesom i 2002 rummede profundalen flere bunddyr i sensommeren end i foråret, men forekomsten af dyr var markant ændret i 2003. På fire ud af seks stationer (st. 9, 2, 8, og 1) var tætheden af bunddyr signifikant større i 2003 med en middeltæthed på 8.000-12.476 individer/m² vs. 3.048-4.857 individer/m² i 2002 (figur 3). Den øgede faunarigdom skyldtes en betydelig fremgang af dansemyggen *Chironomus anthracinus*, der på nær den nye st. 12 altdominerede faunaen i profundalen, hvilket er illustreret i figur 4. Samtidig var faunaens sammensætning ændret på den dybeste st. 1 (36,7 m) fra overvejende orme i 2002 til en overvægt af *C. anthracinus* i 2003 (figur 4). Da visse arter af orme er særligt robuste og oftest forsvinder sidst, når miljøet bliver for barskt, er dette en positiv udvikling. Derimod domineredes faunaen på den nye st. 12 (33 m) af orme og *Cyclops* (andre dyr) med enkeltfund af *C. anthracinus* (figur 4), hvilket sammen med en yderst sparsom tæthed af dyr i foråret (476 individer/m²) kan tyde på knap så ideelle levevilkår i denne dybe del af profundalen.



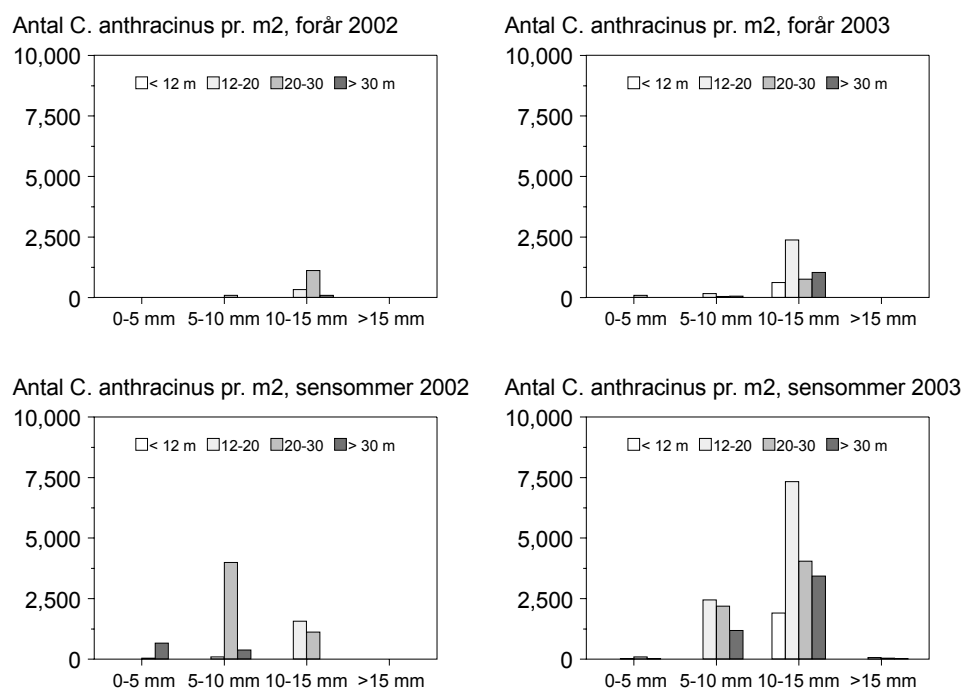
Figur 4. Middeltæthed og sammensætning af bunddyr på stationer i søens dybe profundalzone i sensommeren 2002 og 2003.

Størrelsesfordeling af *Chironomus anthracinus*

Chironomus anthracinus, der er særligt tilpasset livet som sedimenttæder i profundalen, dominerede blandt dansemyg begge indsamlingsår på barbunden dybere end 17 m. Dansemyggens trivsel afsløres ved dyrenes størrelse, hvor især bundvandets iltindhold over sommeren kan være begrænsende for vækst. Figur 5 viser størrelsesfordelingen af *C. anthracinus* på udvalgte dybder forår og sensommer. I foråret begge år bestod populationen overvejende af store og næsten flyvefærdige individer (10-15 mm). I 2003 var middeltætheden en anelse større med flest dyr i dybden 12-20 m på 2.381 individer/m² mod største

middeltæthed på 1.119 individer/m² i 2002. Forskellen skal formodentlig tillægges årsvariation.

I sensommeren bestod populationen primært af dyr lagt som æg i foråret, og modsat størrelsesfordelingen i 2002, hvor hovedparten af dansemyggene var 5-10 mm på dybden 20-30 m, var langt størstedelen af dyrene i 2003 store på 10-15 mm over hele profundalen med hen ved 10.000 individer/m² som største tæthed i dybden 12-20 m. Den markant øgede forekomst af store individer af *C. anthracinus* skyldes utvivlsomt forbedrede levevilkår ved de bedre iltforhold i profundalen, hvilket har en stor betydning for dyrenes omsætning af organisk materiale og herved bunddyrenes biomasse og produktion.



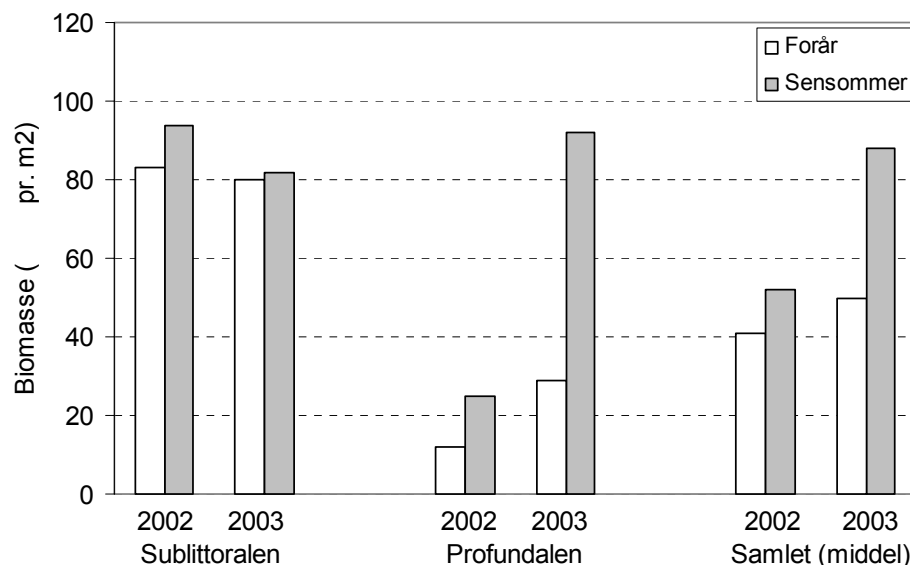
Figur 5. Størrelsesfordelingen af *Chironomus anthracinus* i profundalzone i 2002 og 2003.

Biomasse

Figur 6 viser den skønnede biomasse af smådyr på bar bunden i hovedbassinets sublittoralzone og profundalzone, samt som middel de to årstider i 2002 og 2003. Materialet indbefatter ikke faunaen på skalbankerne, hvor biomassen af vandremuslingen *Dreissena* i 2002 blev opgjort til 430-460 gww/m² /1/. Biomassen i sublittoralen afveg ikke nævneværdigt hverken over året eller mellem de to indsamlingsår, og lå i størrelsesordenen 80-95 gww/m². *Dreissena* udgjorde begge år den langt overvejende del af biomassen, 80-85 %, mens dansemyg var næstmest betydende og udgjorde hhv. 10-12 % i 2002 og 15-18 % i 2003. I 2002 var biomassen størst i sublittoralen både forår og sensommer, mens den skønnede biomasse i profundalen i sensommeren 2003 både var i niveau med biomassen i sublittoralen, samt en faktor 3,5 større end i sensommeren året før. *Chironomus anthracinus* udgjorde langt størstedelen af biomassen af bunddyr i profundalen begge år, og den langt større tæthed af "fede" dansemyg var hovedansvarlig for biomasseforøgelsen fra 2002 til 2003. Næst efter *Dreissena* og *C. anthracinus* udgjorde orme og ærtemuslinger kun mindre andele af biomassen.

Anskues den beregnede biomasse som potentiel føde for bl.a. fisk, er dansemyg en mere tilgængelig føde end muslinger, da en del af muslingernes biomasse udgøres af skaldele, samtidig med at flere af muslingerne har en størrelse og drøjde, der gør dem mindre velegnet som føde for de fleste fisk.

Den samlede biomasse for de to årstider (beregnet som middel) blev forår og sensommer opgjort til hhv. 41 og 52 gww/m² i 2002 og 50 og 88 gww/m² i 2003 (figur 6).



Figur 6. Barbundsfaunaens skønnede biomasse i forskellige dybdezonener i Furesøens hovedbassin.

Produktion

Ud fra den skønnede biomasse og tabelværdier for P/B blev den årlige produktion estimeret til 111 gww/m²/år i 2002 og 143 gww/m²/år i 2003. Stigningen i produktionen skal henføres til gruppen af dansemyg, der stod for 89 gww/m²/år i 2003 mod 36 gww/m²/år i 2002, mens *Dreissena* hhv. stod for 52 og 72 gww/m²/år de samme to år. Forskellen i produktionen for *Dreissena* skal primært henføres til vandremuslingens klumpede fordeling andre steder i sublittoralen end på skalbankerne, hvilket opfanges uensartet i prøverne. Begge år stod ærtemuslinger og orme samlet i størrelsesordenen for 2-3 gww/m²/år.

Tallene for biomasse og produktion er sandsynligvis en smule underestimeret, da det ikke har været muligt at fremskaffe brugbare længde-vægt relationer i litteraturen for flere om end 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.

3.2 Store Kalv

Bundens beskaffenhed

Barbundens beskaffenhed afveg ikke stort fra undersøgelsen i 2002 og bestod overvejende af leret gytje med lidt skalrester og organisk materiale. Længst inde i Kalven indeholdt prøverne noget mere tørv (st. K2).

Artsrigdom Store Kalv rummer en særdeles alsidig barbundsfauna. Tilpasset et ens bestemmelsesniveau registreredes i alt 25 taxa i 2003 med hhv. 21 og 18 taxa forår og sensommer, hvilket er i samme størrelsesorden som i 2002 med fund af i alt 27 taxa. Der noteredes lidt flere taxa på st. K1, K2 og K3 om foråret i dybden 2,3-3 m længst inde i Kalven (figur 1) i 2003.

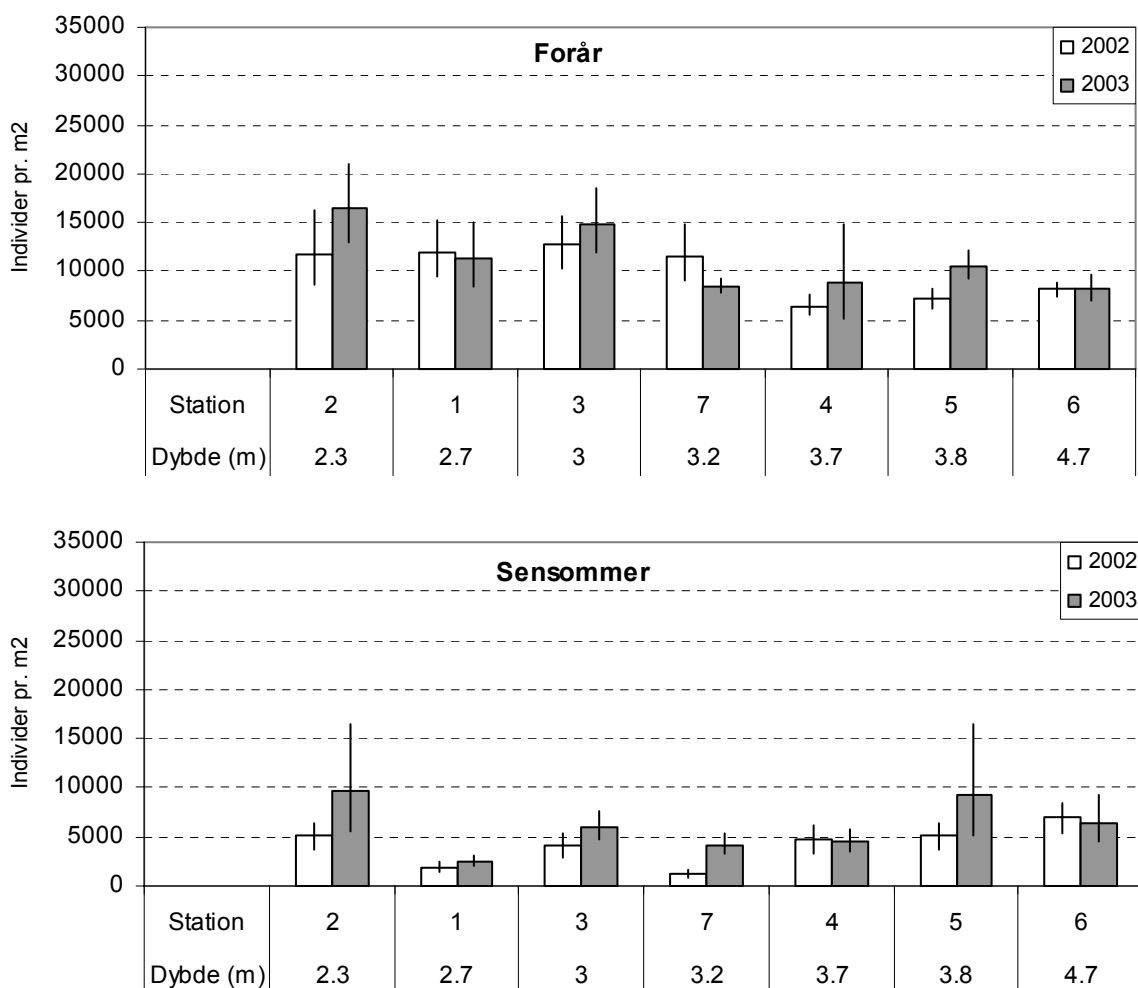
Både forår og sensommer domineredes barbunden af en alsidig forekomst af dansemyg, hvor især *Procladius*, *Tanytarsus*, *Chironomus plumosus* gr. og arter af Chironomini optrådte i stor tæthed, men også ærtemuslingen *Pisidium* og orme var antalsmæssigt betydende. Særligt tætheden af *C. plumosus* gr. var markant større end i 2002. Substratet på barbunden i Store Kalv er ikke specielt velegnet til vandremuslingen *Dreissena polymorpha*, der fandtes sporadisk, formentlig skyllet til (i klumper) fra bl.a. skalbankerne eller fasthæftet til dammuslinger.

Tæthed Figur 7 viser middeltætheden med 95 % - konfidensgrænse af bunddyr forår og sensommer i 2002 og 2003, hvor stationerne er ordnet efter dybde. I bilag 4 fremgår middeltætheden og -biomasse af funktionelle grupper af bunddyr.

Forår Trods et tidligere indsamlingstidspunkt om foråret i 2003 afveg tætheden af bunddyr ikke stort de to indsamlingsår med omkring 10.000-11.000 individer/m² i denne del af søen.

Sensommer Tætheden af dyr var ligesom i 2002 på flere stationer på lavere vand signifikant mindre i sensommeren end om foråret. En noget større middeltæthed i 2003 på ca. 6.600 individer/m² vs. 4.150 individer/m² i 2002 skyldtes især registreringen af mange unge vandremuslinger fasthæftet gamle skaller af dammuslinger på st. 5, samt mange små dansemyg på st. 2. Derimod er den øgede tæthed på st. 7 fra 1.238 til 4.476 individer/m² de to år interessant, idet erfaringen viser, at tætheden af bunddyr begrænses til omkring 800-1.200 individer/m² ved hård fiskeprædation /beskrevet i 1/. Fremgangen i tætheden af dyr kan således muligvis henføres til en lempelse i prædationen fra fisk. Den samme antalsmæssige fremgang af dyr ses dog ikke på st. 2, hvor tætheden de to år opgøres til hhv. 1.905 (2002) og 2.571 (2003) individer/m². Denne undersøgelse peger ikke entydigt på, at udtyndingen af fisk har haft en effekt alene på tætheden af bunddyr i denne del af søen.

Som det var tilfældet i 2002 er der færrest bunddyr på st. 2 tættest på tilløbet fra Vejlesø og med undervandsvegetation /4/. En mulig forklaring på den nu for andet år væsentlige nedgang i bunddyrenes tæthed (i "nærheden" af 1.200 individer/m²) over sommeren dette sted kan være fiskenes prædation, der foregår under dække af vandplanter i kombination med en periodevis større fisketæthed af (gæstende) særligt mindre skaller og brasener fra Vejlesø.



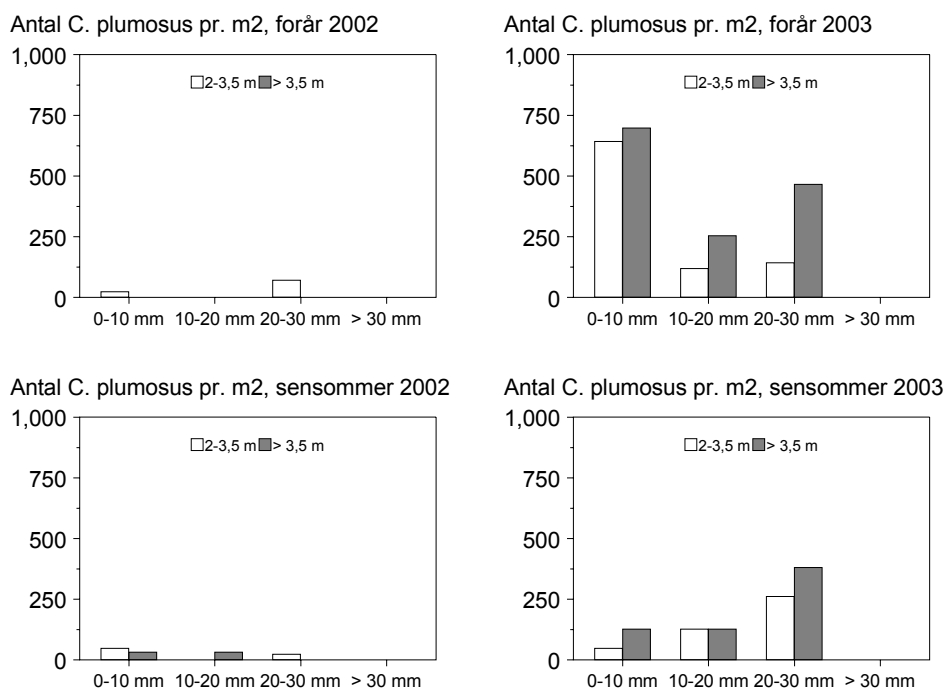
Figur 7. Den beregnede middeltæthed/m² på stationerne ordnet efter dybde i Store Kalv forår og sensommer 2002 og 2003. Middeltætheden er angivet med 95 % - konfidensgrænser.

Størrelsesfordeling af dansemyg

De dominerende taxa af dansemyg bestod begge år om foråret af overvejende store og næsten flyvefærdige individer, mens størrelsesfordelingen i sensommeren for flere dansemyg varierede de to år. F.eks. optrådte færre større individer af *Procladius* i 2003 (sensommer), hvilket formentlig skal tillægges tidspunktet for sommergenerationens emergens, der er bestemt af graddage og fødeforhold fra år til år. Muligvis kan prøverne i 2002 være taget umiddelbart før *Procladius* er gået på vinger, mens prøverne i 2003 er taget efter.

Tilsvarende forskydning af sommergenerationen emergens de to år er formentlig ikke tilfældet for *Chironomus plumosus* gr., der optrådte fåtalligt fordelt på små og store individer i sensommeren 2002, men talrigt på samme årstid i 2003 med en overvægt af større individer (figur 8). *C. plumosus* gr. har typisk to generationer over året, og den større tæthed af dyr i foråret 2003 skal formentlig tillægges det tidligere prøvetagningstidspunkt, hvor vintergenerationen ikke har været underlagt nævneværdig fiskeprædation, og hvor større dyr ikke er nået at gå på vinger. Der kan dog til en vis grad være tale om en årsvariation. Den øgede tæthed af store dyr i sensommeren 2003 er højst sandsynligt et resultat af en mindre intens fiskeprædation, samt et ændret

prædationsmønster hos fiskene på større bunddyr. Den øgede tæthed af større larver af dansemyg får betydning for bunddyrenes biomasse og produktion.



Figur 8. Størrelsesfordelingen af *Chironomus plumosus* gr. i Store Kalv i 2002 og 2003.

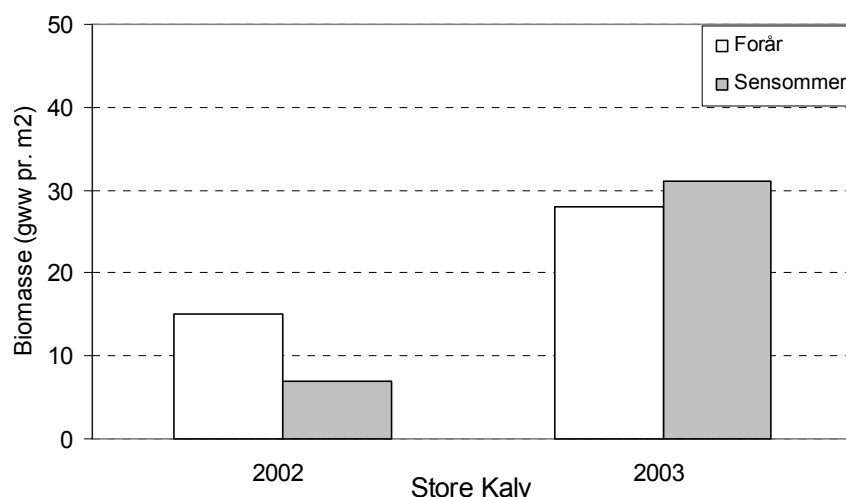
Biomasse

I denne undersøgelse blev den skønnede biomasse opgjort til hhv. 28 og 31 gww/m² mod 15 og 7 gww/m² de to årstider i 2002, hvilket i sensommeren næsten er en faktor 4,5 større i 2003. Larver af dansemyg udgjorde den langt overvejende andel af biomassen, der generelt følger den øgede forekomst af større individer af *C. plumosus* gr. Dog stod en pletvis (tæt) forekomst af *Dreissena* i sensommeren 2003 alene for 11 gww/m². Forskellen på biomassen om foråret de to år skyldes formentlig hovedsageligt indsamlingstidspunktet med flere, større dansemyggelarver i 2003. De øvrige funktionelle grupper udgør kun en mindre andel af biomassen, f.eks. udgør ærtemuslingen *Pisidium* tæt ved 2 gww/m² begge år.

Produktion

På grundlag af den skønnede biomasse og tabelværdier for P/B blev den årlige produktion i Store Kalv estimeret til 37 gww/m²/år i 2002 og 71 gww/m²/år i 2003. I denne undersøgelse stod dansemyg for 54 gww/m²/år og *Dreissena* for 11 gww/m²/år, mens ærtemuslingen, orme og mitter til sammen stod for 6 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 om end mindre betydende dyregrupper, såsom *Caenis*, *Micronecta* samt sneglene; *Valvata*, *Bithynia* og *Potamopyrgus*.



Figur 9. Barbundsfaunaens skønnede biomasse i Store Kalv de to årstider i 2002 og 2003.

3. Vurdering og Konklusion

Profundalen

I 2002 var de ringe iltforhold i Furesøens profundalzone over sommeren af afgørende betydning for et ringe udviklet samfund af bunddyr /1/. Denne undersøgelse viste en markant positiv fremgang af den dominerende dansemyg *Chironomus anthracinus* (i sensommeren), der i middeltæthed i dybden større end 20 m var øget med en faktor 2 fra 4.343 individer/m² i 2002 til 8.714 individer/m² i 2003. Samtidig var dansemyggens størrelsesfordeling præget af generelt større dyr, selv på den dybeste st. 1 (36,7 m), hvor faunaen i 2002 fortrinsvis bestod af dårligt voksende dansemyg og en overvægt af orme. Samlet var middeltætheden af dyr øget med en faktor 2,5 de to år.

Chironomus anthracinus

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 cyklusser, hvilket bl.a. er eftervist i Esrum Sø og Hald Sø /15,16/. Populationen af *C. anthracinus* i sensommeren i 2003 må primært være lagt som æg om foråret og vokset til over sommeren, bl.a. ud fra en beskeden tæthed om foråret. *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. Bliver miljøet for barskt, dør dansemyggene og mere robuste orme vil typisk tage over, hvilket blev observeret i Hald Sø, hvor orme dominerede på søens dybeste partier og *C. anthracinus* forsvandt i en periode med særligt ringe miljø /17,18/. Dansemyggens størrelse og antal er derfor en god indikator for levevilkårene i profundalen.

Beluftning og effekt på bundfaunaen

Skiftet til markant flere og større *C. anthracinus*, samt skiftet fra overvejende orme til dansemyg på st. 1 i sensommeren de to år skyldes utvivlsomt forbedrede levevilkår på den dybe barbund skabt gennem iltning af

bundvandet. Bunddyrenes biomasse var øget med en faktor 3,5 (fra 25 gww/m² til 92 gww/m²) hvilket får betydning for dyrenes produktion og herved barbundens omsætning, hvor alger omsættes gennem en fødekæde frem for en ufuldstændig bakteriel, slamophobende nedbrydning.

*Iltforhold
ved bunden
og fiske-
prædation*

Faunasammensætningen på st. 12 (33 m) af overvejende orme og *Cyclops* tyder dog på, at levevilkårene ikke alle steder i profundalen er lige ideelle over sommeren. St. 12 er placeret i et andet dybdeafsnit af søen end st. 1, og forhold ikke alene mangelfuld ilt, men også et anderledes substrat, en forskelligartet sedimentation og evt. oprodning af bunden ved etableringen af beluftningsudstyret kan være medvirkende til den registrerede dominans af orme. En middeltæthed på 8.000 dyr/m² taler ikke for en udpræget fiskeprædation som årsag til en anderledes fauna på dette sted.

I 2003 målte et iltindhold på 6-10 mg/l og en temperatur på 8-11 °C i søens bundvand over visse perioder af sommeren /5/, hvilket kan have betydet, at fiskene har kunnet fouragere i profundalen. Fiskeundersøgelsen i august 2003 viste samtidig, at der optrådte mellemstore/større aborrer og skaller på dybt vand /3/. I hvilket omfang bunddyrene har været underlagt en fiskeprædation er vanskeligt at vurdere, da fiskene fra dybt vand ikke blev undersøgt for maveindhold. I Hald Sø i årene efter opstarten på iltningen af bundvandet steg middeltætheden af *C. anthracinus* (på 30 meters dybde) til 6.000 individer/m² /19/, hvilket er en anelse under den registrerede tæthed i denne undersøgelse. Bestandstætheder visse steder større end 10.000 individer tyder ikke på en omfattende fiskeprædation.

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 (6-8 °C), hvilket kan få betydning som vigtigt fødetilskud for opvoksende aborrer i overgangen fra et omnivor til et overvejende piscivor (fiskeædende) stadium, bl.a. beskrevet i /20/. Formodentlig er middeltætheden af *C. anthracinus* i forårsprøverne et resultat af dels en mulig kort intensiv fiskeprædation i efteråret, og dels naturlig dødelighed. De lidt flere dyr om foråret i 2002 kan skyldes årsvariation eller det senere tidspunkt for prøvetagningen.

*Sublittoralen
og Store
Kalv*

Store Kalv er en stor sammenhængende sublittoralzone (i dybden > 2 m), hvor fiskene fouragerer under gunstige temperaturforhold, dvs. i størstedelen af året. Frem til indsamlingen af bunddyr i sensommeren var der i alt opfisket 31,5 tons brasener og skaller /21/. Fiskeundersøgelsen i 2002 viste, at især i Store Kalv var tætheden af store skaller betydelig /2/, hvorved en evt. effekt fra opfiskningen på sublittoralens bunddyr især ville afspejles i prøverne fra sensommeren i denne del af søen.

Undersøgelsen viste kun en svag stigning i antallet af bunddyr i Store Kalv fra 2002 til 2003 i sensommeren, hvorimod dyrenes biomasse var steget markant med en faktor 4,5 (fra 7 til 31 gww/m²), hvilket en fremgang i forekomsten af den store dansemyg *Chironomus plumosus* gr. var hovedansvarlig for. Den øgede tæthed af større individer af *C. plumosus* gr. tyder på en lempet fiskeprædation på bundfaunen.

Chironomus plumosus og udbredelse

Dybdeudbredelsen af *C. plumosus* gr. var i 2002 begrænset til 10-22 m i hovedbassinet og en meget sporadisk forekomst i Store Kalv, hvorimod dansemyggen i 2003 optrådte i stor tæthed ved større dyr rundt om i Kalven, samt i hovedbassinet på st. 11 (11,3 m). *C. plumosus* gr. er en effektiv iltregulator, men modsat *C. anthracinus* gennemfører den ofte 2 generationer i sommerhalvåret (afhængigt af ilt og føde) og kan ernære sig både som filtrator (over springlaget) og sedimentæder (primært under springlaget). I denne undersøgelse fandtes *C. plumosus* gr. primært i dybden over springlaget, og den øgede tæthed af større dyr over sommeren får, ligesom det var tilfældet med *C. anthracinus* i profundalzone, særlig stor betydning for omsætningen af alger i sublittoralzone.

Det kan undre, at *C. plumosus* gr. ikke optrådte under springlaget (dybden > 15 m) i sensommeren 2003. *C. plumosus* gr. er i nogen grad en bedre iltregulator end *C. anthracinus* (Lindegaard, pers. komm.), hvilket må give den en konkurrencemæssig fordel når miljøet er barskt på dybt vand, som over sommeren i 2002. Muligvis taber *C. plumosus* gr. (konkurrencemæssigt) terræn til *C. anthracinus*, når miljøet i profundalen forbedres, i dette tilfælde med bedre iltforhold. Dette kan forklare udbredelsen af *C. plumosus* gr. primært i sublittoralen, mens det øgede antal og større dyr som nævnt kan henføres til opfiskningen.

Fisk og kondition

Fiskeundersøgelsen i 2003 viste en svag konditionsforbedring hos brasenerne i forhold til i 2002, hvilket understøtter resultaterne om en lempet fiskeprædation af bunddyrene i søens sublittoralzone. Derimod var konditionen hos de større skaller stort set uændret /2,3/.

Udvikling og biologiske indikatorarter

Der er næppe tvivl om at *Chironomus anthracinus* og *Chironomus plumosus* gr. er vigtige biologiske indikatorer for udviklingen af dyresamfundet i Furesøens profundalzone og sublittoralzone, men også dybdeudbredelsen af de i nogen grad hårdføre dansemyg; *Procladius* og *Tanytarsus*, samt ærtemuslingen *Pisidium* sp. i søens profundalzone bliver interessant at følge. Endvidere vil faunaens sammensætning og udvikling på st. 12 give vidensbyrd om, hvorvidt levevilkårene forbedres mere ensartede rundt om i søens dybe profundalzone.

Konklusion

Nærværende undersøgelse viser, at iltningen af bundvandet over sommeren har forbedret levevilkårene for bundfaunaen i profundalzone i et sådan omfang, at middeltætheden af den altdominerende dansemyg *Chironomus anthracinus* er øget med en faktor 2 og biomassen med en faktor 3,5 sammenlignet med seneste undersøgelse i 2002.

Opfiskningen har i særlig grad haft effekt på bundfaunaen i Store Kalv, hvor en markant øgede tæthed af større individer af den ”store” dansemyg *Chironomus plumosus* gr., hvorved biomassen er steget med en faktor 4,5 i forhold til samme tidspunkt i 2002. Undersøgelsen viste kun en svag stigning af individtætheden af bunddyr i Store Kalv, hvilket ikke entydigt kan relateres til opfiskningen. I resten af søens sublittoralzone (hovedbassinet) registreredes ingen nævneværdige ændringer af bundfaunaen.



Prøvetagning i Store Kalv, sensommer 2003.



Chironomus anthracinus (øverst) og Chironomus plumosus gr. (nederst) fra forårsprøver hhv. i profundalen (hovedbassinet) og sublittoralen (Store Kalv) i 2003. Størrelsen på dansemyggene er stadiet før de går på vinger. Bemærk størrelsesforskellen på de to arter.

5. Referencer

- 1/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2003). Bundfaunaundersøgelse i Furesøen 2002. - Et udvidet notat for Københavns Amt.
- 2/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2003). Fiskebestanden i Furesøen, august 2002. - Rapport for Københavns Amt.
- 3/ FN Miljø (2003). Fiskebestanden i Furesøen, august 2003. - Rapport for Frederiksborg Amt.
- 4/ Københavns Amt (2002). Vandmiljøovervågning Furesø 2001. Jord- og Vandafdelingen, Københavns Amt.
- 5/ Københavns Amt (2003). Upublicerede data af ilt og temperatur i Furesøen fra perioden 2002-2003.
- 6/ 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.
- 7/ 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.
- 8/ Bio/consult (2000). Udbredelse og bestandstætheder af reliktkrebsene i Furesøen i 1999. Biologisk undersøgelse udført for Københavns Amt.
- 9/ Bio/consult (1993). Furesø 1990 - Bundfauna artslister. Biologisk undersøgelse udført for Københavns Amt.
- 10/ 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.
- 11/ Lindegaard, C. (1992). Zoobenthos ecology of Thingvallavatn: vertical distribution, abundance, population dynamics and production. Hydrobiologica 64.: 257-304.
- 12/ Armitage, P. *et al.* (1995). The Chironomidae "The biology and ecology of non-biting midges. Chapman og Hall.
- 13/ Timm, H. (1994). Production of some oligochaete species in large Estonian lakes. Hydrobiologica 278: 309-313
- 14/ Lindegaard, C. (1994). The role of zoobenthos in energy flow in two shallow lakes. Hydrobiologica 275/276: 313 - 322.
- 15/ Jónasson, P. M. (1972). Ecology and production of the profundal benthos in relation to phytoplankton in Lake Esrom. Oikos Suppl. 14: 1-148.
- 16/ Viborg Amtskommune (1987). Miljøtilstand i Hald Sø 1986 – Bundfauna. Rapport udarbejdet af Bio/consult.

- 17/ Andersen, M., Gørtz, P, Møller, P. R. & Worm, J. (1994). Restaureringen af Hald Sø - Hel eller halv succes? Fagmodulsrapport i Miljøteknologi og Forvaltning, Københavns Universitet.
- 18/ 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..
- 19/ Rasmussen, K. (1997). Restaurering af Hald Sø. Udkast til artikel til "Sørestaureringer i Danmark" - en status.
- 20/ Jeppesen, E. (1998). Lavvandede søers økologi. Doktordisputats, Faglig Rapport fra DMU nr. 248.
- 21/ Fiskeøkologisk Laboratorium (2003). Data over opfiskningen Furesøen i 2003 i forbindelse med Furesøprojektet.