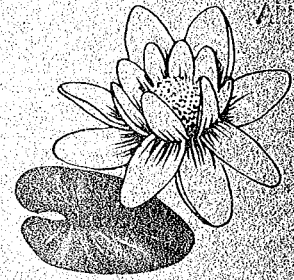
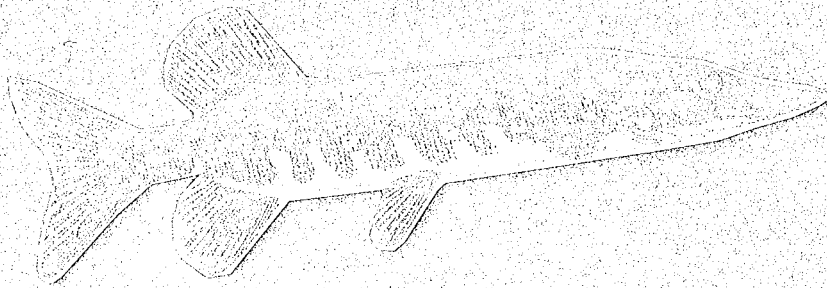


FISKERIVERKET RAPPORT 1:1998



*Mellanskarvens ekologi och
effekter på fisk och fiske*

HENRI ENGSTRÖM

*Undersökning av fritidsfisket vid
Gålö-Ornö, Stockholms skärgård, 1995-96*

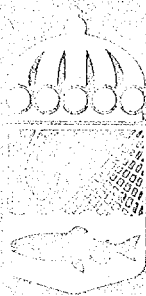
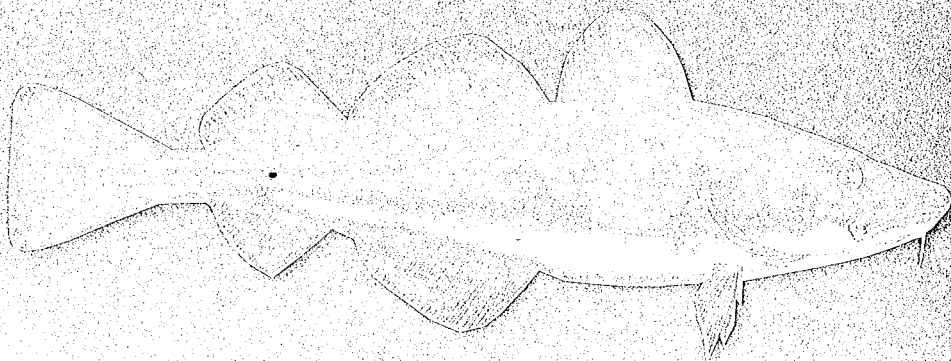
HENRIK SVEDÅNG, GUNNAR THORESSON,
STEFAN THORFVE OCH ANDERS BERGLUND

*Biologiska undersökningar vid
Ringhals kraftverk 1988-1996*

STIG THÖRNQVIST, ERIK NEUMAN,
ALVAR JACOBSSON OCH OLOF SANDSTRÖM

*Från sediment till fisk -
en översiktlig studie av Vombsjöns
ekosystem 1994-95*

STELLAN F. HAMRIN, TERESA SOLER, MARIE ERIKSSON,
JONAS SVENSSON, HENRIC LINGE, GERTRUD CRONBERG
OCH PIA ROMARE



FISKERIVERKET

Från sediment till fisk - en översiktlig studie av Vombsjöns ekosystem 1994-95

Stellan F. Hamrin¹⁾, Teresa Soler¹⁾, Marie Eriksson²⁾, Jonas Svensson²⁾,
Henric Linge²⁾, Gertrud Cronberg²⁾ och Pia Romare²⁾

¹⁾ Fiskeriverket, Sötvattenslaboratoriet, 178 93 DROTTNINGHOLM

²⁾ Lunds Universitet, Ekologiska institutionen, Limnologiska avdelningen, 223 62 LUND

Innehåll

Sammanfattning	79
Inledning	79
Metodik	80
Resultat	85
Diskussion	100
Erkännanden	102
Referenser	103
English summary: From sediment to fish - an outline of the Lake Vombsjön ecosystem 1994-95	104

Sammanfattning

Vombsjön har under minst 50 år präglats av tidvis återkommande perioder med blom av blå-gröna alger. Detta har varit ett problem inte bara för fiske och rekreation utan också för sjöns funktion som råvattentäkt. Under de senaste åren har liknande problem åtgärdats genom mörtfiskreduktion. Denna undersökning har utförts för att försöka fastlägga orsakerna till Vombsjöns problem och föreslå åtgärder för förbättring.

Vombsjön kännetecknas av höga närsalthalter och periodvis återkommande perioder med hög växtplanktonproduktion och lågt siktdjup. Även sommartid har däremellan förekommit perioder med relativt låg växtplanktonbiomassa och ganska klart vatten. Vombsjön har härigenom avvikit positivt från närliggande sjöar som Ringsjön och Finjasjön. Fisksamhället tycks mer långsiktigt ha pendlat mellan perioder med relativt låg fisktäthet som nu och perioder med mycket fisk som under början av 1980-talet. Sjöns växtsamhälle är mycket begränsat efter den ökning av regleringsamplituden som ägde rum för omkring 30 år sedan. Tillförseln av närsalter från främst Björkaåns jordbruksområden är hög och har sannolikt så varit under lång tid.

Vombsjöns ekosystem avviker från exempelvis Ringsjöns ekosystem under dess eutrofieringsperiod genom att trots en hög närsalttillförsel ha ett relativt litet fisksamhälle och relativt klart vatten. Sannolikt beror detta förhållande på avsaknaden av vegetation, vilket kan förväntas missgynna mörtfiskynglets tillväxt och överlevnad. Mörtfiskbeståndet är nu huvudsakligen beroende av de begränsade uppväxtmiljöer som finns i Björkaåns nedersta del. Detta innebär att sjöns ekosystem inte är i balans utan sannolikt styrs av sjöns reglering och dess inverkan på vegetationsutbredningen.

För att återföra sjön till ett stabilt stadium utan planktonblom krävs att först den externa tillförseln av närsalter minskas utan att kvoten mellan fosfor och kväve ökar och att därefter amplituden i vattenståndsregleringen reduceras under vegetationsperioden. Härigenom kommer också tillförseln av närsalter till Kävlingeån och till Öresund att väsentligt reduceras. Mörtfiskreduktion är inte lämpligt i Vombsjön.

Inledning

Vattenbeskaffenhetsen i Vombsjön har sedan lång tid periodvis gett upphov till problem avseende såväl bad och fiske som sjöns funktion som råvattentäkt. I motsats till förhållandena i exempelvis Ringsjön och Finjasjön har problemen inte varit permanenta och åtgärdsprogram för sjöarna har därför inriktats på de sistnämnda vattnen. Dessa sjöar har under de senaste åren restaurerats genom mörtfiskreduktion och det är nu Vombsjöns tur att åtgärdas. Det har sedan lång tid

stått klart att problemen i Vombsjön delvis är av annan karaktär än i de övriga två sjöarna. En grundläggande skillnad mellan sjöarna är Vombsjöns stora regleringsamplitud (3 m) och den därmed sammanhängande avsaknaden av större vegetationstäckta strandpartier.

Föreliggande studie avser att försöka ge svar på frågan vad som är Vombsjöns grundläggande problem och vilka åtgärder som kan vidtas för att förbättra situationen.

Metodik

Vattenkemi, växtplankton och rotatorier

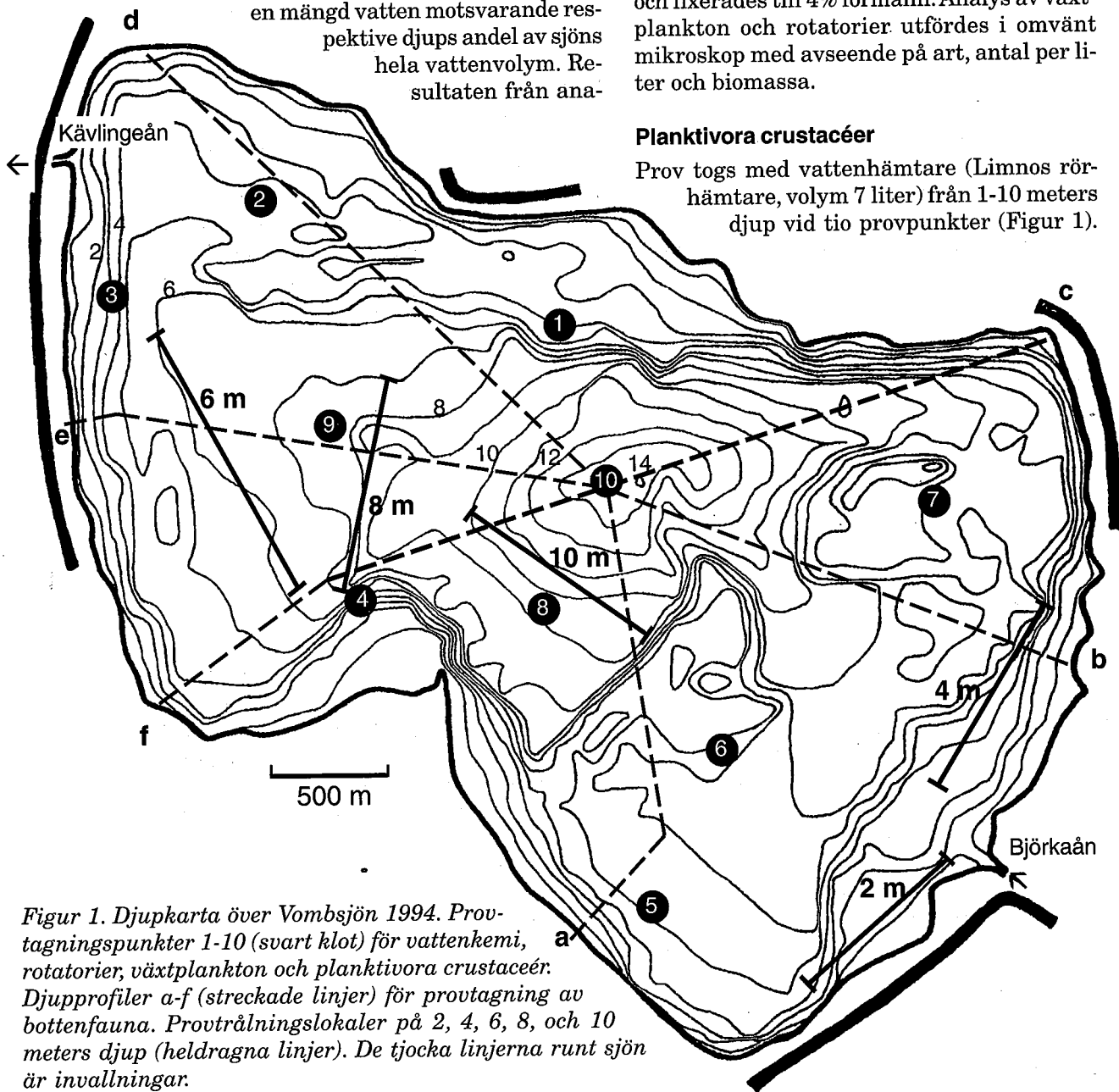
Vattenprov för analys av vattenkemi, växtplankton och rotatorier togs under sommaren 1995 var tredje vecka och under resten av året var fjärde till var femte vecka. Vid tio fasta provpunkter (Figur 1), varav fem över 0-5 och fem över 5-10 meters djup, togs ytvattenprov från de översta två metrarna med en rörhämtare. Över djuphålan togs dessutom vattenprov med Ruttnerhämtare på 4, 6, 8, och 10 meters djup för analys av vattenkemi. Från varje djup hämtades en mängd vatten motsvarande respektive djups andel av sjöns hela vattenvolym. Resultaten från ana-

lyserna av vattenprov från 4-10 meters djup (sammelprov) är därför djupvägda.

Kemiska analyser av vattnet gjordes enligt gängse vetenskaplig metodik (svensk standard) på Ekologiska institutionen vid Lunds universitet. Kvalitativa växtplanktonprover filtrerades genom en 10 μm planktonhåv och fixerades med formalin till 4% konc, medan de kvantitativa proverna fixerades med Lugols lösning. Vidare filtrerades fem liter vatten genom en 45 μm planktonhåv till ett kvantitativt rotatorieprov (1-2 m) och fixerades till 4% formalin. Analys av växtplankton och rotatorier utfördes i omvänt mikroskop med avseende på art, antal per liter och biomassa.

Planktivora crustacéer

Prov togs med vattenhämtare (Limnos rörhämtare, volym 7 liter) från 1-10 meters djup vid tio provpunkter (Figur 1).



Figur 1. Djupkarta över Vombsjön 1994. Provtagningspunkter 1-10 (svart klot) för vattenkemi, rotatorier, växtplankton och planktivora crustacéer. Djupprofiler a-f (streckade linjer) för provtagning av bottenfauna. Provtrålningslokaler på 2, 4, 6, 8, och 10 meters djup (heldragna linjer). De tjocka linjerna runt sjön är invallningar.

Vid punkt ett togs vatten från den översta metern, vid punkt två vatten från nivån 1-2 meter osv. Vatten från 1-5 meter respektive 5-10 meter sammanfördes till två sammelvprov. Proven filtrerades genom en planktonhåv med 150 μm maskor och fixerades med formalinlösning till 4%. Djurplankton analyserades med avseende på art, antal och medelstorlek.

Bottenfauna

Provtagning av bottenfauna utfördes den 25 april och den 29 augusti 1994, då vattenståndet var 20,80 respektive 19,75 m ö h. Längs med sex profiler fördelade över sjön (Figur 1) togs prov på nivåerna 19, 18, 17, 15, 13, 11 och 9 m ö h. Profilerna valdes för att få en mer övergripande uppfattning om sjöns bottenfaunasamhälle. Med en Ekmanhuggare togs ett prov per djup och profil (=sex replikat) som filtrerades genom ett såll med maskstorleken 0,5 mm. Djuren sorterades levande och frystes direkt i vatten (glattmaskar (*Oligochaeta* sp.) i 1% glutaraldehydlösning för att behålla form och vikt) för att senare räknas, vägas (våtvikt och torrsvikt (65 °C i 48 timmar)) och bestämmas till art eller grupp. Fjädermygglarver (Chironomidae) delades dessutom in i tre storleksklasser: små <7 mm, mellan 7-15 mm och stora >15 mm. Samtliga snäckor är vägda med skal medan dammmusslan *Anodonta cygnea* är vägda både med och utan skal. Husbyggare vägdes utan hus.

För att 1994 års resultat skulle bli jämförbart med tidigare års värden djupvägdes*) arternas abundans (individer/m²) och biomassa (våtvikt: g/m²; torrsvikt: g/m²). Vidare uteslöts 1994 två arter vid beräkning av den totala abundansen och biomassan - ett vattenkvalster (*Hydracarina*) och nymfen av vattenskinbaggen *Micronecta minutissima*, då vi bedömde att de inte inkluderats i de tidigare undersökningarna.

1983 utfördes en bottenfaunaundersökning i Vombsjön av Stellan F. Hamrin och Per-

Erik Larsson. Provtagningar gjordes den 16 mars och 30 augusti då vattenståndet var 20,59 respektive 19,65 m ö h. Prov togs längs med två profiler (motsvarande profil ett och fem 1994) på följande djup: 20, 19, 18, 17, 15, 12, 9, och 7 m ö h. Fyra prov per djup och profil togs (utom på 20 m i augusti då två prov togs) med hjälp av en rörhämtare. Proven sållades genom ett 0,55 mm såll. Organismerna plockades och frystes in i vatten. Troligtvis förstördes glattmaskarna från den 16 mars pga infrysningen. Glattmaskarna räknades direkt efter provtagning den 30 augusti. Proven räknades och vägdes (våtvikt). Vid provtagningen i mars vägdes endast fjädermygglarver. Vid augustiprovtagningen vägdes glattmaskar frysta.

Rådata från 1983 har använts i största möjliga mån vid beräkningar för att få jämförbara data med 1994. Abundansen för glattmaskar i augusti 1983 har tagits från rapporten av Stellan F. Hamrin (1983). Därefter har dessa abundansvärden även använts för våren för att ha något mått även om det troligtvis är underskattat. Våtvikt för glattmaskar har beräknats med hjälp av vårens respektive höstens medelviker från 1994. Biomassa för organismerna (utom fjädermygglarver) tagna i mars har beräknats med hjälp av våtvikter från augustiprovtagningen.

För att se om någonting förändring har skett i bottenfaunasamhället från början av 70-talet har abundansvärden konstruerats utifrån Hans Berggrens undersökningar 1969-71 (Berggren, H. 1970, 1971 och 1974). Prov togs längs med samma profiler som 1983. Fyra prov per djup och profil togs 1969 med Ekmanhuggare och därefter med rörhämtare. För att konstruera ett vårmedelvärde användes värden från profil ett i mars 1970 och april 1971. Båda profilerna i augusti 1969 och profil ett i augusti 1971 användes för att konstruera ett höstmedel. Därefter har årsmedel beräknats.

Materialet från 1969-71 och 1983 har härefter bearbetats på samma sätt som för 1994.

Bentiskt fisksamhälle

Det pelagiska/bentiska fisksamhället i Vombsjön undersöktes med trålfångat material. Sjön provtrålades vid fyra tillfällen under 1994 - den 2 juni, 7 juli, 23 augusti och 25 oktober. Partrålning gjordes på 2, 4, 6, 8 och 10 meters djup (Figur 1) med en förminskad

*) Eftersom lika stor yta provtagits per djup stämmer inte den totala provansträngningen överens med sjöns morfometri. För att erhålla ett jämförbart mått djupvägdes därför bottenfaunans abundans och biomassa, vilket innebär att antal, vikt etc per ytenhet multipliceras med respektive djups andel av totala bottenytan.

silltrål. Trålen var 17 meter lång, hade fem meter långa armar och 264 maskor längs öppningen. Minsta maskstorlek i kalven var 11 mm. Trålningen skedde med en hastighet av en meter per sekund (ca två knop). Två drag à 10 minuter gjordes. Trålfångsten anges i fångst per ansträngning (CPUE=Catch Per Unit Effort, kilogram fisk per 20 minuter). Fisken artbestämdes, räknades, mättes och vägdes. Fångsterna djupvägdes enligt ovan med hänsyn tagen till rådande vattenstånd. För senare eventuell ålders- och tillväxtanalys insamlades under oktoberfisket fjäll från fisken. Även fiskmagar togs för eventuell analys av födoinnehåll.

1983 trålade man den 2 juni, 22 juli, 14 september och 8 november på djupen 4, 6, 8, 10, 12 och 14 meter. I juli trålades på 7 meter istället för 6 och 8 meter och i november trålades på 13 meter istället för på 12 och 14 meter. Vid trålningen användes en mindre silltrål. Dess längd var 20 meter och vingarnas längd vardera 5 meter. Maskstorleken i kalven var 5 mm och hastigheten var 3 knop. Varje djup trålades en gång under 15 minuter. Fiskfångsten mättes och vägdes utom i juli då den endast vägdes. Utifrån rådata från 1983 har fiskfångsten omräknats till CPUE/20 minuter och beräkningar har gjorts på samma vis som för 1994.

För att undersöka det litorala fisksamhället med avseende på art och längdfördelning elfiskade man från båt vid två tillfällen, den första september och den 28 oktober 1994, i sjöns sydöstra del och i Björkaåns mynning. Habitatet indelades i vegetationstäthet 1 till 6: 1=sand, 2=öppning i vegetation, 3=träd, 4=submers vegetation, 5=bladvass och 6=*Sparganium* sp. (igelknopp). För varje dopp artbestämdes och mättes fiskarna och vegetationstyp noterades.

Fiskyngel

Provtagning av fiskyngel gjordes vid sex tillfällen under sommaren 1995 (18 maj, 7 juni, 27 juni, 18 juli, 24 augusti och 21 september). En yngelhäv med 500 μm maskor (maj och juni) resp 1 mm maskor (juli, augusti och september) drogs på en halv till en meters djup mellan två båtar. Den 18 maj och den 7 juni trålades ynglen dagtid och vid de övriga tillfällena en timme efter solnedgången. Trålning skedde litoralt över fyra meters djup längs östra och västra stranden och pelagialt

över 11-14 meters djup mitt i sjön. Ynglen bestämdes till art, räknades och mättes och antal fångade yngel per 100 meter beräknades. En icke-parametrisk test gjordes (Kruskal-Wallis ANOVA, median test, poissonfördelning) för jämförelse av den litorala och pelagiala fångsten.

För att undersöka ynglens val av föda öppnades ett antal yngelmagar och innehållet analyserades med avseende på art eller grupp och antal i förhållande till ynglets längd och art.

Primärproduktion

För beräkning av Vombsjöns primärproduktion gjordes *in situ* experiment med ^{14}C -metoden (se Lindell & Tranvik 1994). Var tredje till var fjärde vecka från slutet av april till slutet av oktober placerades transparenta glasflaskor med 20 ml sjövattnet med en lösning av ^{14}C på olika djup (0,2, 0,5, 0,75, 1,0, 1,5, 2,0, och 3,0 meter) under fyra timmar (klockan 10:00-14:00, sommartid 11:00-15:00). För att vidare kunna analysera det upptagna kolet i plankton större än 45 μm filtrerades vattnet genom ett membranfilter med porstorleken 45 μm . Den upptagna mängden radioaktivt kol i fraktionerna större än 45 μm mättes i vätskescintillator. Upptaget beräknades i milligram kol per kubikmeter och timme.

Fosforbudget för Vombsjön 1995

En översiktlig balansberäkning av totalfosfor i Vombsjön under 1995 gjordes med hjälp av tre komponenter.

Transport av fosfor till och från Vombsjön

Vombsjöns tillförsel av totalfosfor genom tillflöden respektive borttransport genom utflödet och Vombverkets uttag av vatten.

Värden för den månatliga transporten av totalfosfor i Vombsjön 1995 erhöles ur Svelabs rapport Kävlingeån 1995. Månadsvärdet är ett medelvärde av fyra provtagningar. Tillförseln utgörs av Björkaån, Övedsbäcken, Torpsbäcken, Hjälmarsbäcken, Borstbäcken, Djurgårdsbäcken och invallningspumpstationen söder Björkaån. Bortförsel av fosfor utgörs av Vombsjöns utflöde i Kävlingeån samt Sydvattnets uttag till Vombs vattenverk.

Läckage av fosfor från Vombsjöns sediment

Läckage av fosfor från Vombsjöns sediment under 1995 beräknades utifrån ett laboratorieexperiment med sedimentproppar från Vombsjön och en kartering av sedimentens andelar av organiskt respektive oorganiskt material.

a) Ett experiment utfördes i laboratorium under oktober-november 1995 (Jonas Svensson, Limn. avd., Lunds Universitet) med avsikt att bestämma sedimentets läckage av fosfor till ovanliggande vattenmassa. Studien gjordes med ostörda sedimentkärnor (diameter = 75 mm) insamlade från båt med sediment-hämtare (Limn. Avd., Lunds Universitet; konstr. L. Okla) från Vombsjöns sediment under första delen av oktober 1995. Sedimentkärnor togs på 5, 7, 10 och 14 meters djup (Figur 1) i replikat om fem. Förekommande bottenorganismer togs ej bort.

På laboratorium överfördes fyra kärnor från varje djup till ett i konstantrum uppställt genomflödessystem. Filtreerat (GFC) och kontinuerligt luftbubblat Vombsjövatten cirkulerades över sedimentkärnorna med ett flöde av $44,4 \pm 5,8$ ml per timme. Ledningsförmågan i det inflödande vattnet var 28,8 mS/m och pH var 8,2. Prov togs av inflödande och utflödande vatten och dess koncentration av ammonium, syrgas samt löst ortofosfat (PO_4 -P) analyserades. Ammonium och fosfat analyserades med spektrofotometriska metoder (svensk standard) och löst syre mättes direkt på utflödande vatten med makrosyrgas-elektrod. Ammonium och syrgas analyserades en till två gånger dagligen för att avgöra om de mikrobiella processerna var i jämvikt. Först vid ett jämnt utflöde/upptag av ammonium eller upptag av syrgas togs prover för analys av fosfat.

Resterande kärnor inkuberades i 10 °C i minst 10 dagar. Beroende på övriga parametrars stabilitet valdes därefter under de fem till sex sista dagarna fyra i tiden sammanhängande prover och analyserades på löst fosfat. Därefter höjdes temperaturen i konstantrummet till 18 °C och samma kärnorgenomgick samma förfarande som vid 10 °C. Upptag/frisläppning av fosfat ($\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{timme}$), ammonium ($\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{timme}$) respektive syrgas ($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{timme}$) beräknades enligt formeln

$$Flux = (V_f / A) \cdot (C_{ut} - C_{in})$$

där V_f är flödet över sedimentytan, A är arean av sedimentkärnans yta, C_{in} och C_{ut} är kon-

centrationen av fosfat, ammonium eller syrgas i inflödande respektive utflödande vatten.

Efter uttag av prov vid respektive temperatur kopplades genomflödessystemet bort och varje individuell kärna bubblades med luft direkt till vattenfasen över sedimentet vilket garanterade 100% syrgasmättnad. Provtogs här direkt ur vattenfasen före och efter inkubering under kontrollerat tidsintervall (15-19 timmar). Fluxen av fosfor ($\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{timme}$), beräknades i detta försök enligt formeln

$$Flux \text{ av } PO_4\text{-P} = [(PO_4\text{-P} \text{ (ink.tid} = 0 \text{ t)} - PO_4\text{-P} \text{ (ink.tid} = 15\text{-}19 \text{ t)}) \cdot V_v] / (A \cdot Dt)$$

där A är arean av kärnans sedimentyta, V_v är volym vatten över sedimentet och $ink.tid$ är inkuberingstiden i timmar.

Avslutningsvis avskildes de översta två centimetrarna sediment med en sediment-skivare från två proppar från varje djup. Det avskilda sedimentet centrifugerades därefter och interstitialvattnet analyserades med avseende på totalhalterna järn, kalcium, kisel och löst ortofosfat.

b) För beräkning av hela sjöns läckage av fosfor från sedimenten under 1995 antogs förhållandet mellan vattentemperatur och läckage vara linjärt (jfr Söndergaard 1989, Jensen & Anderssen 1992) vid temperaturer över 10 °C och konstant vid temperaturer under 10 °C. Vattnet antas vara mättat med syre. Fosforläckaget från sedimentkärnor tagna vid 5 meters djup antogs representera läckaget mellan 0-5 meter, 7 m representerar läckaget vid 5-7 m, 10 m representerar läckaget vid 7-10 m och 14 m representerar läckaget vid 10-14 m.

c) Andelen organiskt respektive oorganiskt material i Vombsjöns sediment karterades på hösten 1995 (2-10 oktober). Längs med elva transekter och på varje meters djup togs sediment från det översta lagret med en Ekmanhuggare. Ca två deciliter sediment torkades i 105 °C i 24 timmar och torrvikten noterades. Därefter brändes proven i 450 °C i minst två timmar. Glödförlusten motsvarade det organiska materialet och glödresten den oorganiska. Bottnar med lägre organisk halt än 10% antogs inte läcka någon fosfor till vattnet.

Fiskens exkretion av fosfor

Exkretion av fosfor från fisken i Vombsjön under 1995 har beräknats med hjälp av 1) hastigheten av fosforläckaget som en funktion av fiskens storlek, 2) en korrektion för Vombsjöns månadsmedeltemperatur och 3) en uppskattning av mängden fisk i Vombsjön.

1) I Brabrands försök (Brabrand et al 1990) med mört från Gjersjøen var förhållandet mellan hastigheten av fosforläckaget (P : $\mu\text{g PO}_4 \cdot \text{hr}^{-1} \cdot \text{gram}^{-1}$) och fiskens våtvikt (W , gram) $P = 12,4 \cdot W^{-0,47}$. Mer än 70% av små och stora mörtindividers maginnehåll i Gjersjøen bestod av sediment. I Gjersjøen läckte fisk som livnärde sig på djurplankton mindre än en tredjedel fosfor jämfört med fisk som åt sediment.

Vi antog ett lägre läckage, $P = 10 \cdot W^{-0,47}$ vid 17 °C, för Vombsjöns fisk än den för mörtten i Gjersjøen på grund av en högre andel

djurplankton i födan. Läckaget per 5 cm-klass av mört respektive braxen kalkylerades.

2) Fiskens exkretionshastighet (R) korrigerades för månadsmedeltemperaturerna i Vombsjöns vatten med Perssons (1982) ekvation: $R = 0,032 \cdot e^{0,115 \cdot T}$ ($T = 17$ °C).

3) För beräkning av det totala fosforläckaget per månad från fisk i Vombsjön antogs den totala mörtfiskbiomassan vara 100 kg per hektar eller 124 ton. Detta är ett lågt värde (Finjasjön omkring 500 kg/ha) baserat på de låga fångsterna vid trålningen. Med hjälp av viktfordelningen av mört och braxen i 1994 års provfiske och förhållandet mellan vikt och längd för dessa arter, fördelades de 124 000 kilona på 5 cm-klasser. Mängden fisk i varje storleksklass multiplicerades med läckaget per längdklass och korrigerades med exkretionshastigheten för månadens medeltemperatur i vattnet.

Resultat

Vattenkemi

Vattenståndet under 1994 (Figur 2) varierade med en amplitud på 1,7 m. Det högsta vattenståndet uppmättes i mitten av mars (21,3 m ö h) och det lägsta i mitten av september (19,6 m ö h). Årsmedelvärdet var $20,5 \pm 0,4$ m ö h. Under 1995 (Figur 2) var vattenståndsvariationen nästan 2,4 m. I början av året uppmättes det högsta ståndet på 21,1 m ö h. Därefter sjönk det och i slutet på året var det endast 18,7 m ö h.

Vattentemperaturen i Vombsjön var under 1995 i genomsnitt $10,5 \text{ }^\circ\text{C}$ (4-10 m över djuphålan) (Figur 3). Den 10:e augusti uppmättes den högsta temperaturen på $21,4 \text{ }^\circ\text{C}$. Som kallast var vattnet $1,8 \text{ }^\circ\text{C}$ den 30 januari 1996. Någon nämnvärd temperaturskiktning förekom ej under sommarperioden. Den 10:e augusti var skillnaden mellan yt- och bottenvatten $1,6 \text{ }^\circ\text{C}$.

pH i Vombsjön varierade mellan 7,79 och 8,63 under 1995-96 och medelvärdet var 8,33 (Figur 4). Medelvärdet för alkaliniteten var 2,49 mekv/l. Ett högsta värde på 2,80 mekv/l uppmättes i mitten av maj. De lägsta värdena noterades i augusti-september (2,19 mekv/l) (Figur 4).

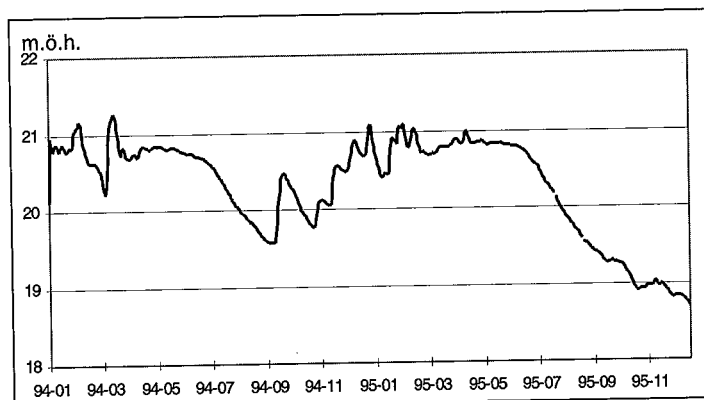
Medelvärdet för konduktiviteten var under 1995 $31,6 \text{ mS/m}$ med ett maximum på $34,5 \text{ mS/m}$ i slutet på juni och ett minimum på $28,5 \text{ mS/m}$ den 25 september (Figur 5).

Halterna av organiskt och oorganiskt material var relativt konstanta under hela året (Figur 6). Medelvärdet för organiskt material var 68 mg/l och för oorganiskt 182 mg/l .

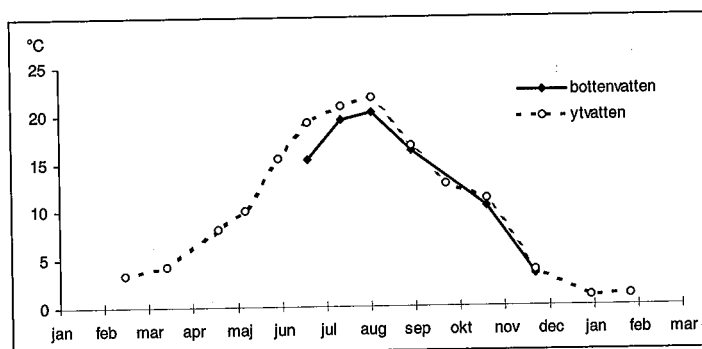
Vombsjöns siktdjup (Figur 7) varierade stort under hela året, men understeg en meter endast i september (5 september - 93 cm; 29 september - 82 cm). Mängden klorofyll-a korrelerade omvänt med siktdjupet och var 48 mg/l i slutet på september (Figur 7). Medelvärdet för klorofyll a under 1995-96 var $19,4 \text{ mg/l}$. Den lägsta halten klorofyll ($5,3 \text{ mg/l}$) uppmättes i slutet på februari.

Den största grumligheten (Figur 6) noterades liksom klorofyll-a i slutet på september (30 JTU). Medelvärdet under 1995-96 var $10,5 \text{ JTU}$ och minimum uppmättes i början på juni ($3,1 \text{ JTU}$).

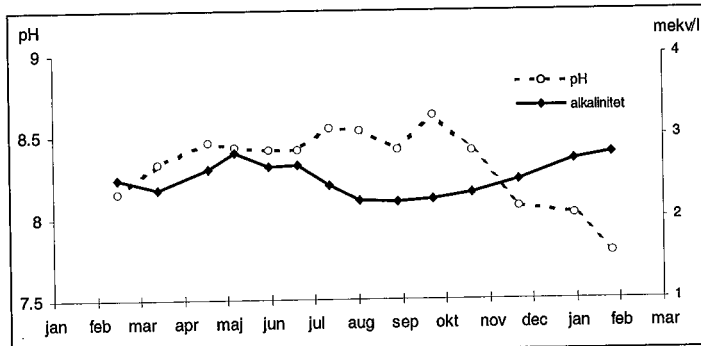
Halten fosfatfosfor (Figur 8) var relativt låg under den första halvan av året (medelvärdet = $10 \text{ } \mu\text{g/l}$), ökade därefter tiofalt till 98



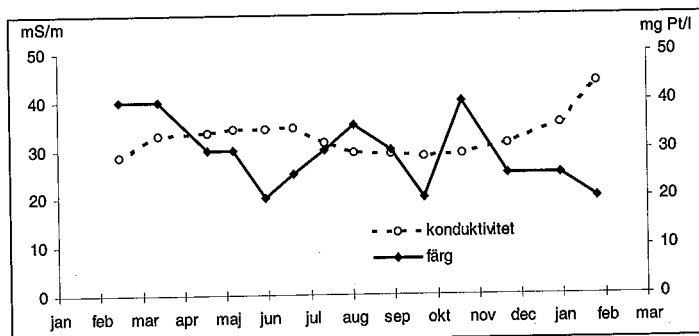
Figur 2. Vattenståndet (meter över havet) i Vombsjön 1994-95. Värden erhållna från Vombs vattenverk.



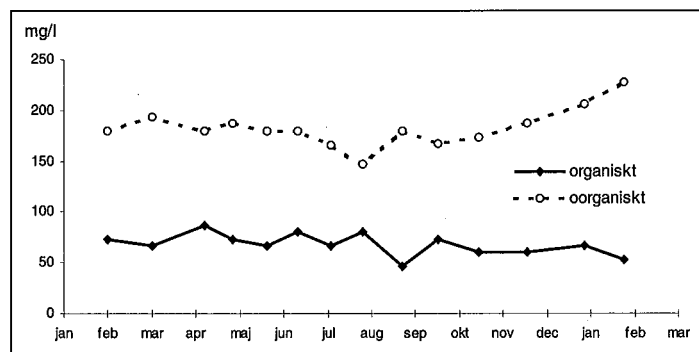
Figur 3. Temperatur i Vombsjöns vatten vid ytan och botten (14-15 m) under 1995.



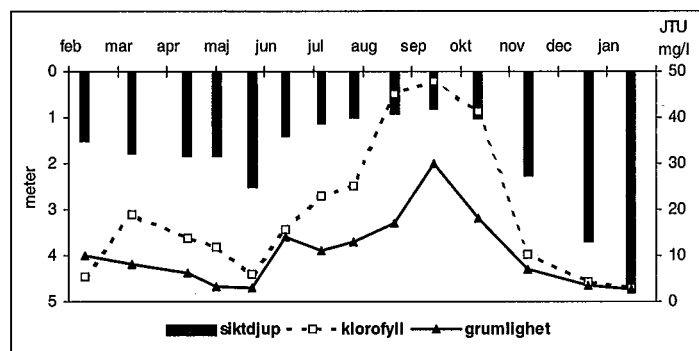
Figur 4. Alkalinitet (mekv/l) och pH i Vombsjön under 1995.



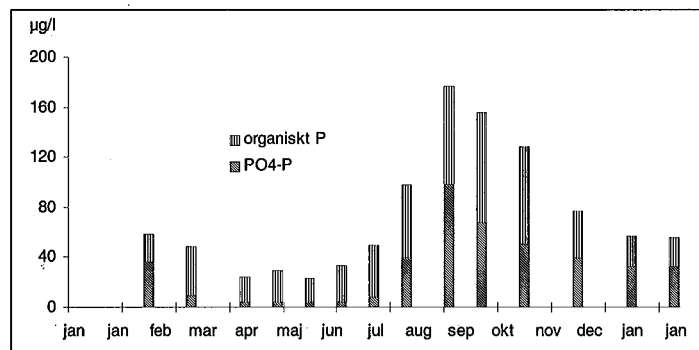
Figur 5. Konduktivitet (mS/m) och färg (mg Pt/l) i Vombsjön under 1995.



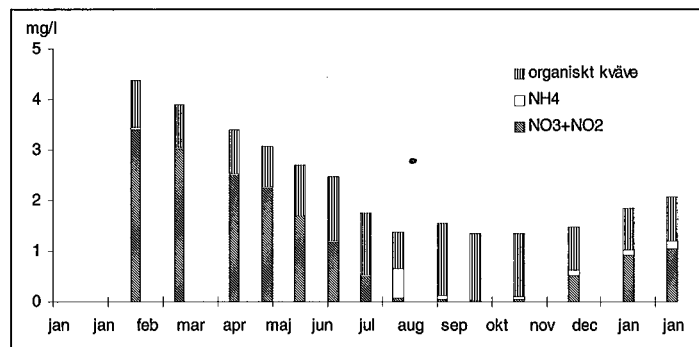
Figur 6. Halterna av organiskt och oorganiskt material (mg/l) i Vombsjöns vatten 1995.



Figur 7. Siktdjup (m), klorofyll-a (mg/l) och grumlighet (JTU) i Vombsjön 1995.



Figur 8. Organiskt fosfor och fosfatfosfor (µg/l) i Vombsjön under 1995.



Figur 9. NO₃- och NO₂-kväve, NH₄- och organiskt kväve (mg/l) i Vombsjön under 1995.

µg/l i slutet på september för att sedan sjunka till 32 µg/l den 30 januari. Halten totalfosfor varierade mellan 0,18 mg/l (5:e september) och 0,023 mg/l (8:e juni) (Figur 8). Medelvärdet för 1995-96 var 0,072 mg/l. Sannolikt var Vombsjöns produktion inte begränsad av tillgången på fosfor.

De högsta halterna nitrat- och nitritkväve (Figur 9) uppmättes i början på året (3,4 mg/l den 24:e februari) och var som lägst under sommar och höst. Det lägsta värdet på 0,015 mg/l noterades mot slutet på september varefter det ökade mot slutet av året (0,5 mg/l den 27:e november). Medelvärdet för 1995-96 var 1,2 mg/l. Sannolikt var produktionen begränsad av tillgången på lättlösligt kväve fr o m augusti. Ammonium-kvävehalten varierade kraftigt under året (Figur 9) mellan 0,001 till 0,092 mg/l med ett mycket högt värde, 0,58 mg/l, den 10:e augusti. Provet är antingen kontaminerat eller så var bottenvattnet anoxiskt under en kort period. Medelvärdet för 1995-96 exklusive den 10:e augusti var 0,05 mg/l. Halten organiskt kväve (Figur 9) var som lägst 0,72 mg/l i augusti och steg upp till 1,4 mg/l i september. Under 1995 var medelvärdet 1,0 mg/l.

Långsiktiga förändringar

I praktiskt taget samtliga skånska sjöar har en märkbar eutrofiering inträffat under efterkrigstiden, vilket i sjöar som Ringsjön och Finjasjön lett till omfattande restaureringsåtgärder. Anmärkningsvärt nog kan en sådan utveckling inte ens skönjas i Vombsjön (Figur 10, 11, 12). Både grumligheten och siktdjupet har varit oförändrade sedan 1930-talet. Närsalthalter i sjön 1968-95 (Figur 12), tyder snarast på en viss förbättring, genom att de högsta värdena efterhand försvunnit. Koncentrationerna av närsalter och växtplankton i sjön är tidvis höga liksom den externa tillförseln av fosfor och kväve. Bristen på förändring i sjön bör därför i första hand tolkas som att Vombsjön redan på ett tidigt stadium var eutrofierad.

Växtplankton

Växtplanktonbiomassan var som lägst 0,19 mg/l i januari medan den största biomassan (12,36 mg/l) uppmättes i oktober. Medelvärdet för perioden var 5,3 mg/l (Figur 13).

Till och med juni dominerades växtplanktonsamhället nästan helt av kiselalger

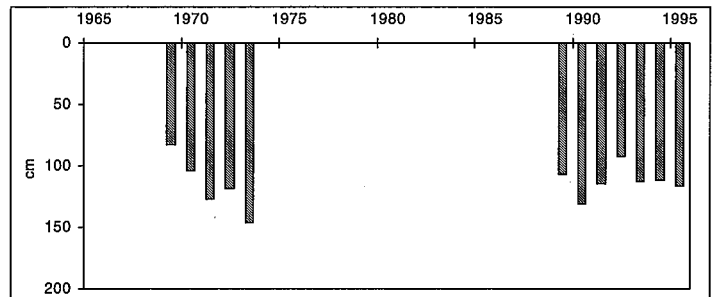
(Figur 13 och 14). Den dominerande arten i februari och mars var *Aulacoseira* spp. (88% av biomassan). I april dominerade *Stephanodiscus* sp. (67%) jämte kiselalgerna *Aulacoseira* spp. och *Asterionella formosa* samt små monader. I maj var kiselalgerna nere i 0,9 mg/l och dominerades av *Chrysochromulina parva* (drygt 70%). I slutet av juni och i juli bestod växtplanktonsamhället av pansarflagellater, kiselalger, rekylalger och de från och med nu snabbt ökande blågröna alger. Från slutet av augusti till november dominerades växtplanktonsamhället helt av blågröna alger, främst *Microcystis* spp. Årets högsta biomassa uppmättes i slutet av oktober (12 mg/l) och bestod till 98% av blågröna alger. Dominerande arter var *Planktothrix agardhii* och *Microcystis* spp.

Primärproduktion

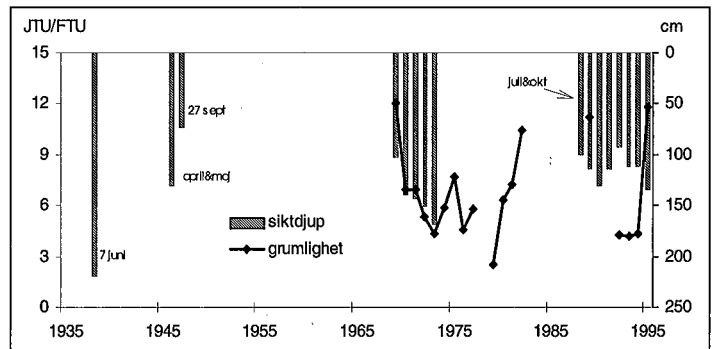
Primärproduktionen i Vombsjön var högst på omkring 0,5 m djup och mycket låg redan på 2-3 m djup beroende på den höga växtplanktonbiomassan (Figur 15). De högsta produktionsvärdena uppnåddes under perioden mellan mitten av juni och början av september, då produktionen uppgick till över 200 mg C/m²·hr. Detta motsvarar över 2 g C/m²·dygn eller 60g C/m²·månad. Den totala årsproduktionen kan uppskattas till omkring 600 g C/m², vilket är ett högt värde. Liknande produktionsvärden uppmättes på 1970-talet (Gelin 1975). Detta innebär i runda tal att den årliga produktionen av växtplankton uppgår till 6 hg växtplankton per m² eller 6 000 ton per år.

Rotatorier

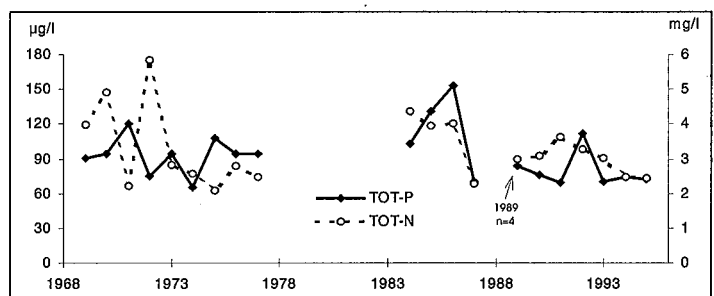
Vombsjöns rotatoriebiomassa nådde två toppar under 1995 (Figur 16). I maj var deras sammanlagda biomassa som högst under året (24,3 µg/l). Den andra toppen inträffade mot slutet av året och i början på 1996 då biomassan var 15,1 µg/l. Den dominanta familjen under vår och höst var *Keratella*, varav *Keratella quadrata*, som trivs bra i eutrofa vatten, utgjorde nästan 100% av biomassan. I juni bestod biomassan till fyra femtedelar av arten *Pompholyx sulcata* som också indikerar eutrofa vatten. I slutet på juli dominerade arten *Trichocerca capucina* och i augusti var *Conochilus unicornis* mest frekvent. Även *K. quadrata* och *Polyarthra* spp. var då vanligt förekommande. I början på september



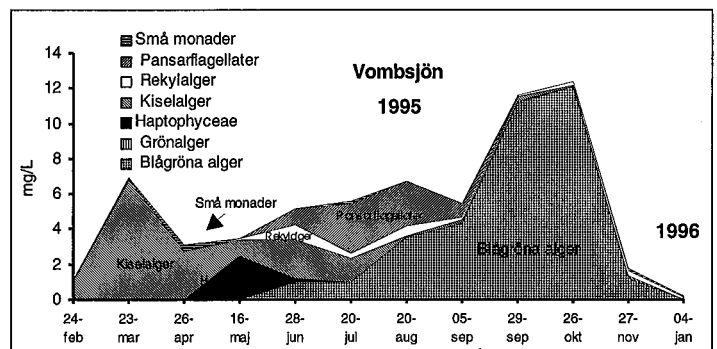
Figur 10. Årsmedelvärde av siktdjupet i april-oktober 1969-95 (n=7/år). (Data från 1969-94 ref 1 och 2.)



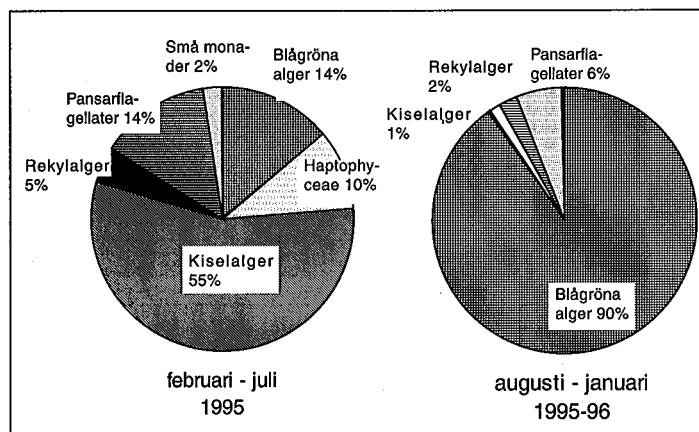
Figur 11. Årsmedelvärden för siktdjup (m) och grumlighet (JTU/FTU) i Vombsjön under 1900-talet. För siktdjup är n=7 fördelade över året utom 1938 (n=1), 1946 (n=2), 1947 (n=1) och 1988 (n=2). (Data från 1969-94 ref 1 och 2.)



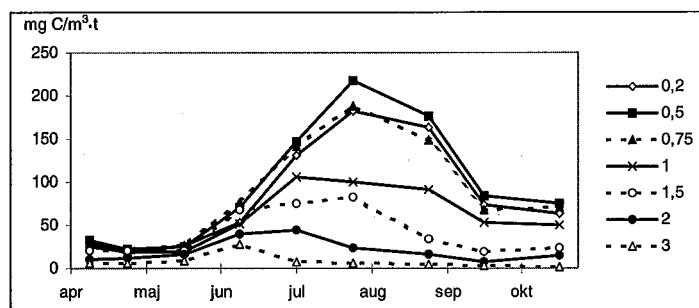
Figur 12. Halter av totalfosfor (µg/l) och totalkväve (mg/l) fr o m 1969. 1989 års värden är baserade på fyra mätningar (januari-oktober) medan övriga värden är baserade på minst fem mätningar under ett år. (Data från 1969-94 ref 1 och 2.)



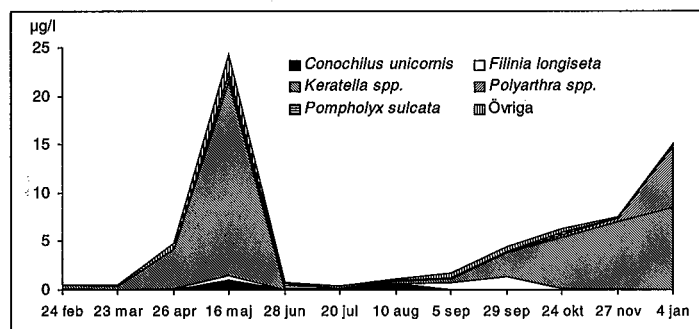
Figur 13. Växtplanktonbiomassa (mg/l) i Vombsjön 1995.



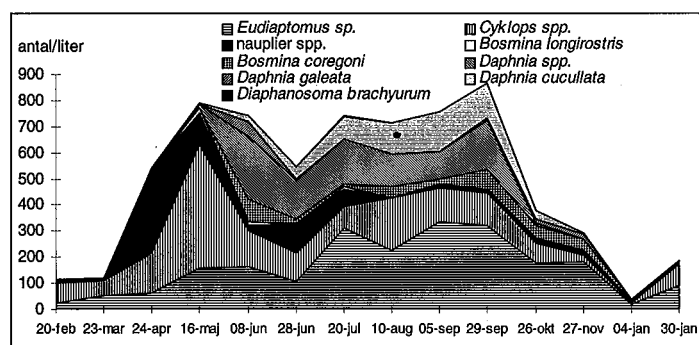
Figur 14. Den procentuella fördelningen av växtplanktonbiomassan i Vombsjön under februari-juli respektive augusti-januari 1995-96.



Figur 15. Primärproduktionen ($\text{mg kol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{timme}^{-1}$) i Vombsjön under perioden april-oktober 1995 på djup mellan 0.2 och 3 meter.



Figur 16. Rotatoriernas biomassa ($\mu\text{g/l}$) i Vombsjön 1995.



Figur 17. Djurplanktonsamhället i Vombsjön 1995.

utgjordes ungefär hälften av biomassan av *Filinia longiseta* och 20% av *K. quadrata*. I oktober-december fanns förutom *K. quadrata* (60-90% av biomassan) också *F. longiseta*, *Polyarthra* spp. och *P. sulcata*.

Planktivora crustacéer

Antalet pelagiska kräftdjur var under april-september ganska konstant med maximum i slutet av september med 869 individer per liter (Figur 17, 18, 19). Copepoder (inkl. nauplier) dominerade i antal under hela året utom den 8:e juni då grupperna *Bosmina* och *Daphnia* utgjorde mer än 50% av djurplanktonabundansen. Från februari till maj bestod mer än hälften av copepoderna av *Cyclops* sp. (63-484 ind/l) och de övriga copepoderna utgjordes av *Eudiaptomus* sp. (25-269 ind/l). Under resterande delen av året var förhållandet det omvända och *Eudiaptomus* sp. dominerade copepodsamhället. I medeltal var de 193 st per liter och *Cyclops* sp. 96 st per liter.

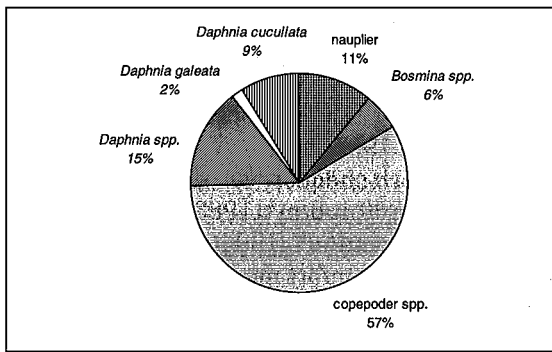
Den rikligast förekommande cladoceren var en eller två små obestämbara *Daphnia*-arter (hybrider?). Antalet under sommar och tidig höst var i medeltal 163 individer per liter. *Daphnia cucullata* förekom från maj till och med november med det största antalet i september (154 ind/l). *Daphnia galeata* förekom från april till juni med som mest 60 ind/l. Från september till januari var de inte lika frekventa (19 ind/l den 27/11).

Två arter av *Bosmina* förekom i Vombsjön, *Bosmina longirostris* och *B. coregoni*. Den förstnämnda förekom i början av sommaren (15 ind/l maj-juni). *B. coregoni* var i medeltal 43 ind/l från juni till november. *Diaphanosoma brachyurum* förekom endast vid provtagningen den 20 juli med 6 individer per liter.

Gruppen *Daphnia* var knappt en millimeter stora under större delen av 1995 (Figur 20). Medellängden av *Daphnia cucullata* och *D. galeata* var ca 0,9 mm. Som störst var *D. cucullata* 1,1 mm i mitten av juni. *D. galeata* var i slutet av november 1 mm lång. *Bosmina coregoni* och *B. longirostris* hade en medellängd på 0,57 resp 0,46 mm (Figur 21).

Bottenfauna

Under våren 1994 var faunans täthet ca 12 800 ind/m² (Figur 22, 23). Antalet fåborstmaskar ökade med djupet från nästan 500 ind/m² (19 m.ö.h.) till ca 19 000 ind/m² (9 m.ö.h.) med

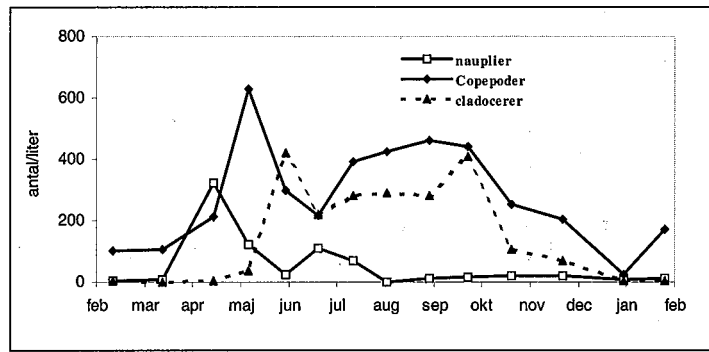


Figur 18. Fördelningen av antalet djurplankton i Vombsjön 1995.

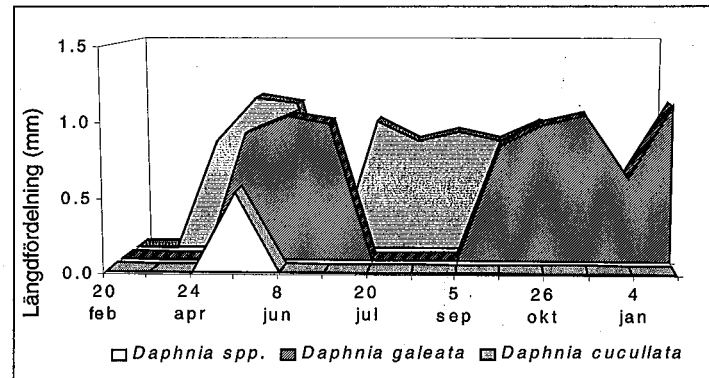
ett medelvärde på 9 600 ind/m². Fjädermygglarverna fördelade sig jämt (medel 2 900 ind/m²) ned till 8 m.ö.h. Ärtmusslan *Pisidium* sp. och kvalstret *Hydracarina* sp. hade också en jämn djupfördelning med medelvärden på 70 respektive 150 ind/m². Ned till djupet 15 m.ö.h. förekom dvärgbuksimmaren *Micronecta minutissima* med i genomsnitt 70 ind/m². Övrig fauna förekom i litet antal ned till 15 m.ö.h. (<30 ind/m²).

På hösten 1994 minskade det totala antalet individer till ca 7 900 per kvadratmeter (Figur 22, 23). Fåborstmaskarna var i medeltal färre (5 800 ind/m²) men hade samma spridning som på våren. Förekomsten av fjädermygglarver minskade från 2 900 ind/m² på våren till 17 ind/m² på hösten. Detta berodde främst på ett minskat antal på djupare vatten. Kräftdjuret och glacialrelikten *Pallasea quadrispinosa* förekomst på våren var 27 ind/m², men minskade på hösten till 1 ind/m². Ärtmusslan *Pisidium* sp. minskade i antal från vår till höst från 70 till 30 ind/m², medan dammusslan *Anodonta cygnea* ökade från 0 till 2 ind/m². De på våren sparsamt förekommande dag- och nattsländorna ökade på hösten sin täthet på grunt vatten mycket starkt (höstmedel: dagsländor 46 ind/m², nattsländor 15 ind/m²). Under hösten ökade också fjädergälsnäckan *Valvata piscinalis* på alla djup jämfört med vårens antal (4 till 13 ind/m²).

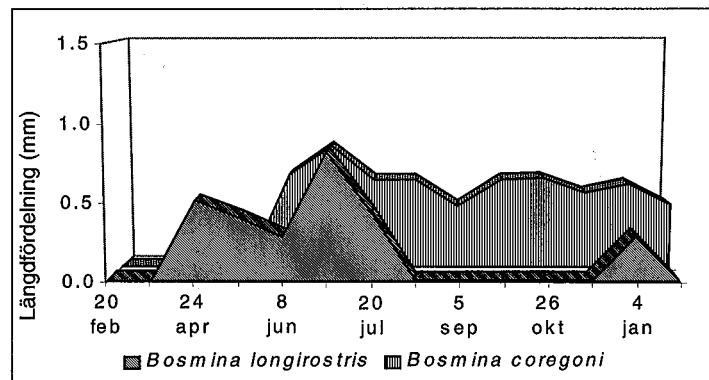
Om man jämför antalet bottendjur under perioden 1970-94 så uppgår de 1994 till ungefär samma antal som i den första undersökningen 1969-71 (medelvärde = 10 000 ind/m²). 1983 var medelantalet djur betydligt lägre; ca 3 000 ind/m² (Figur 23). 1994 var antalet fåborstmaskar ungefär lika många



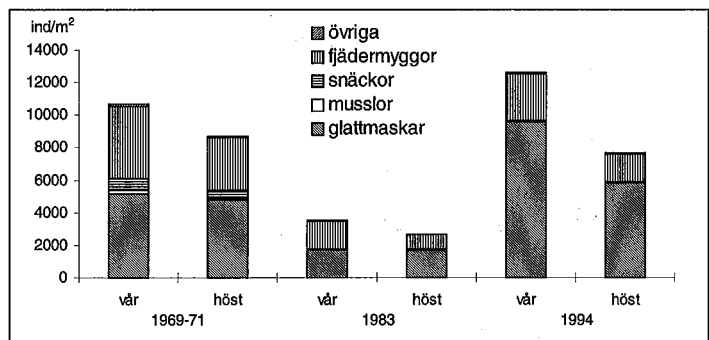
Figur 19. Antal cladocerer, copepoder och nauplier i Vombsjön 1995.



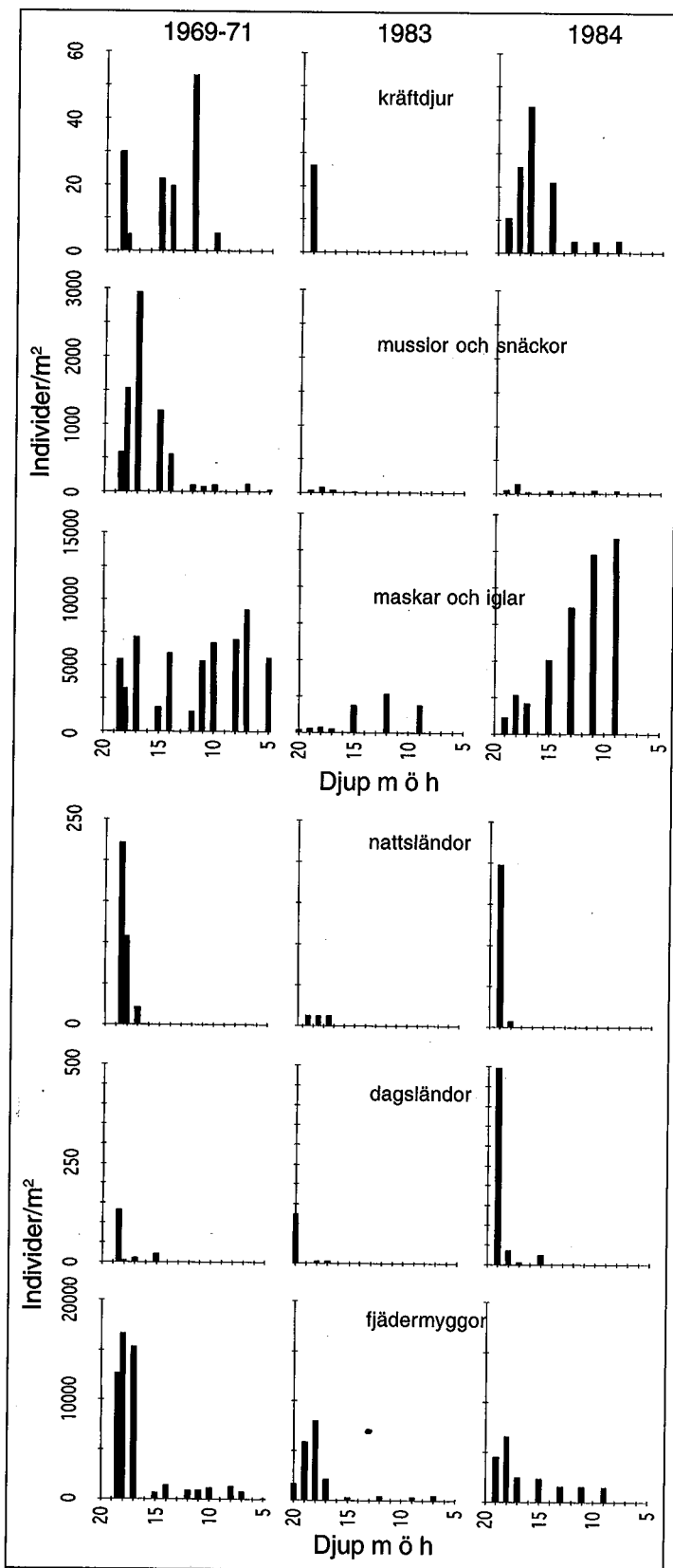
Figur 20. Längdfördelningen (mm) av *Daphnia* i Vombsjön 1995-96.



Figur 21. Längdfördelningen av *Bosmina longirostris* och *B. coregoni* i Vombsjön 1995-96.



Figur 22. Bottenfaunans abundans (ind/m²) i Vombsjön våren och hösten 1969-71, 1983 och 1994.

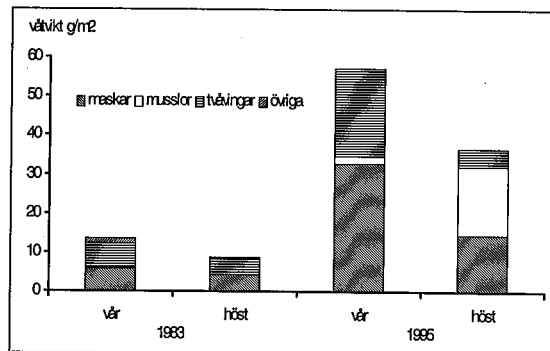


Figur 23. Djupfördelning av bottenfauna i Vombsjön (individer/m²) 1969-71, 1983 och 1994. För 1994 se även Tabell 7a och b.

som 1969-71 (ca 7 500 ind/m²), men betydligt lägre 1983 (2 500 ind/m²). Fjädermygglarverna däremot minskade från ca 15 000 ind/m² på grundare vatten 1969-71 till omkring hälften 1983 och 1994. Årsmedelvärdet av antalet musslor och snäckor var under åren 1969-71 omkring 800 ind/m². 1983 var årsmedelantalet ca 20 ind/m². 1994 fanns det något fler (60 ind/m²) jämfört med 1983. Jämför man 1994 med 1983 har dock musslan *A. cygnea* ökat något på alla djup. Dagsländan *Caenis* sp. som har förekommit sparsamt i tidigare undersökningar ökade till 500 ind/m² år 1994. Då fanns å andra sidan inga förekomster av dagsländan *Centroptilum luteolum*, som 1983 förekom i drygt 100 ind/m². 1969-71 är det okänt vilka arter som räknats. Dagsländor fanns dock inte något år djupare än 15 m.ö.h. Antalet nattsländor var ungefär detsamma 1969-71 och 1994, men betydligt lägre 1983 (200 resp 15 ind/m²). Kräftdjur förekom i ungefär lika stora mängder 1994 som 1969-71. Förekomsterna utgjordes mestadels av *P. quadrispinosa* och då på djup ned till 8 m.ö.h. 1983 var antalet kräftdjur ca 25 ind/m² och förekom då endast på mycket grunt vatten.

1994 var bottenfaunans biomassa på våren nästan dubbelt så stor som på hösten; 57 respektive 37 gram våtvikt per m² (Figur 24) och 5,4 respektive 2,6 gram torrsvikt per m². Mer än hälften av biomassan (våtvikt) på våren utgjordes av fåborstmaskar och 39% bestod av fjädermygglarver. På hösten var fåborstmaskarnas andel av biomassan lite mindre (39%). Dammusslornas våtvikt utgjorde då hela 48% och fjädermygglarverna 12%.

Sammanfattningsvis kan konstateras att bottendjurssamhället 1970 föreföll endast svagt påverkat av fiskpredation. 1983 var på-



Figur 24. Bottenfaunans våtvikt (g/m²) i Vombsjön våren och hösten 1983 och 1994.

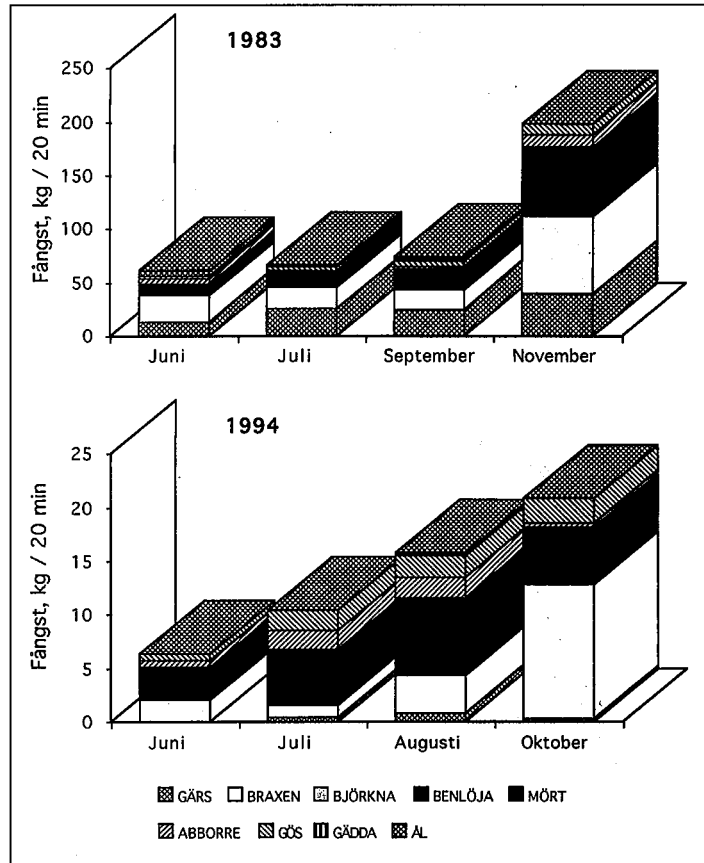
verkan som störst och nu (1994) har påverkan åter minskat utan att nå förhållandena omkring 1970.

Bentiskt fiskesamhälle

Fångsterna vid experimentell trålning (20 min) uppgick till mellan 7 och 20 kg. Detta är ungefär 90% mindre än vid trålningarna tio år tidigare (Figur 25, 26), vilket är mycket anmärkningsvärt och måste kommenteras speciellt. Vid tidigare trålningar användes en liknande trål, men försedd med 5 mm maskor i kalven istället för som nu 11 mm. Metodikstudier i Ringsjön har visat att fångsterna med den större maskstorleken ger tre gånger så stora fångster. Å andra sidan var trålhastigheten 1983 tre knop mot två knop under 1994. Prov har visat att den högre hastigheten inte ökar fångsterna av mörtfisk per tidsenhet. Däremot innebär fartskillnaden att den trålade ytan ökar med 50%. Då dessa skillnader i stort sett neutraliserar varandra har ingen korrektion skett för dessa skillnader. I övrigt har fisket skett på identiskt sätt. Vi betraktar det dock som mycket osannolikt att dessa eventuella skillnader kan förklara den betydande fångstminskning som inträffat under 1994. Vi utgår därför från att fiskesamhället under 1994 verkligen är mycket mindre än under 1983. Denna tolkning stöds också av de förändringar i t ex bottendjursamhället som inträffat mellan 1983 och 1994.

För att verifiera 1994 års siffror genomfördes förnyade provtrålningar under augusti 1995 (Figur 26). Fångstens storlek och sammansättning var då inte skild från fångsten under 1994, vilket visar att metodproblem inte torde vara orsaken till de låga värdena under 1994. Resultaten visar också att fiskesamhället inte ökat under 1995.

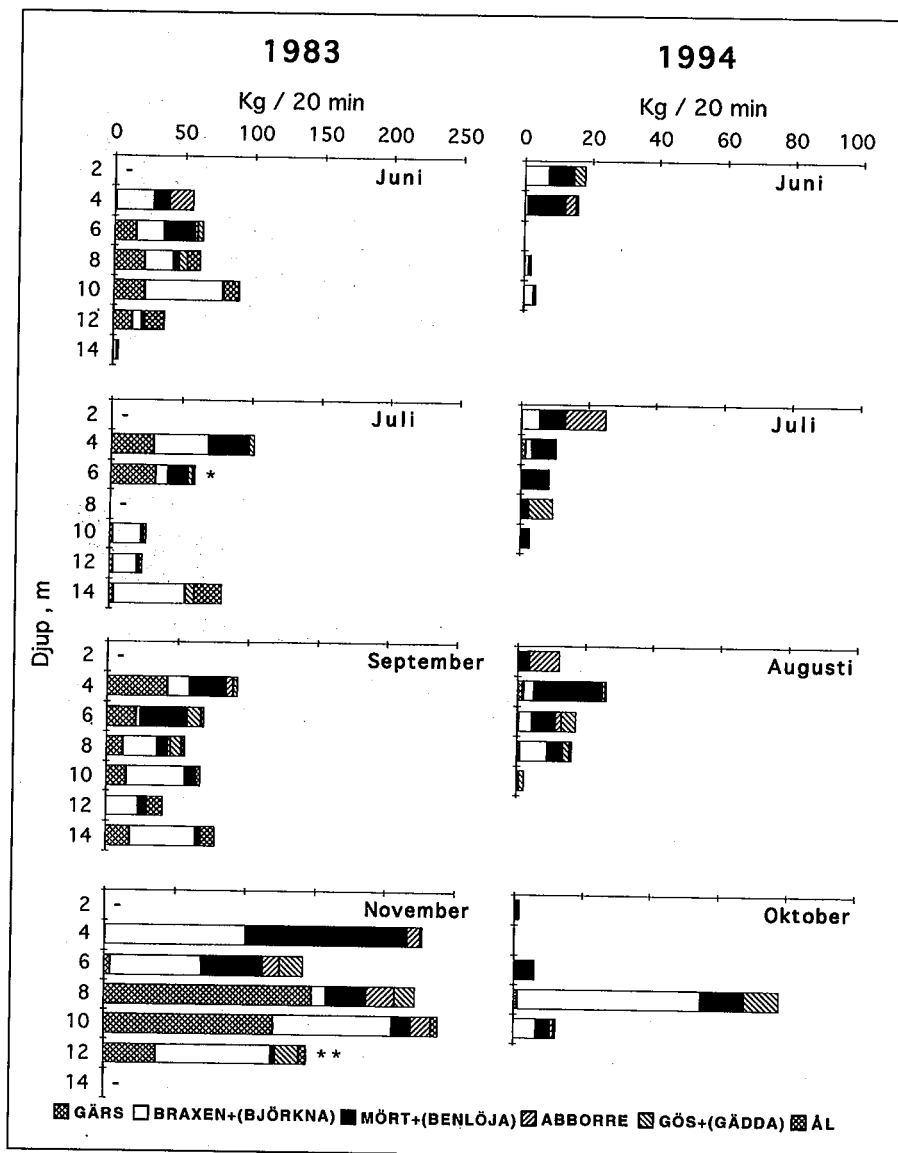
En starkt bidragande orsak till de lägre fångsterna under 1994 var den mycket kraftiga minskningen av mängden gärs (Figur 25, 26, 27). Under 1983 utgjorde gärsen 25% av fångsten, medan motsvarande värde under 1994 var ett fåtal procent. I övrigt var andelen braxen oförändrad medan alla övriga arter ökat relativt sett. I absolut mening har emellertid också beståndet av braxen minskat mycket starkt sedan 1983. Bortsett från minskningen i biomassa har också beståndets längd- (ålders-) sammansättning förändrats (Figur 28). Från att tidigare ha dominerats av individer över 400 mm (även antalsmässigt!),



Figur 25. Fångsternas storlek (kg/20 min) i Vombsjön 1983 och 1994 (djupvägda värden).

dominerades beståndet 1994 av storleksklasser omkring 250 mm. Under 1983 skedde inte någon märkbar tillväxt under perioden juni till oktober, men under 1994 ökade medel längden hos den nämnda storleksklassen från omkring 200 mm i juli till omkring 250 mm i oktober. Även detta tyder på att fiskbiomassan i Vombsjön var betydligt större under 1983. I övrigt var strukturen hos de olika fiskbestånden likartad mellan 1983 och 1994 bortsett från avsaknaden av större gös 1994 och förekomsten av en större mängd gösyngel samma år. Avsaknaden av större gös kan dock bero på den lägre trålhastigheten under 1994 som missgynnar fångsten av rovfisk.

Andelen rovfisk uppgick till omkring 25%, vilket är avsevärt mer än i exempelvis Ringsjön och Finjasjön före restaureringen. Under 1994 var fångsterna under sommaren störst på djup under 8 m och i oktober på 8-10 m (Figur 26). Under 1983 var fångsterna ungefär lika stora på alla djup, vilket också tyder på att fiskesamhället var större under 1983.



Figur 26. Djupfördelning av trålfångsten (kg/20 min) i Vombsjön 1983, 1994 och 1995. * = 7 meters djup; ** = 13 meters djup.

Under 1994 (Figur 25) dominerades fisk-samhället antalsmässigt av yngel av abborre, gös och i viss mån mört. Detta skiljer sig också i hög grad från tidigare förhållanden i Ringsjön och Finjasjön, där mörtfisk helt dominerade i de mindre storleksklasserna.

Fisksamhället i Björkaåns mynningsområde och i litoralzonen

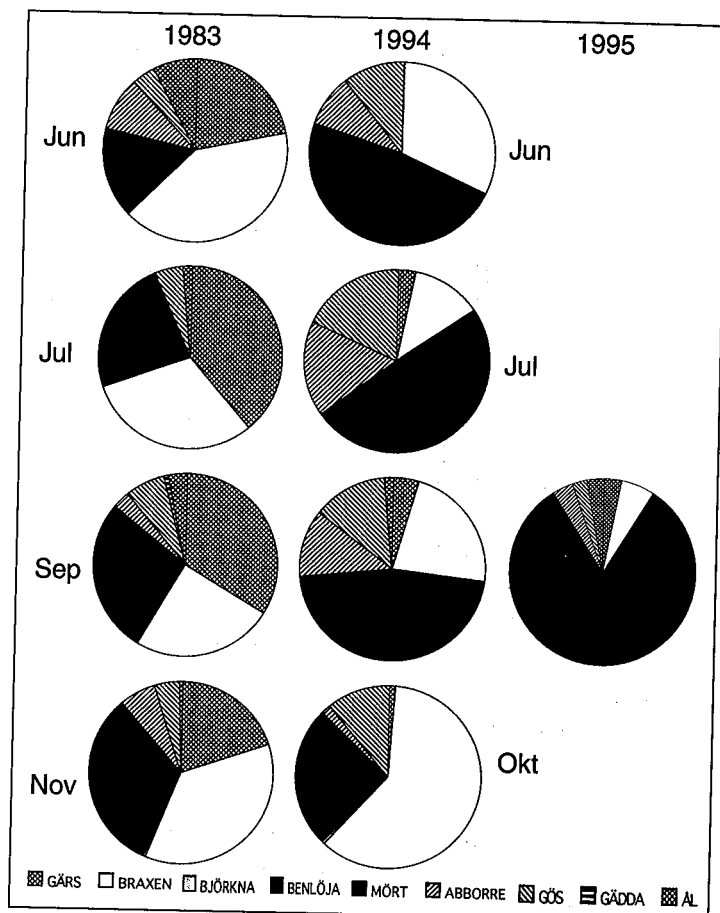
För att få en relativ uppfattning av fisk-samhällets sammansättning i områden där trålning inte var möjlig elfiskades i Vombsjöns sydöstra hörn och i Björkaåns mynning (Figur 29, 30). Av metodskäl valdes områden med olika grad av vegetationstäckning, men dessa områden representerar också de delar av sjön där yngel kan ansamlas. Predations-

trycket från fisk och fågel inom områden som saknar skyddande strukturer är alltför stort för att möjliggöra förekomst av små fiskar. Detta styrks också av att fångsten på öppna sandområden var 0, även om detta delvis förklaras med undvikandereaktioner pga båt och elfiskeaggregat.

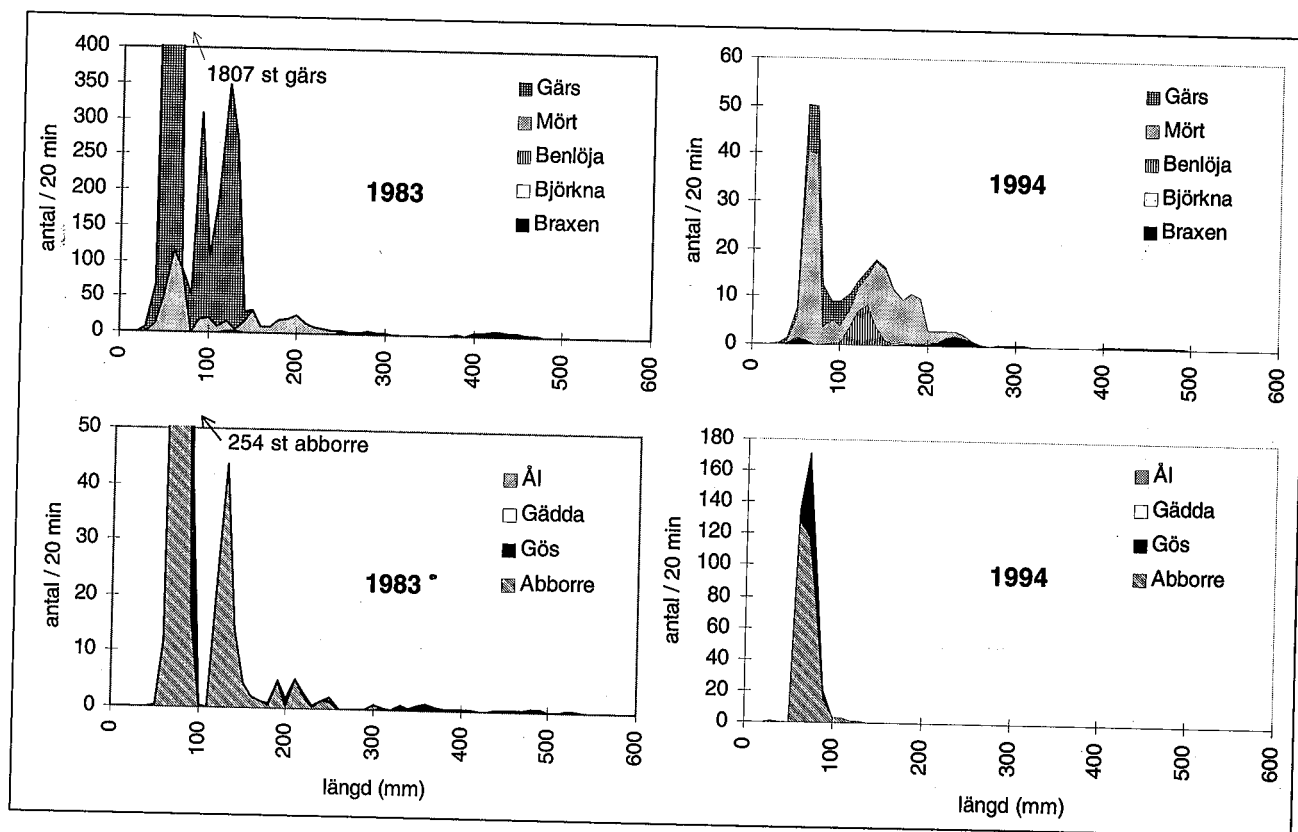
Litoralt dominerades fångsten av abborre och mört och på hösten benlöja. Medelstorleken hos abborre och mört var betydande och motsvarade storleken hos pelagialt fångad fisk (trålning). Det tycks uppenbart att det litorala fisk-samhället i huvudsak återspeglar delar av det pelagiskt förekommande samhället. Antalet års- och fjolårsyngel var mycket lågt och inte ens skyddade delar av strandzonen tycks erbjuda lämpliga habitat för fiskyngel.

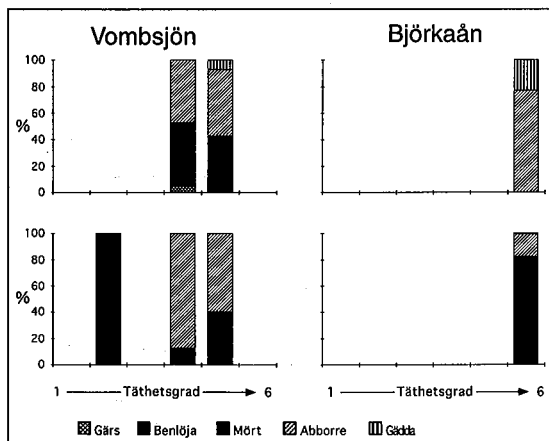
I Björkaåns mynningsområde upp till nedersta vandringshinder (lågvattnen) dominerades fångsten under hösten av unga exemplar av mört och abborre. De lägre fångsterna under sommaren kan bero på att fisket då enbart ägde rum i åns allra nedersta del. Vid höstfisket förekom dessutom mycket stora stim av yngel av sannolikt benlöja och mört i åns "pelagiska" delar samt ett betydande antal stora gäddor, vilka sannolikt prederade på nämnda stim. Av metodskäl kunde dessa pelagiska fiskar inte fångas med elfiske.

Figur 27. Viktfördelning (djupvägda värden) av trålfångsten i Vombsjön 1983, 1994 och 1995.



Figur 28. Längdfördelning av fångst per ansträngning (antal/20 minuter) i Vombsjön 1983 och 1984.





Figur 29. Andelar fisk per dopp vid elfiske i Vombsjöns litoral och i Björkaåns mynning 01.09 (överst) och 28.10 1994. Täckningsgrad 1-6: 1=sand, 2=öppning i vegetation, 3=träd, 4=submers vegetation, 5=bladvass och 6=Sparganium sp. (igelknopp).

Fiskyngel

Förekomst

De fiskyngel som fångades i Vombsjöns litoral och pelagial under 1995 var mört, abborre, gös och gärs. Mört, abborre och gös fångades

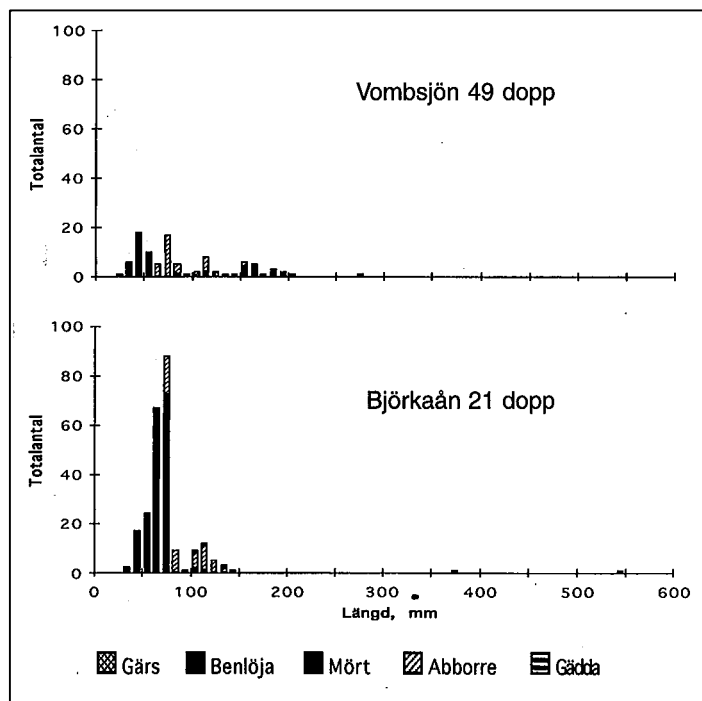
i pelagialen medan gärs även fångades i litoralen. Flest yngel trålades den 27 juni (Figur 31). Den största delen av denna fångst utgjordes av mört (63,1/100 meter) som inte förekommit under de två tidigare trålningstillfällena. Tre veckor senare var förekomsten av mört yngel ca 20 gånger mindre (2,9/100 meter) och den största fångsten togs då i litoralen. Abborryngel fångades vid alla tillfällena utom i september. Den 27 juni var förekomsten av abborre störst i pelagialen (6,6/100 meter) medan de under övriga trålningar förekom sparsamt i både pelagial och litoral (0,1-2,2 /100 meter). Gösyngel fångades vid de tre första tråltillfällena. Den 18 maj fanns ungefär 7,5 yngel per 100 meter i både litoral och pelagial. Den 7 juni fångades gösyngel i samma mängd i litoralen medan det i pelagialen endast fångades 1 per 100 meter. Den 27 juni trålades flest gösyngel i pelagialen (13,7 mot 2,7/100 meter i litoralen). Gärsyngel förekom vid alla tråltillfällen i både litoral och pelagial. Trålfångsten tenderade vara större i litoralen men endast den 24 augusti var skillnaden mellan fångst i pelagial och litoral signifikant.

Medellängd

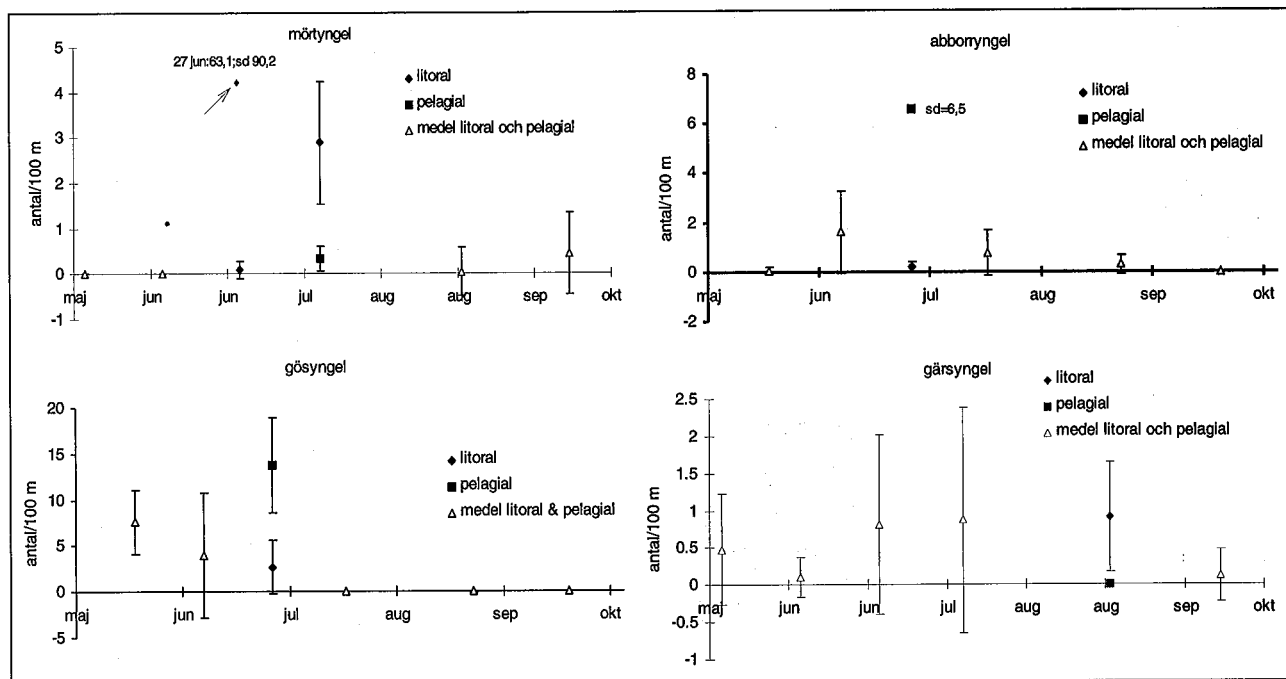
Ynglets längd har i första hand mätts för att underlätta artbestämningen. Mätningarna visar emellertid också att tillväxten hos ynglet är snabb och både mört och abborre uppnår en längd vid sommarens slut på 70-80 mm (Figur 32). Dessa värden är höga jämfört med andra sjöar och tyder på att konkurrensen är låg, dvs det totala antalet yngel i sjön är litet. Även tillväxten hos gärs är hög, vilket sammantaget gör att överlevnaden hos de yngel som finns i sjön under påföljande, ofta kritiska vinter, torde vara hög. Det hade varit intressant att följa tillväxten hos gös under sommarperioden, men tyvärr upphörde fångsterna redan i slutet av juni. Det är ovisst om detta beror på att ynglet dog/åts upp eller på att den använda metoden inte är lämplig för gös.

Födoval

Sammanlagt analyserades maginnehållet på 67 fiskyngel varav 16 mörtar, 20 abborrar, 14 gösar och 17 gärsar. Dessutom indelades mört, abborre och gärs i två storleksgrupper (0+ och 1+) (Figur 33).



Figur 30. Längdfördelning (mm) av det totala antalet elfiskade fiskar i Vombsjöns litoral och i Björkaåns mynning 1994.



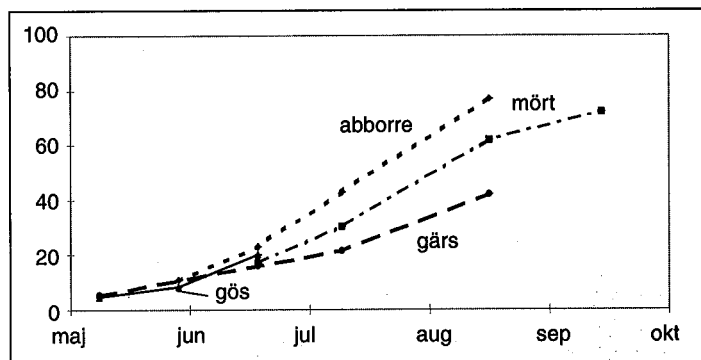
Figur 30. Antal yngel av mört, abborre, gös och gärs per 100 m (8 trålningar; \pm sd) i Vombsjön 1995. Signifikanta skillnader mellan pelagial och litoral har särredovisats (Kruskal-Wallis ANOVA).

Mörtynglens (0+; 15-35 mm, n=7) maginnehåll bestod till 90% av *Chydorous* spp och *Bosmina* spp. Resten utgjordes av *Daphnia* spp. och *Leptodora kindtii* (2%). Mer än halva maginnehållet hos fjolårscyngel (60-85 mm, n=9) bestod av *Daphnia* spp, en fjärdedel av *Chydoridae* spp, 17% av *Bosmina* spp och resten (2%) av *L. kindtii*.

Maginnehållet hos abborryngel (0+; 4-50 mm, n=16) bestod till dryga hälften av copepoder varav de flesta calanoida. *Daphnia* spp utgjorde nästan en tredjedel. Övrigt innehåll var *Bosmina* spp, *Chydoridae* spp. och *L. kindtii*. Abborrarna av klassen 1+ innehöll däremot 2/3 *L. kindtii*. Dessutom förekom *Chydoridae* spp., *Daphnia* spp., och *Bosmina* spp. men inga copepoder.

Gösynglets maginnehåll (n=14; 13-30 mm bestod till 84% av copepoder, till största delen calanoida. *L. kindtii* utgjorde 10% och en mindre andel utgjordes av *Daphnia* spp. och övriga crustaceaer.

Gärsynglens magar innehöll till drygt hälften *Daphnia* spp. *L. kindtii* utgjorde 17%, copepoder, 15% medan resterande 12% utgjordes av *Chydoridae* spp., *Bosmina* spp. och fjädermyglarlarver.

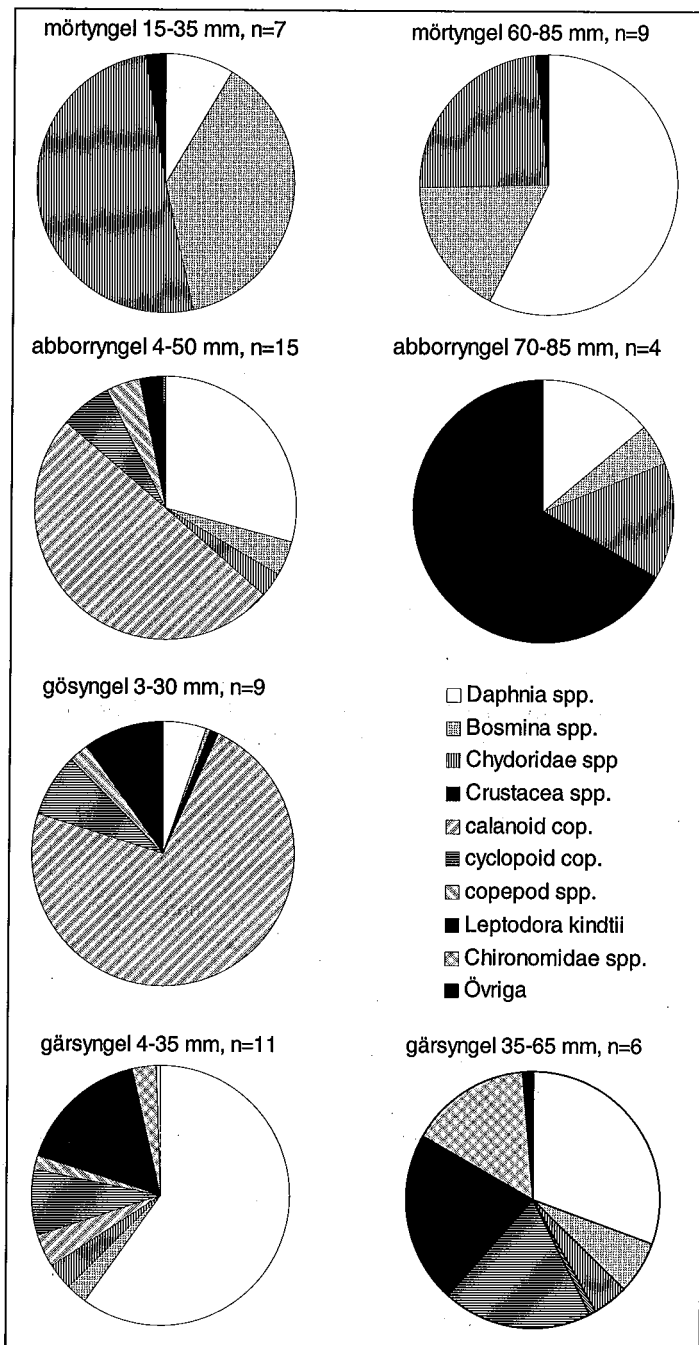


Figur 31. Medellängd (mm \pm sd) av yngel av mört, abborre, gös och gärs i Vombsjön 1995.

Fosforbudget för Vombsjön 1995

Transport av fosfor till och från Vombsjön

Extern tillförsel av totalfosfor under 1995 motsvarade i stort sett utförseln via Kävlingeån (75%) och vattenverket vid Vomb (25%) (Figur 34). Omkring 70% av tillförseln kom under januari och februari då också bortförseln var som störst. Betydande delar av den tillförda fosfor påverkar därför inte Vombsjön under den kritiska sommarperioden. Fosforhalterna är därför också låga i sjön under förvåren (drygt 20 $\mu\text{g/l}$ jämfört med drygt 50 $\mu\text{g/l}$ under vintern). Detta innebär



Figur 33. Maginnehåll (%) hos årsyngel och fjorårsyngel av mört, abborre, gös och gärs i Vombsjön 1995 (18/5, 7/6, 27/6, 18/7, 24/8, och 21/9).

att totalfosformängden i Vombsjöns vatten under vintern är omkring 2,5 ton och under våren drygt 1 ton. Under vintern tillförs omkring 3 ton fosfor per månad samtidigt som mängden fosfor i sjön är relativt konstant och knappt 2 ton lämnar sjön. Knappt hälften av den tillförda fosformängden torde därför deponeras i sedimenten huvudsakligen i form av oorganisk fosfor.

Under sommaren stiger fosformängden i sjön huvudsakligen till följd av interna processer i form av sedimentläckage och fosforekretion från fisk, djurplankton och botten-djur. Huvuddelen av denna fosfor härrör via ovan nämnda processer från sedimenten. Sannolikt utnyttjas då fosfor som sedimenterat i sjön föregående höst. Samtidigt sjunker mängden externt tillförd fosfor kraftigt till helt försumbara mängder (20 kg) i augusti. Först i november stiger åter den externa fosfortillförseln kraftigt.

Läckage av fosfor från Vombsjöns sediment

Experimentella studier. Den högsta konsumtionen av fritt syrgas ($80 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{t}$) uppmättes i sedimentet hämtat från 14 meters djup (Figur 35). Någon skillnad mellan konsumtion av syrgas vid fem, sju och tio meter kunde däremot inte urskiljas (omkring $60 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{t}$). En höjning av temperaturen från 10 till 18 °C resulterade i en höjning av sedimentens syrgaskonsumtion med mellan 16 till 26%.

Den höga syrgaskonsumtionen i sedimentet medförde att förbipasserande vatten inte var 100% mättat under genomflödesexperimentet (52-66% vid 10 °C, 12-45% vid 18 °C). Syrekonsumtionen i vattenfasen var dock konstant under experimentet över de individuella sedimentkärnor. Inom varje temperaturgrupp var läckaget signifikant omvänt relaterat till syrehalten, vilken i sin tur är en funktion av respektive sediments syretäring. Vid syremättnadsvärden över 25% var linjens lutning lika oavsett temperatur och skillnaden mellan temperaturerna var omkring $100 \mu\text{g PO}_4\text{-P/t}$ (Figur 36, 37). I samma figurer redovisas sedimentets läckage av fosfor då luft bubblades direkt till den stagnanta vattenfasen över varje individuell sedimentkärna. Vid 10 °C var fosforläckaget vid 3 tillfällen av 4 högre vid syremättnad än vid lägre syrehalter. Vid 18 °C var fosforläckaget vid samtliga tillfällen lägre vid full syremättnad.

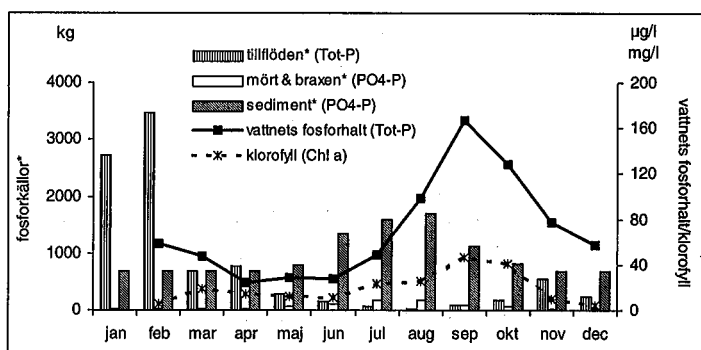
Vid 10 °C vid genomflödesexperimentet varierade läckaget mellan 35 och $250 \mu\text{g PO}_4\text{-P/m}^2 \cdot \text{timme}$. Vid 100% syremättnad varierade läckaget mellan 110 och $170 \mu\text{g PO}_4\text{-P/m}^2 \cdot \text{timme}$. Vid 18 °C var läckaget generellt högre jämfört med 10 °C vid alla djup. Vid genomflödesexperimentet läckte det mellan 210 och $1\,200 \mu\text{g PO}_4\text{-P/m}^2 \cdot \text{timme}$ vid 18 °C och vid syremättnad läckte det mellan 160 och $460 \mu\text{g PO}_4\text{-P/m}^2 \cdot \text{timme}$ (Figur 37). Ett

återkommande mönster för både Metod 1 och 2 och både vid 10 respektive 18 °C var att läckaget alltid var högst vid 14 meters djup, näst högst vid 10 meters djup, lägst vid sju meters djup och näst lägst vid fem meters djup, vilket återspeglar sedimentets syretäring.

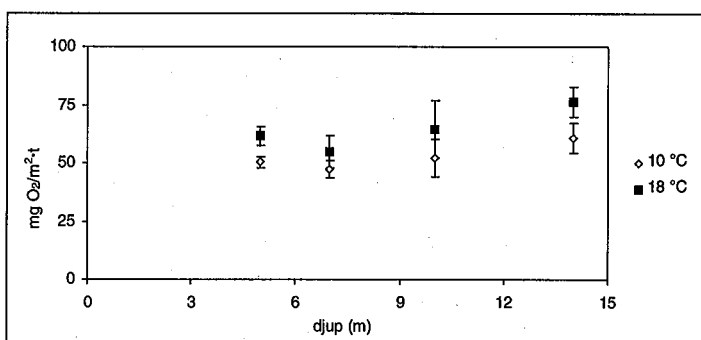
Att fosforläckaget *de facto* är mer omfattande vid 14 meters djup understryks, förutom av den högre syrgaskonsumtionen, av att interstitialvattnets koncentration av löst $\text{PO}_4\text{-P}$ är som högst vid detta djup (Tabell 21). Att det sker en nettotransport av organiskt material till de djupare områdena i sjön indikeras också av att koncentrationen av kisel var högre vid 14 meters djup jämfört med de övriga djupen (Tabell 23). Kisel, som antas vara en restprodukt från nedbrutna alger, konkurrerar troligen med fosfor om adsorptionsytor. Detta har visats för järn- och aluminiumdominerade sediment (Tuominen et al. 1996). Sammantaget indikerar detta dels att den generella bakteriella omsättningen är som högst vid 14 meters djup (på grund av ansamlingen av organiskt material) men också att jonbindningskonkurrens om adsorptionsytorna förekommer, varför också läckaget av fosfor är som mest omfattande på detta djup. Den generellt sett högre syrgaskonsumtionen vid 14 meters djup skapar också andra förutsättningar för den kemiska inbindningen av fosfor till sedimentet då bildandet av anoxiska zoner underlättas. Någon skillnad i sedimentens organiska halt (glödförlust) mellan fem, sju, tio och 14 meter kunde inte konstateras (Tabell 22).

Låga koncentrationer av järn och höga koncentrationer av kalcium i interstitialvattnet bekräftar (Gelin 1975) att fosfor i Vombsjösedimentet i huvudsak är kalciumbundet (Tabell 23). Dock var både järnhaltarna och $\text{PO}_4\text{-P}$ -haltarna lägre i vår undersökning än tidigare (Granéli 1975). Detta kan ha försökstekniska orsaker, men kan också återspegla reella förändringar i sedimentets sammansättning.

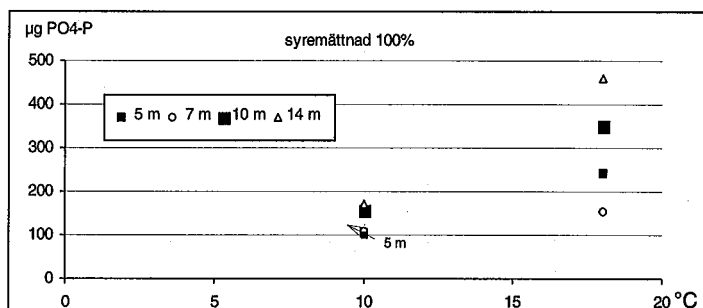
Läckage av fosfor från hela sjöns sediment. Utifrån de experimentella resultaten har vi beräknat fosforläckaget från hela sjöns sediment till vattnet (Tabell 24). Observera att det analyserade sedimentet är ackumulationssediment (gyttja) från respektive djup med hög organisk halt. Delar av Vombsjöns bottensediment är transportbottnar eller sandiga områden med låg organisk halt och be-



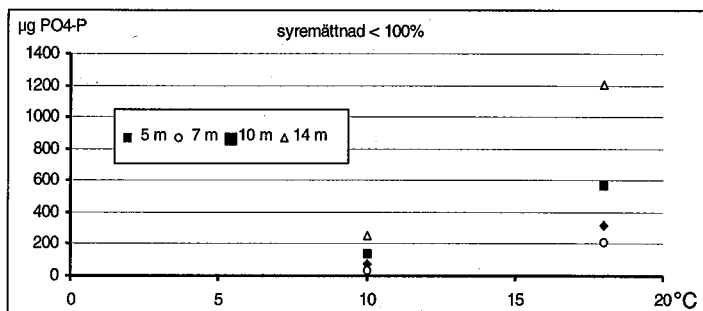
Figur 33. Olika fosforkällor i Vombsjön (tillflöden, fisk (100 kg/ha), sediment) respektive vattens fosfor- och klorofyllhalt under 1995.



Figur 34. Vombsjösedimentets konsumtion av syrgas (O_2) på djup mellan 5 och 14 m (m och s.d.; $n = 3-4$).



Figur 35. Vombsjösedimentets läckage av fosfor (μg ; $n=3-4$) vid 10 och 18 °C från sediment från 5-14 meters djup vid olika syremättnad (genomflödessystem).



Figur 36. Vombsjösedimentets läckage av fosfor vid 10 respektive 18 °C vid 100 % syremättnad med stagnant vattenfas och sediment från djupen 5-14 meter ($n=3-4$).

tydligt lägre läckage. Bottnar med lägre organisk halt än 10% har antagits inte läcka någon fosfor till vattnet (Tabell 24). Mellan noll och fem meter är det t ex endast 13,5 % av sedimentytan som innehåller mer än 10% organsikt material.

Utifrån de ur Tabell 24 kalkylerade (Metod 2) fosforläckagen ($\text{PO}_4\text{-P} / \text{km}^2 \cdot \text{dygn}$) har vi försökt uppskatta det årliga läckaget på två olika sätt. I den **första** uppskattningen antar vi att läckaget vid 10 °C är representativt för hela året. Detta med vetskap om att sjöns medelvattentemperatur under året ligger inom intervallet 9-10 °C. Det årliga läckaget från sedimentet till Vombsjövattnet är då mellan 6,1 - 10,2 ton $\text{PO}_4\text{-P}$ per år.

I den **andra** uppskattningen antar vi att bottenvattnets temperatur under sex månader är 10 °C, under tre månader 18 °C och under tre månader 4 °C. Dessvärre har vi inga egna mätningar från 4 °C, men Kamp-Nielsen (1974) rapporterade i undersökningar från sjön Esrom i Danmark att under aeroba förhållanden var läckaget svagt negativt. Esrom kan antas vara relativt lik Vombsjön och vi antar därför att läckaget av fosfor vid 4 °C är 0. Dock reserverar vi oss för att det skulle kunna vara ett nettoupptag av fosfor även i Vombsjön vid denna temperatur. Därmed blir den andra uppskattningen av fosforläckaget mellan 6,2-10,4 ton per år, dvs i samma storleksordning som i den första uppskattningen.

Våra värden härrör från höstsediment, då sedimentationen varit hög. Detta återspeglas bl a av en högre koncentration av löst fosfat i interstitialvattnet i höstsediment jämfört med vårsediment (Granéli 1975). Våra värden kan därför vara i överkant. Från tidigare undersökningar av fosforläckaget i Vombsjön är det möjligt att uppskatta ett fosforläckage på totalt 4,3 ton per år för hela sjön. Detta beräknat från experiment med aerobt sediment från 14 meters djup vid 9,3 °C (Granéli 1975). Från experiment med aerobt sediment vid 20 °C (Granéli 1979) kan beräknas ett totalläckage på 12,2 ton per år för hela sjön.

Från sediment på 14 meters djup, var läckaget vid genomflödesexperimentet vid 18 °C betydligt högre än vid syresatt vatten. Detta beror förmodligen på den låga syrgasmättnaden i det första fallet (10-15%). Detta möjliggör en beräkning av fosforläckaget mellan 10-14 meter under en sommar-

period på en månad med stagnant syrgasfattigt vatten i hypolimnion under 10 meter. Bidraget under denna månad från denna yta skulle då bli mellan 0,7-1,1 ton. Då så långa stagnationsperioder inte förekommer innebär detta att effekten av stagnationsperioder i Vombsjön i detta avseende är begränsad.

Fiskens exkretion av fosfor

För att beräkna mörtfiskens läckage av fosfor har vi utgått från exkretionsvärden framtagna av Brabrand et al (1990). Vi har vidare - baserat på de låga fångstvärdena - utgått från att fiskbiomassan uppgår till omkring 100 kg/ha (Figur 34). Vid hög fisktäthet kan värdet vara 500 kg/ha (Finjasjön) (Figur 38). Fisksamhället har indelats i olika storleksklasser av mört och braxen baserat på resultatet från trålfångsterna. Dessa värden visade på en dominans av mört med relativt hög medelstorlek. Både de låga fångstvärdena och den höga medelvikten leder till relativt låga värden för fiskens exkretion av fosfor.

Om mörtfiskens indelas i storleksklasser på 2 cm så kommer i Vombsjön över 50% av fosfor från fisk mellan 60 och 80 mm (årsyngel) och 140 och 200 mm längd (Tabell 20). Den mesta fosfor kommer ut i sjön under månaderna juni-september på grund av högre temperaturer. De högsta värdena uppmäts som regel i augusti, då temperaturen oftast är högst. Under denna period är också den externa tillförseln av fosfor som lägst.

Totala tillförseln av fosfor

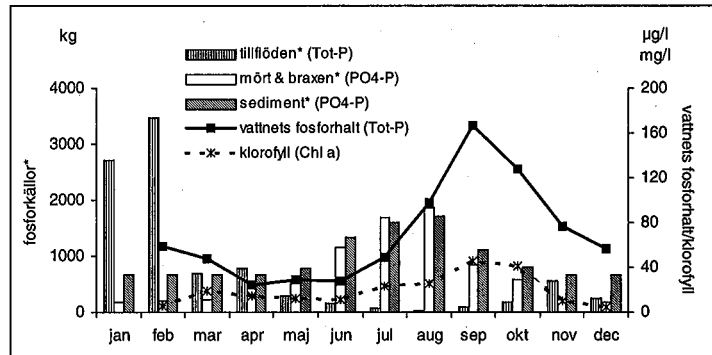
Utgående från beräknade värden för fosfortillförseln till Vombsjön under 1995 från sediment, tillflöden och fisk har den "totala" tillförseln beräknats (Figur 34, 38, Tabell 30). Totalt tillförs sjön från nämnda källor drygt 20 ton fosfor, varav drygt hälften kommer från sjöns sediment och knappt hälften från sjöns tillflöden. Exkretionen från fisk utgör på årsbasis en försumbar mängd. Av den till vattenmassan förda fosfor är det knappt hälften som lämnar sjön via avflöde och vattenverk. Resten tas upp av växtplankton, varav en del via djurplankton når fisken på nytt, eller deponeras i sjöns sediment. Denna mängd motsvarar ganska exakt den mängd som under året lämnar sedimenten i sjön.

Den för sjön ekologiskt kritiska perioden utgörs emellertid av sommarperioden från omkring juni till september. Under dessa 4

månader kommer omkring 85% av fosfor från sedimenten, omkring 10% från fisk och omkring 5% från tillflöden. Om vi enbart betraktar högsommaren juli-augusti, då problemen med växtplankton är som värst, kommer drygt 90% från sedimenten och 10% från fisk.

Förutom här beräknade närsaltkällor tillkommer emellertid två väsentliga källor nämligen djurplankton och bottenfauna. I Vombsjön var biomassan rotatorier liten ($1\mu\text{g/l}$) och bidrar endast i begränsad utsträckning till fosforcirkulationen. Copepoder producerar fekalier som i stor utsträckning faller till botten och kommer därför att ingå i sedimentens fosforläckage. Cladocerer (hinnkräftor) däremot producerar mycket lättlösliga fekalier och deras bidrag bör inkluderas i diskussionen. I Vombsjön fanns under sommarperioden omkring 300 ind/l med en medellängd av omkring 0,5 mm. Deras bidrag kan uppskattas till omkring 1 000 kg fosfor per månad, vilket är i samma storleksordning som sedimentets fosforläckage.

I sjöns sediment finns också under sommaren omkring 8 000 oligochaeter och drygt 2 000 chironomider/m². I princip bör dessa grupperas fosforexkretion ingå i värdena från sedimentläckaget, då sedimentpropparna är intakta och inga djur medvetet tagits bort. Å andra sidan noterades inga chironomider vid försöken, vilket kan tolkas som att dessa djur antingen inte kommit med eller dött på ett tidigt stadium. Det borde i medeltal funnits omkring åtta chironomider per sedimentpropp. Tidigare experiment i Vombsjön (Andersson et al. 1988) visar att fosforläckaget från sedimentet mer än fördubblas om man tillför 1 000 ind/m² av den storvuxna arten *Chironomus plymosus*. Detta innebär antingen att det uppmätta fosforläckaget från sedimenten till omkring hälften beror på chironomider eller att ytterligare en fosforkälla (chironomider) bör läggas till de tidigare uppskattade värdena.



Figur 38. Olika fosforkällor i Vombsjön (tillflöden, fisk (500 kg/ha), sediment) respektive vattnets fosfor- och klorofyllhalt under 1995.

I det sistnämnda fallet innebär detta att Vombsjön sommartid varje månad tillförs nästan fem ton fördelat på ungefär lika delar sediment, bottenfauna och djurplankton. Samtidigt finns en betydande extern tillförsel av fosfor främst vintertid, som sannolikt genom sedimentation av mer eller mindre lösligt fosfor också påverkar fosfordynamiken under sommarhalvåret. Nu är emellertid omsättningen av denna fosfor en dynamisk process, som kräver betydligt mer sofistikerade analyser (dynamiska, matematiska modeller) för att kunna förstås på ett användbart sätt.

Sammanfattningsvis kan därför konstateras beträffande fosfordynamiken i Vombsjön, att den externa tillförseln, sedimenten, djurplanktonsamhället och sannolikt också bottenfaunasamhället är de fyra stora pooler varur sjöns fosfor hämtas. Av dessa pooler är, sett på lång sikt, den externa tillförseln den avgörande faktorn. På mera kort sikt - omkring tio år - är sannolikt relationen mellan fisk, bottenfauna och djurplankton mera viktig. För närvarande innebär fisksamhällets relativt låga biomassa att betydelsen av främst bottendjur ökar, medan en större - och mera normal - biomassa av fisk inneburit att fisksamhället delvis övertagit bottenfaunasamhällets roll vad gäller fosforomsättningen i sjön.

Diskussion

Övergödning

Övergödning av sjöar är ett vanligt problem i områden med hög befolkningstäthet och/eller intensiv jordbruksverksamhet. Övergödningen har primärt orsakats av för hög tillförsel av fosfor (Schindler 1974), vilket så småningom lett till en ofta stabil förändring i de berörda sjöarnas ekosystem. Ökad kunskap ledde till kraftfulla åtgärder på 1960- och 70-talen för att genom förbättrad rening minska fosforutsläppen från tätorter. Dessa åtgärder hade i många fall god effekt, men vissa sjöar - främst i jordbruksområden - återhämtade sig inte (Ryding 1978). Detta berodde delvis på ett under denna tid ökat läckage av fosfor från odlad mark, men också på att interna processer i sjön motverkade effekterna av minskad extern fosfortillförsel (DeAngelis et al. 1989, Scheffer 1990). Detta var bl a fallet i Skåne, där sjöar som Ringsjön och Finjasjön under sen tid förbättrats genom biomanipulering (Bergman 1997 resp Bergman et al. 1994, Hansson, under tryckning).

Mörtfiskreduktion

Mörtfiskreduktionen möjliggjordes genom ökad kunskap om fisksamhällets roll i övergödda sjöar och hur dessa effekter sprider sig i ekosystemet. Denna kunskap har förbättrats genom de storskaliga experiment som utförts. I dag kan vi konstatera att den ursprungliga hypotesen - nämligen att djurplanktonätande fisk genom selektiv predation på större djurplankton förändrar ekosystemet så att produktionen av växtplankton ökar - inte är tillräcklig som förklaringsgrund. Fisksamhällets direkta och indirekta effekter på fosforomsättningen i sjön tycks vara av större betydelse (Hansson in print). Dessa effekter kan delvis förklaras med existerande kunskap om olika organismers fosforexkretion (Andersson et al 1988, Brabrand et al 1990) och om sedimentens kemiska fosforläckage under olika betingelser (Söndergaard 1989, Jenssen & Anderssen 1992). Erfarenheterna från Ringsjön och Finjasjön tyder emellertid på att ytterligare mekanismer är verksamma.

Vombsjön

Vombsjön har under lång tid under delar av sommarperioden haft problem med kraftig

blom av blågröna alger och även fiskdöd har förekommit. Dock har problemen inte varit lika stora som i Ringsjön eller Finjasjön och kompletterande åtgärder (utöver rening av avloppsvatten) har därför inte företagits. Då emellertid Vombsjön är vattentäkt för sydvästra Skåne och sjön dessutom till stor del bestämmer vattenkvalitén i det vatten som via Kävlingeån når Öresund har beslutats att undersöka möjligheterna att förbättra förhållandena också i Vombsjön.

Den utförda studien visar att Vombsjön är en eutrof sjö med hög extern närsaltbelastning, stor vattenståndsamplitud (omkring 3 m), mycket begränsad makrofytvegetation, litet men snabbvuxet fiskbestånd och ett under sensommaren tillstötande problem med blom av blågröna alger. Den höga externa fosforbelastningen är jämförbar med Ringsjöns före restaureringen, men har inte gett upphov till lika stora problem. Orsaken här till kan inte bestämmas, men en rimlig hypotes är att avsaknaden av makrofyter i sjön direkt eller indirekt är orsaken till den höga dödlighet på fiskyngel som konstaterats i denna undersökning. Detta har i sin tur resulterat i en relativt liten fiskbiomassa, vilket innebär att de problem som fisksamhället orsakat i andra skånska sjöar är betydligt mindre i Vombsjön.

Fisk

Rekryteringen av främst mört men sannolikt också braxen sker troligen idag huvudsakligen genom den mängd yngel som under sitt första år förmår överleva i Björkaån och sedan utvandrar till Vombsjön. Fisksamhället i Vombsjön idag är som tidigare nämnts förhållandevis litet och dess beroende av yngel från Björkaån gör fisksamhället känsligt för störningar i Björkaåns vattenkvalité. En fiskdöd i åns nedre delar skulle kunna få mycket allvarliga följder för fisksamhället i Vombsjön. Med tanke på fiskets stora betydelse i sjön är det viktigt att sjöns fisksamhälle inte minskas ytterligare. Någon ytterligare beskattning av ex mörtfiskbestånden i sjön är därför inte tillräddig eftersom detta skulle kunna få negativa effekter på bestånden av rovfisk. Fisksamhället i sjön är idag så litet att de negativa effekterna av en måttlig ökning av beståndet mycket väl kan uppvägas

av positiva effekter för sjöns fosfordynamik genom ökad predation på bottendjur.

Överhuvudtaget ger de låga fiskfångsterna i sjön anledning till viss oro. Även om vi inte kan utesluta vissa värdefel på grund av metod är inte detta den mest sannolika orsaken till låga fångster. Tills vidare måste sjöns fisksamhälle betraktas som känsligt och då inte minst med tanke på att uttaget av fisk i sjön torde vara högst i landet. Ytterligare minskningar i förekomsten av mörtfisk skulle kunna leda till stora minskningar i produktionen av rovfisk.

Fosforbelastning

Såväl den interna som den externa närsalttillförseln i sjön är stor och måste begränsas för att Vombsjön långsiktigt skall kunna bli en produktiv sjö utan störande problem med blom av blågröna alger. Undersökningen tyder visserligen på att den externa fosforbelastningen är mindre än den mängd fosfor som frigörs internt, samtidigt som huvuddelen av den externa fosfor når sjön under vinterhalvåret. Detta skulle kunna användas som argument för att extern avlastning är onödig. Vi vet emellertid att en extern belastning av den storlek som råder i Vombsjön långsiktigt är skadlig för sjön. Det är också mycket sannolikt att betydande mängder av den under vintern tillförda fosfor efter sedimentation åter blir tillgänglig under sommaren. Vår kunskap om fosfordynamiken i sjöar är ännu mycket bristfällig och förutom mörtfiskreduktion - vilket inte är aktuellt i Vombsjön - kan vi idag inte ange någon metod för att påverka de interna förhållandena i önskvärd riktning. Den metod som därför återstår är att minska den externa tillförseln av närsalter till normal nivå.

Såväl Finjasjön som Ringsjön har idag en extern fosforbelastning på omkring 0,3 g P/m²·år, vilket möjliggjort en klar förbättring av dessa sjöars ekosystem. Det är nödvändigt att även Vombsjöns externbelastning reduceras till denna nivå. För att kunna optimera de resurser som måste satsas på närsaltreduktion i sjöns tillflöden är det väsentligt att bättre kunna förstå fosfordynamiken i sjön. Försök till dynamisk, matematisk modellering efter de riktlinjer som tidigare utarbetats av Sverdrup med medarbetare bör därför företas.

Planktonblom

Resultaten från Vombsjön visar, att blommen av blågröna alger börjar när nitratkvävehalterna närmar sig 10 mg/l. Även om orsakerna till de blågröna algernas dominans inte är helt klarlagd är hypotesen att denna dominans induceras av brist på lösligt kväve mycket rimlig. Det är därför viktigt att reduktionen av den externa närsalttillförseln inriktas på fosfor. I annat fall kommer bristen på lösligt kväve att uppstå än tidigare under säsongen med ökande algblooming som följd.

Ur myndighetssynpunkt kan detta vara ett problem eftersom minskning i tillförsel av främst kväve är ett krav med tanke på situationen i Öresund. Denna motsättning är emellertid skenbar. En minskning av algbloomingens problemen i Vombsjön genom satsning på reduktion av främst fosfor leder troligen till ett sänkt läckage av kväve från Vombsjön till Öresund. Däremot skulle en satsning på kvävereduktion uppströms Vombsjön sannolikt leda till ökat kväveläckage från Vombsjön till sundet.

Rekommendationer

- 1) Den externa närsaltbelastningen på sjön måste minskas på sådant sätt att fosforbelastningen reduceras till högst 0,3 g P/m²·år samtidigt som kvoten mellan kväve och fosfor ökar i tillrinnande vatten.
- 2) Åtgärderna måste åtföljas av ett löpande undersökningsprogram för sjön som tillåter en kontinuerlig uppföljning av förändringar i fisk-, plankton- och bottendjurssamhällen samtidigt som närsaltdynamiken följs upp med dynamisk, matematisk modellering.
- 3) Innan den externa fosforbelastningen reducerats bör inte sjöns vattenståndsreglering ändras på sådant sätt att makrofyterna i sjön tillåts öka i större omfattning. Konkret innebär detta att regleringsamplituden t v inte bör minska.
- 4) Åtgärder bör vidtas för att minimera risken för fiskdöd i Björkaåns nedre delar.
- 5) Ur fiskets synpunkt bör utvecklingen av sjöns fisksamhälle följas mycket noga.

Erkännanden

Föreliggande studie har utförts under åren 1994 och 1995 och resultaten har bearbetats och analyserats under påföljande år. Fältarbetet har skett med hjälp av personal från Limnologiska avdelningen vid Ekologiska institutionen vid Lunds Universitet.

Sedimentprovtagning har utförts av Henric Linge vid Limnologiska avdelningen som jämte Jonas Svensson utfört analyserna. Jonas ansvarar för textavsnittet. Primärproduktionsmätningarna har utförts av Henric Linge medan Getrud Cronberg ansvarar för växtplanktonanalyserna. Djurplankton har analyserats av Birgitta Ekström under ledning av Eva Bergstrand. För bottenfaunaprovtagning och analys svarar Marie Eriksson och Pia Romare. För trålningarna svarar Marie Eriksson, Pia Romare och Stellan F. Hamrin. Pia Romare har provtagit och analyserat fiskyngel.

Marie Eriksson och Henric Linge har haft ansvar för koordinering av verksamheten i Lund och Marie har även ansvarat för sammanställning och omarbetning av tidigare fisk- och bottenfaunamaterial. Teresa Soler ansvarar för den slutliga sammanställningen och för övrigt skriftligt material. Stellan F. Hamrin har gjort den slutliga sammanställningen och ansvarar för diskussionskapitlet och för slutsatser och rekommendationer.

Till alla medverkande vill vi framföra ett stort tack och detta gäller även fiskarfamiljen Nilsson som liksom många gånger tidigare ställt upp med hjälp och råd vid provtagning och fiske.

Arbetet har bekostas av Sydvatten AB, vars långvariga och pålitliga stöd vid denna typ av undersökningar sedan lång tid varit av mycket stort värde.

Referenser

- Andersson, G., W. Granéli & J. Stensson, 1988.** The influence of animals on phosphorous cycling in lake ecosystems. - *Hydrobiologia* 170: 267-284.
- Berggren, H. 1969.** Bentiska makrozoer i Vombsjön 1969. - *Limn. Inst., Lunds Univ. Stencil.*
- Berggren, H. 1971.** Bentiska makrozoer i Vombsjön 1970. - *Limn. Inst., Lunds Univ. Stencil.*
- Berggren, H. 1974.** Bentiska makrozoer i Vombsjön 1971. - *Limn. Inst., Lunds Univ. Stencil.*
- Bergman, E., 1997.** Ringsjön i Skåne. Restaurering genom cyprinidreduktion - effekten av fiskreduktion. *Limnologiska avd., Lunds Universitet.*
- Bergman, E., H. Annadotter, G. Cronberg, M. Eriksson och P. Romare 1994.** Sjörestaurering genom cyprinidreduktion. Finjasjöns status under 1992 och 1993 samt effekter av mörtfiskreduktionen. *Limn. avd. i Lund. Rapport.*
- Brabrand, Å., Faafeng, B. A. och J. P. M. Nilsson 1990.** Relative importance of phosphorus supply to phytoplankton production: Fish excretion versus external loading. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci., Vol. 47:364-372.*
- DeAngelis, D.L., P.J. Mulholland, A.V. Palumbo, A.D. Steinmann, M.A. Huston & J.W. Elwood, 1989.** Nutrient dynamics and food-web stability. - *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 20:71-95.
- Gelin, C. 1975.** Nutrients, biomass and primary productivity of nannoplankton in eutrophic Lake Vombsjön, Sweden. - *Oikos* 26; 121-139.
- Granéli, W. 1975.** Eutrofiering. Tionde Nordiska symposiet om vattenforskning, Værlose 20-22 Maj 1974. Nordforsk, Miljövärdsssekreteriatet. *Publ. 1975:1.*
- Granéli, W. 1979.** The influence of *Chironomus plumosus* larvae on the exchange of dissolved substances between sediment and water. - *Hydrobiologia* 66, 149-159.
- Hamrin, F. S. 1983.** Fisksamhället och dess födoresurser i Vombsjön 1993. *Limn. Inst., Lunds Univ. Rapport.*
- Hansson, L.-A. 1997.** Biomanipulering som restaureringsmetod för eutrofierade sjöar - en kunskapsammanställning. *Ekologihuset, Lund. Manuskript.*
- Jensen, H. S. and F. Ö. Andersen 1992.** Importance of temperature, nitrate, and pH for phosphate release from aerobic sediments of four shallow, eutrophic lakes. *Limnol. Oceanogr., 37(3), 577-589.*
- Kamp-Nielsen, L. 1974.** Mud-water exchange of phosphate and other ions in undisturbed sediment cores and factors affecting the exchange. - *Archiv für Hydrobiologia* 73: 218-237.
- Svelab Miljölaboratorier. 1995.** Samordnad recipientkontroll. Kävlingeån 1995. - *Rapport.*
- Lindell, M. & L. Tranvik 1990.** Metodbeskrivningar för bestämning av fytoplanktons primärproduktion. - *Limnologiska Institutionen, Lunds Universitet.*
- Ref 1. Länsstyrelsen i Malmöhus län. 1983.** Vombsjön Faktasammanställning. - *Medd. nr 1983:1. Bil. 7 och 8.*
- Ref 2. Kävlingeåns Vattenvårdsförbund. Årsrapporter 1988-94.** *Scandiakonsult AB Malmö.*
- Ryding, S.-O., 1978.** Research on recovery of polluted lakes. Loading, water quality and responses to nutrient reduction. - *Acta Univ. Upsaliensis* 459.
- Scheffer, M. 1990.** Multiplicity of stable states in freshwater systems. - *Hydrobiologia* 200/201:475-486.
- Söndergaard, M. 1989.** Phosphorus release from a hypertrophic lake sediment: Experiments with intact sediment cores in a continuous flow system. *Arch. Hydrobiol.* 116(1), 45-59.
- Vollenweider, R. A. 1976.** Advances in defining critical loading levels for phosphorous in lake eutrophication. - *Mem. Inst. Ital. Idrobiol.* 33: 53-83.
- Länsstyrelsen i Malmöhus Län, Naturvårdsenheten. 1983.** Vombsjön - Faktasammanställning 1983. - *Meddelande Nr. 1983:1.*

English summary: From sediment to fish - an outline of the Lake Vombsjön ecosystem 1994-95

During at least 50 years Lake Vombsjön in southernmost Sweden has been characterized by short periods of algae blooms. This has created problems for fishing and recreational activities as well as for the function of the lake as one of the two main sources for water supply for a population of 0.5 million people. This study has been undertaken in order to find suitable restoration methods for the lake.

The nutrient content in Lake Vombsjön is high and during summertime blooms of blue-green algae are frequent but interrupted by clear water periods. In this respect Lake Vombsjön is less eutrophic than the adjacent lakes Ringsjön and Finjasjön before these lakes were restored through strongly reduced external phosphorus input and through cyprinid removal. The fish community in Lake Vombsjön appears to oscillate between high and very low biomass stages. Due to the increased water regulation amplitude (3 m) 30 years ago macrophytes are now almost eliminated. This might be the reason for the less pronounced hypertrophic conditions of Lake Vombsjön and also for the low survival of cyprinid juveniles in the lake. Most juveniles are found in the lowest parts of their main tributary River Björkaån.

The phosphorus cycle is dominated by external input from agricultural areas in the winter and from sediment release (including bottom fauna) and to some extent from the zooplankton community in the summer. Due to the very low fish biomass in 1994-95 the phosphorus excretion from the fish community was insignificant. With a fish biomass normal for this type of lake, however, also fish would have had a phosphorus input in summer of the same order as the sediment.

To restore the lake and eliminate most of the algae blooms the external input of nutrients must be strongly reduced without increasing the quotient between phosphorus and nitrogen. After that the amplitude of water regulation during April to October should be reduced as much as possible. Hereby the nutrient content of the lake water will be reduced, the macrophytes will increase and the fish community will be stabilized at a relative high biomass level. This will in turn reduce the nutrient leakage to River Kävlingeån and to Öresund. Cyprinid removal is not a suitable method for Lake Vombsjön.

Bilaga: Tabell 1-30

(Hela bilagan eller enstaka tabeller kan beställas.)

- Tabell 1. Sammanställning av vattenkemi och fältanalyser av vatten över djuphålan (14 m). Vattnet är hämtat på 4, 6, 8 och 10 m djup och har förts samman till ett sammelvprov. Vattenvolymen från respektive djup är korrigerat för hela sjöns vattenmassa över det djupet.
- Tabell 2. Vombsjöns växtplanktonbiomassa 1995-96, mg/l.
- Tabell 3. Vombsjöns rotatoriebiomassa ($\mu\text{g/l}$) 1995-96.
- Tabell 4. Rotatoriernas antal/liter i Vombsjön 1995-96.
- Tabell 5. Antalet planktonlevande crustacéer per liter i Vombsjön 1995-96.
- Tabell 6. Medellängdfördelningen hos de planktonlevande crustacéer i Vombsjön under 1995-96.
- Tabell 7a. Bottenfaunans abundans i Vombsjön den 25 april 1994 (ind/m²; medelvärde av sex profiler).
- Tabell 7b. Bottenfaunans abundans i Vombsjön den 31 augusti 1994 (ind/m²; medelvärde av sex profiler).
- Tabell 8a. Bottenfaunans våtvikt i Vombsjön den 25 april 1994 (g/m²; medelvärde av sex profiler).
- Tabell 8b. Bottenfaunans våtvikt i Vombsjön den 31 augusti 1994 (g/m²; medelvärde av sex profiler).
- Tabell 9a. Bottenfaunans torrsvikt i Vombsjön den 25 april 1994 (g/m²; medelvärde av sex profiler).
- Tabell 9b. Bottenfaunans torrsvikt i Vombsjön den 31 augusti 1994 (g/m²; medelvärde av sex profiler).
- Tabell 10. Fiskantaler per 20 min drag på djupen 2, 4, 6, 8 och 10 meter och det totala antalet (per 100 min) den 2/6, 7/7, 23/8 och 25/10 i Vombsjön 1994.
- Tabell 11. Fiskvikten (kg) per 20 min drag på djupen 2, 4, 6, 8 och 10 meter och den totala vikten (per 100 min) den 2/6, 7/7, 23/8 och 25/10 i Vombsjön 1994.
- Tabell 12. Fiskens medelstorlek (gram) per djup i Vombsjön 1994.
- Tabell 13. Fiskantalet per 20 min drag och det totala antalet (100 min) i Vombsjön den 2:a augusti 1995.
- Tabell 14. Fiskvikten (kg) per 20 min drag och den totala vikten (100 min) i Vombsjön den 2:a augusti 1995.
- Tabell 15. Fiskens medelstorlek (gram) per djup i Vombsjön den 2:a augusti 1995.
- Tabell 16. Resultat av elfiske i Vombsjöns litoral och i Björkaån den 1 sep och den 28 okt 1995. Tabellvärdena är medelvärden av ett antal dopp.
- Tabell 17. Den totala fångsten av fiskyngel i litoral respektive pelagial à 4 drag 1995.
- Tabell 18. Medellängd (mm \pm sd) av fiskyngel i Vombsjön 1995.
- Tabell 19. Antal yngel per 100 meter i litoral och pelagial (medelvärde \pm SD; n=4).
- Tabell 20. Primärproduktionen (mg C/m³·hr) i Vombsjön 1995 på djupen 0,2, 0,5, 0,75, 1, 1,5, 2 och 3 meters djup.
- Tabell 21. Läckage av PO₄-P (μg) vid 10 respektive 18 °C och vid olika syrgaskoncentrationer (% O₂-mättnad). Medelvärde \pm SD, n = 3-4.
- Tabell 22. Resultat från karaktärisering av sediment från olika djup i Vombsjön efter torkning vid 105 °C till konstant vikt samt efter glödnig under fyra timmar vid 450 °C. Medel \pm SD.
- Tabell 23. Mängden järn, kalcium, fosfatfosfor och kisel i interstitialvattnet från de översta två centimetrarna sediment, centrifugerat och filtrerat. Medel \pm SD, n=2.
- Tabell 24. Vombsjösedimentets totala läckage av PO₄-P omräknat till kg per km² och dygn (medelvärde \pm SD). Endast botten med mer än 10% organisk halt antas läcka fosfor. % ökning är den procentuella ökningen av fosforläckaget mellan 10 och 18 °C (medelvärden).
- Tabell 25. O₂-konsumtionen i sedimentproppar från Vombsjön vid försök på laboratorium i 10 resp. 18 °C. Medelvärde \pm SD, n = 3-4.
- Tabell 26. Läckaget av PO₄-P (μg) från Vombsjöns sediment. Förhållandet mellan läckage och temperatur antas vara linjärt mellan 10 och 18 °C. För temperaturer under 10 °C antas läckaget vara detsamma som vid 10 °C.
- Tabell 27. Organiskt och oorganiskt material i Vombsjöns sediment 2-10 okt 1995.
- Tabell 28. Läckage av PO₄-P från mört och braxen i olika storleksklasser.
- Tabell 29. Det totala läckaget av PO₄-P (kg/mån) från fisken i Vombsjön 1995 om det finns 124 ton fisk i sjön.
- Tabell 30. Fosforbudget för Vombsjön 1995.