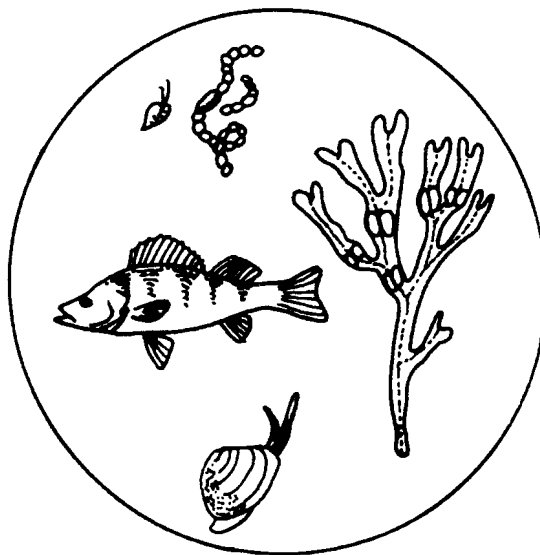


**FORSKINGSRAPPORTER  
FRÅN  
HUSÖ BIOLOGISKA STATION**

No 99 (2000)



*Charlotta Nummelin*

**Uppföljning av situationen i Vargsundet sommaren 1999 samt en  
miljökonsekvensbedömning av den planerade slussen**

*(A follow-up of the situation in Lake Vargsundet in the summer of 1999, and an environmental  
impact assessment of the planned lock)*

Husö biologiska station

Institutionen för biologi

Åbo Akademi

I publikationsserien **Forskningsrapporter från Husö biologiska station** rapporteras forskning utförd i anknytning till Husö biologiska station. Serien utgör en fortsättning på serierna **Husö biologiska station Meddelanden** och **Forskningsrapporter till Ålands landskapsstyrelse**. Utgivare är Husö biologiska station, Institutionen för biologi, Åbo Akademi. Författarna svarar själva för innehållet. Förfrågningar angående serien riktas till stationen under adress: 22220 Emkarby; telefon: 018-37221; telefax: 018-37244; e-post: [johanna.mattila@abo.fi](mailto:johanna.mattila@abo.fi) (Även: BioCity, Åbo Akademi, 20520 Åbo; telefon 02-2154 384).

The series **Forskningsrapporter från Husö biologiska station** contains scientific results and processed data from research activities of Husö biological station, Department of Biology, Åbo Akademi University. The authors have full responsibility for the contents of each issue. The series is a sequel to the publications **Husö biologiska station Meddelanden** and **Forskningsrapporter till Ålands landskapsstyrelse**. Inquiries should be addressed to Husö Biological Station, Åbo Akademi University. Address: FI-22220 Emkarby, Finland; phone: +358-18-37221; telefax: +358-18-37244; e-mail: [johanna.mattila@abo.fi](mailto:johanna.mattila@abo.fi). (Also: BioCity, Åbo Akademi University, FI-20520 Turku; Finland, phone: +358-2-2154 384.)

Redaktör:

Johanna Mattila

Editor:

Åbo Akademis tryckeri – Åbo 2000

ISBN: 952-12-0589-X

ISSN: 0787-5460

## **Uppföljning av situationen i Vargsundet sommaren 1999 samt en miljökonsekvensbedömning av den planerade slussen**

*A follow-up of the situation in Lake Vargsundet in the summer of 1999 and an environmental impact assessment of the planned lock*

Charlotta Nummelin

Husö biologiska station; Institutionen för biologi, Åbo Akademi  
22220 Emkarby, Åland

### **Abstract**

*Lake Vargsundet is a eutrophicated lake with problems as large external and internal loading and, it is thus under high risk of phytoplankton blooms. In 1997 there was a bloom of the haptophyte Prymnesium parvum which killed large amounts of fish.*

*There is an inflow of brackish water from the sea to the northern basin. This inflow forms a layer of denser water on the bottom of the lake. In this layer, there is no oxygen and the nutrient concentrations are much higher than in the surface layer. To stop the inflow of salt water there are plans of building a lock which would allow fish and boats to pass through but would prevent the inflows of saline water. If the inflow of saline water stops, the meromictic conditions in the northern part will disappear over time and the nutrients from the deeper layers will become available in the euphotic zone, which can result in heavy phytoplankton blooms.*

*In summer 1999 the hydrography, phytoplankton composition, zoobenthos, standing crop of crayfish and fish were studied. Results from this study showed that the situation in the lake was satisfactory, there was no phytoplankton bloom and a high amount of crayfish and fish were recorded. Though the nutrient levels especially in the deeper layers of the northern basin were high.*

*It is essential that the inflow of saline brackish water is stopped but also other actions to minimise the loading of nutrients would be requested. A large part of the external loading comes from agriculture, cattle and settlement, and these sources should be controlled and minimised. The internal loading can be treated with different methods, for instance airing of the deeper water layers and sediment, dredging the polluted sediment, dilution and removal of the deeper eutrophicated water layers, biomanipulation or/and removal of vegetation.*

<b>1. INLEDNING .....</b>	<b>1</b>
<b>2. UNDERSÖKNINGARNA SOMMAREN 1999.....</b>	<b>1</b>
2.1 MATERIAL OCH METODER .....	1
2.2 RESULTAT .....	3
2.2.1 Vädret.....	3
2.2.2 Hydrografi och närsalter.....	3
2.2.3 Klorofyll a och planktonsammansättning.....	5
2.2.4 Bottenfauna.....	6
2.2.5 Yngelnotning och provfiske.....	8
2.2.6 Kräftning.....	9
<b>3. VARGSUNDETS UTVECKLING UNDER 1900-TALET .....</b>	<b>10</b>
3.1 HYDROGRAFI.....	11
3.1.1 Meromiktiska sjöar .....	11
3.1.2 Salthalten .....	12
3.1.3 Syresituationen och siktdjupet.....	12
3.2 NÄRSALTER.....	12
3.3 MÄNGDEN KOLORFYLL A .....	13
3.4 PLANKTONSAMMANSÄTTNINGEN .....	13
3.5 BOTTENFAUNA .....	13
3.6 FISK .....	13
3.7 KRÄFTA.....	14
<b>4. KLASSIFICERING FÖR NULÄGET.....</b>	<b>15</b>
<b>5. VARGSUNDETS FRAMTID? .....</b>	<b>16</b>
5.1 HYDROGRAFISKA PARAMETRAR .....	16
5.2 BIOLOGISKA FAKTORER .....	17
5.2.1 Växtplankton .....	17
5.2.1.1 Prymnesium.....	17
5.2.1.2 Cyanobakterier.....	19
5.2.2 Bottenfauna.....	19
5.2.3 Fisk.....	20
5.2.4 Kräfta.....	20
5.3 EFFEKTER AV DEN ÖKANDE MÄNGDEN FRITIDSBÅTAR .....	21
<b>6. FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER.....</b>	<b>21</b>
6.1 NÄRSALTSMINSKNING .....	21
6.2 SJÖRESTAURERING .....	23
6.2.1 Syresättning av vatten och sediment .....	23
6.2.2 Kemiska metoder.....	24
6.2.3 Muddring av sedimentet.....	24
6.2.4 Utspädning och bortpumpning av bottenvatten .....	25
6.2.5 Biomanipulering.....	25
6.2.6 Vegetationsbekämpning.....	25
<b>7. SLUTSATSER .....</b>	<b>26</b>
<b>8. REFERENSER.....</b>	<b>27</b>

## 1. Inledning

Vargsundet har undersökts intensivt under de senaste åren, främst p.g.a. den fiskdöd som drabbade sjön 1997. Fiskdöden orsakades av planktonalgen *Prymnesium parvum* som är en utpräglad brackvattensart. Hösten 1997 byggdes en tillfällig sättdamm för att förhindra saltvattentillflödet till sjön och därmed minimera risken för en ny massförekomst av *P. parvum*. Nu planeras en permanent sluss vars funktion skulle vara att hindra saltvatteninflödet till sjön, göra det möjligt att lagra smältvatten till bevattning, göra det bekvämt att färdas med båt mellan sjön och havet samt tillåta fiskens lekvandring. I denna rapport diskuteras sjöns allmänna tillstånd och möjliga konsekvenser slussen kunde ha på vattenkvaliteten, planktonsammansättningen, bottenfauna- och fisksamhällena samt på kräftbeståndet i sjön. Även andra förbättrande åtgärder diskuteras. Denna undersökning har utförts på uppdrag av Ålands landskapsstyrelse.

## 2. Undersökningarna sommaren 1999

### 2.1 Material och metoder

Sommaren 1999 undersöktes hydrografen, närsaltshalterna, planktonsammansättning, bottenfauna- och fisksamhällena (genom provfiske och yngelnotning) samt kräftbeståndet i Vargsundet. Den använda metodiken var samma som sommaren 1998 (NUMMELIN & PERUS 1999). Växtplankton räknades dock inte, utan en genomgång av den aktuella sammansättningen gjordes genast efter varje provtagning på levande material. Kräftningen skedde sommaren 1999 i samarbete med Boris Byberg. Provtagningsstillfällena finns utsatta i tabell 1 och provtagningsstationerna i fig. 1.

Tabell 1. Provtagningsstillfällena sommaren 1999.  
*Sampling dates in summer 1999.*

Datum	Provtagning
3 juni	Hydrografi + plankton
16 juni	Bottenfauna
5 juli	Hydrografi + plankton
7 juli	Yngelnotning
15-16 juli	Provfiske
20-21 juli	Kräftning
2 augusti	Hydrografi + plankton
9-10 augusti	Kräftning

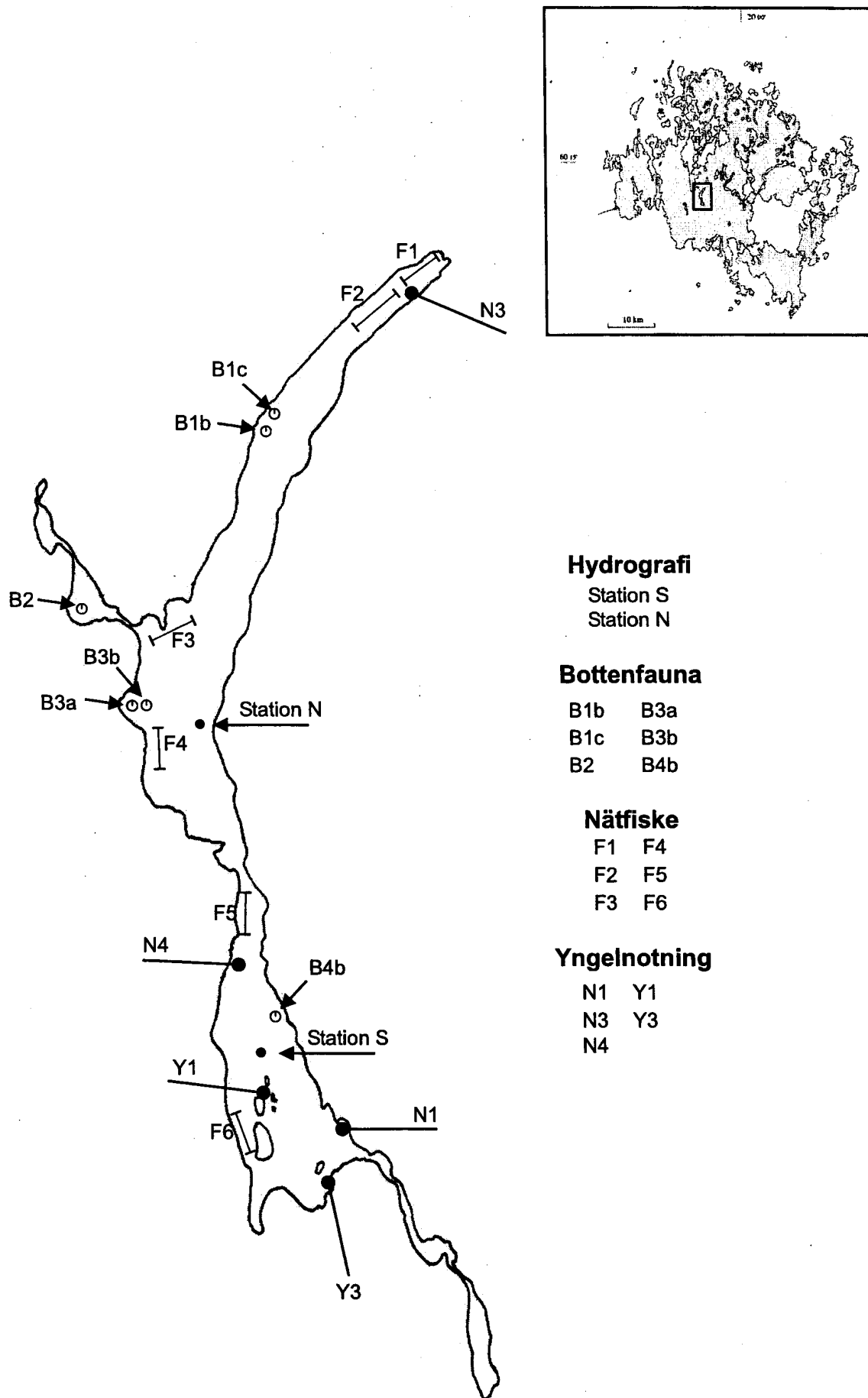


Fig. 1. Undersökningområdet och provtagningslokalerna i Vargsundet.  
Study area and sampling localities in lake Vargsundet.

## 2.2 Resultat

### 2.2.1 Vädret

Under sommaren 1999 var vädret exceptionellt varmt och torrt. Temperaturerna var över flerårsmedelvärdet och nederbörden under medelvädret. Speciellt varma var juni och juli, medan augustivädret var mera normalt (Meteorologiska inst. 1999).

### 2.2.2 Hydrografi och närsalter

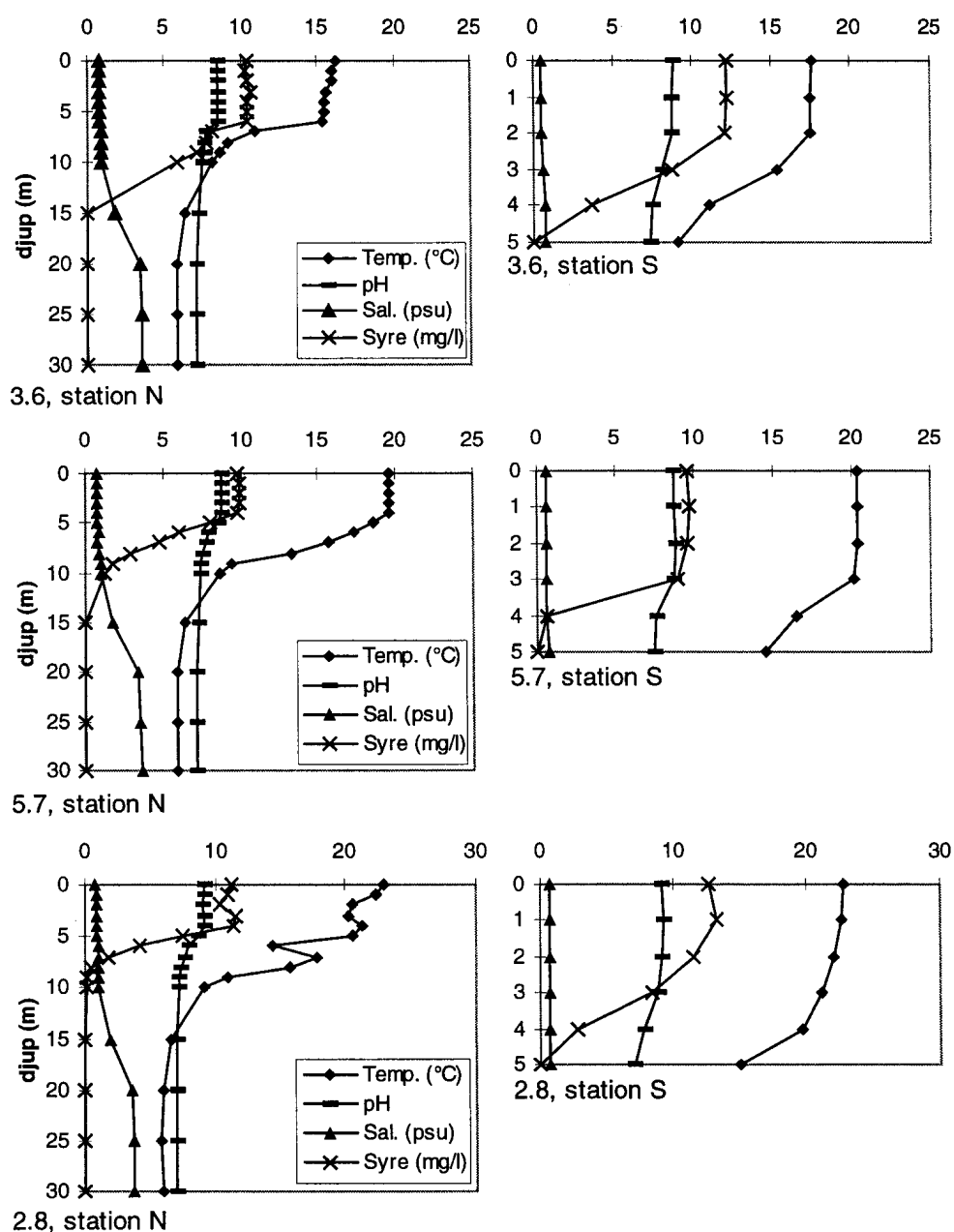


Fig 2. Hydrografi (temperatur (°C), pH, salthalt (sal., psu), och syrehalten (mg/l)) under sommaren 1999.

*Hydrography (temperature (°C), pH, salinity (sal., psu) and oxygenconcentration (mg/l)) in the summer 1999.*

Hydrografiresultaten från sommaren 1999 presenteras i fig. 2. Tydlig skiktning förekom på den norra stationen under hela sommaren. I juni rådde syrebrist från 15 meter ner till botten. I augusti var syrehalten under 1 % vid 8 meter varefter total syrebrist rådde i underliggande vattenmassan. Salthalten var vid ytan under 1 psu och vid botten mellan 3,5 och 3,7 psu. Även i den södra bassängen förekom skiktning och syrebrist i bottenvattnet. Salthalten var under 0,8 psu.

Siktdjupet var som lägst i början av juni, ökade i juli för att minska en aning i augusti. Värdena var konsekvent högre i den norra delen (fig 3).

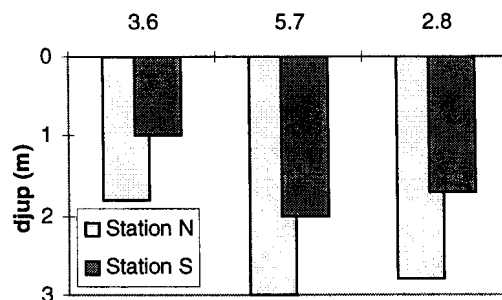


Fig 3. Siktdjupet (m) på båda stationerna.  
Secchi depth (m) on both stations.

Fosfat, nitrat och nitrit analyserades inte i de syrefria skiktet av vattenmassan eftersom fosfat är svåranalyserad i svavelväteförhållanden och nitrat och nitrit sällan förekommer i syrefria förhållanden. Resultaten presenteras i tabell 2.

Tabell 2. Närsaltshalterna ( $\mu\text{g/l}$ ) på station N (övre tabellen) och station S (nedre tabellen) som medelvärde  $\pm$  standardavvikelse. Tot-P = totalfosfor, tot-N = totalkväve.  
Nutrient concentrations ( $\mu\text{g/l}$ ) at station N (upper table) and station S (lower table) as mean values  $\pm$  standard deviation.

Djup, m	Tot-P	Tot-N	Fosfat	Nitrat	Nitrit
1	32 $\pm$ 14	860 $\pm$ 121	9 $\pm$ 6	32 $\pm$ 41	3 $\pm$ 3
5	25 $\pm$ 5	853 $\pm$ 121	7 $\pm$ 4	28 $\pm$ 29	3 $\pm$ 3
10	25 $\pm$ 5	1090 $\pm$ 115	4 $\pm$ 1	90 $\pm$ 80	7 $\pm$ 7
15	75 $\pm$ 20	1700 $\pm$ 173	-	-	-
20	357 $\pm$ 6	5933 $\pm$ 1537	-	-	-
25	380 $\pm$ 0	6133 $\pm$ 702	-	-	-
30	387 $\pm$ 6	7300 $\pm$ 200	-	-	-

Djup, m	Tot-P	Tot-N	Fosfat	Nitrat	Nitrit
1	45 $\pm$ 10	1027 $\pm$ 127	10 $\pm$ 3	0 $\pm$ 0	2 $\pm$ 3
5	52 $\pm$ 11	2000 $\pm$ 781	-	-	-



Halterna är överlag betydligt högre i bottenvattnet än i den övre vattenmassan. De låga standardavvikelseerna tyder på att halterna inte förändras under sommaren. Endast nitrathalterna uppvisar höga avvikelser. Halterna sjönk under sommaren från 79  $\mu\text{g/l}$  på 1 meter till 0 under augusti, vilket tyder på en förbrukning av nitrat under sommarens lopp.

### 2.2.3 Klorofyll a och planktonsammansättning

Klorofyll a-halterna illustreras i fig 4. Den höga koncentrationen i bottenvattnet på station S berodde inte på växtplankton utan på en grönfärgad svavelbakterie.

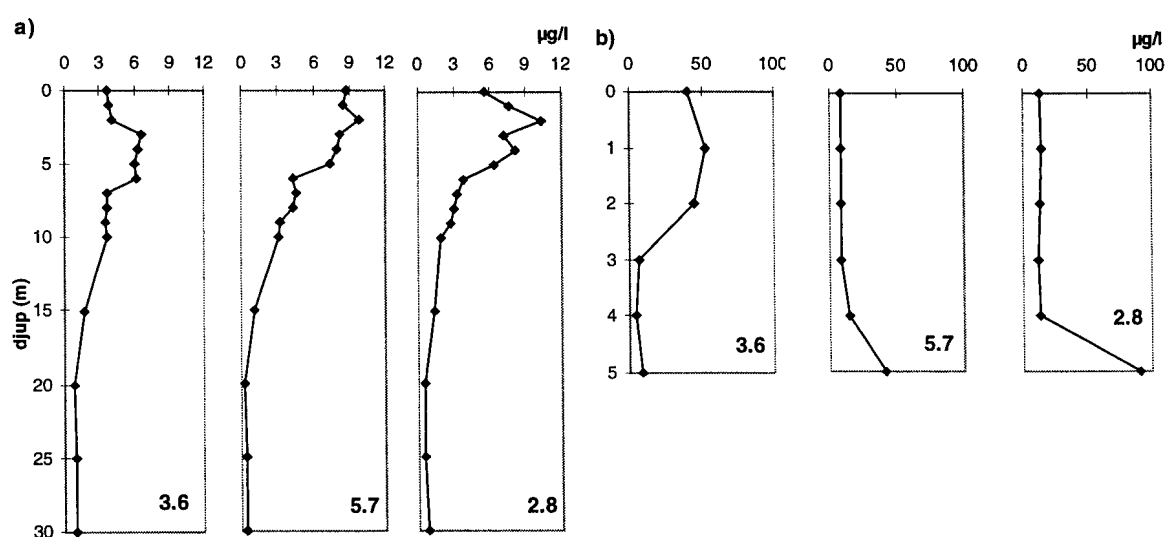


Fig 4. Klorofyll a-koncentrationerna ( $\mu\text{g/l}$ ) på a) station N och b) station S.  
Chlorophyll a-concentrations ( $\mu\text{g/l}$ ) on a) station N and b) station S.

Den 3 juni fanns mycket *Uroglena* sp. på station S och olika arter av kiselalger, t.ex. *Cykladella* sp. och *Tabellaria* sp. Även cyanobakterier iaktogs. På station N dominerade ingen speciell art, artsammansättningen var i övrigt lik den på station S. Djurplankton förekom i riklig mängd på båda stationerna.

Den 5 juli dominerades planktonartsammansättningen av dinoflagellaten *Peridiniopsis borgei* och cyanobakterierna *Anabaena flos-aquae*, *Microcystis cf. aeruginosa* samt *Snowella septentrionalis*. Även kiselalgerna *Diatoma tenuis* och *Cykladella* sp., cryptofycealgen *Cryptomonas* sp. samt olika arter av grönalger förekom. Skillanderna mellan stationerna var små. På station S förekom stora mängder djurplankton, bl.a. *Keratella* sp. och copepoder.

Den 2 augusti var den dominerande arten *Peridiniopsis borgei*. Även cyanobakterier förekom rikligt, bl.a. flera *Anabaena*- och *Microcystis*-arter samt kolonier av *Snowella* och *Woronichinia*-arter. Dessa

arter förekom på båda stationerna. Djurplankton förekom inte i samma utsträckning som under tidigare på sommaren.

Ingen synlig algbloom kunde iaktas sommaren 1999. Färgen på klorofyll a-filtren och planktonproverna tydde heller inte på någon massförekomst av alger som *Prymnesium parvum* som inte visuellt kan iaktas i vattenmassan.

## 2.2.4 Bottenfauna

Bottenfauna presenteras i tabell 3 där individantalet och våtvikten hos de olika arterna anges. Även standardavvikleserna mellan de 3 huggen på varje station presenteras i tabellen. Dessa höga värden tyder på en stor variation mellan de olika huggen. Totalt fanns 2169 individer/m<sup>2</sup> och 1,62 g/m<sup>2</sup>. Arternas relativa abundans och vikt illustreras i fig 5.

Bottensubstratet bestod till stor del av förmultnande växtrester och av grönalgen *Cladophora aeagropila*. Lera var den dominerande sedimenttypen. I denna miljö var bottenfaunan såväl artfattig som individfattig. Individerna dominerades av gruppen Ostracoda, som egentligen tillför meiofaunan, d.v.s mindre än makrofauna. Viktmässigt dominerades faunan av fjädermyggslarver, *Chironomus spp.*

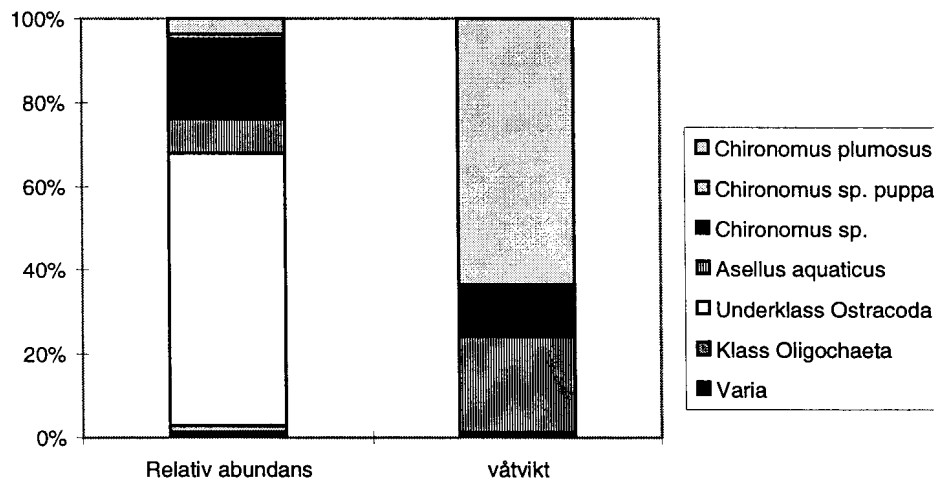


Fig 5. Artsammansättningen hos bottenfaunan som relativ abundans och våtvikt.  
Species composition of zoobenthos as relative abundans and wet weight.

Tabell 3. Individantal (övre tabellen) samt våtvikt ( $\text{g/m}^3$ ) (nedre tabellen) för bottenfauna på de olika stationerna som medelvärde  $\pm$  standard avvikelse.

*Number of individuals (upper table) and wet weight ( $\text{g/m}^3$ ) (lower table) for zoobenthos on the different stations as average  $\pm$  standard deviation.*

Abundans	1b	1c	2	3a	3b	4b
<b>Nematoda</b>					23 $\pm$ 40	
<b>Annelida</b>						
Klass Oligochaeta		46 $\pm$ 53	12 $\pm$ 20		58 $\pm$ 40	92 $\pm$ 106
<b>Arthropoda</b>						
Klass Crustacea						
Underklass Ostracoda	23 $\pm$ 40	2215 $\pm$ 1141	957 $\pm$ 347	3933 $\pm$ 2048	565 $\pm$ 370	773 $\pm$ 818
Underklass Copepoda						
cf. Cyclops sp.	2 $\pm$ 4					
Underklass Malacostraca						
Asellus aquaticus	1061 $\pm$ 417					
Klass Insecta						
Ord. Ephemera larv			12 $\pm$ 20			
Ord. Coleoptera						
cf. Agabus uliginosus larv	12 $\pm$ 20					
Ord. Trichoptera						
cf. Limnophilus sp.		35 $\pm$ 60		12 $\pm$ 20		
Ord. Diptera						
Chironomus sp.	23 $\pm$ 40	392 $\pm$ 121	1153 $\pm$ 1072	634 $\pm$ 100	115 $\pm$ 53	173 $\pm$ 173
Chironomus sp. puppa		35 $\pm$ 60	69 $\pm$ 69	23 $\pm$ 20	12 $\pm$ 20	
Chironomus sp. adult			23 $\pm$ 40			
Chironomus plumosus		46 $\pm$ 80	81 $\pm$ 72	58 $\pm$ 72	196 $\pm$ 53	104 $\pm$ 69
<b>Mollusca</b>						
Bithynia sp		12 $\pm$ 20				
Hydrobia sp.	35 $\pm$ 60					

Vikt	1b	1c	2	3a	3b	4b
<b>Nematoda</b>					0,0277 $\pm$ 0,0479	
<b>Annelida</b>						
Klass Oligochaeta					0,0150 $\pm$ 0,0144	0,0127 $\pm$ 0,0190
<b>Arthropoda</b>						
Klass Crustacea						
Underklass Ostracoda	0,0010	0,0908	0,0393	0,1613	0,0232	0,0317
Underklass Copepoda						
cf. Cyklops sp.	0,0023 $\pm$ 0,0040					
Underklass Malacostraca						
Asellus aquaticus	2,1499 $\pm$ 1,0044					
Klass Insecta						
Ord. Ephemera larver			0,0173 $\pm$ 0,0300			
Ord. Coleoptera						
cf. Agabus uliginosus larv	0,0358 $\pm$ 0,0619					
Ord. Trichoptera						
cf. Limnophilus sp.		0,0681 $\pm$ 0,1179		0,0035 $\pm$ 0,0060		
Ord. Diptera						
Chironomus sp.	0,0185 $\pm$ 0,0320	0,2134 $\pm$ 0,0740	0,3449 $\pm$ 0,2860	0,3287 $\pm$ 0,1089	0,0415 $\pm$ 0,0120	0,1477 $\pm$ 0,1325
Chironomus sp. puppa		0,0381 $\pm$ 0,0659	0,0208 $\pm$ 0,0183	0,0035 $\pm$ 0,0060		
Chironomus plumosus		0,0980 $\pm$ 0,1698	0,3633 $\pm$ 0,4952	0,1834 $\pm$ 0,2413	2,6713 $\pm$ 1,1006	2,609 $\pm$ 2,2346

### 1.1.1 Yngelnotning och provfiske

Resultaten från yngelnotningen presenteras i fig 6.

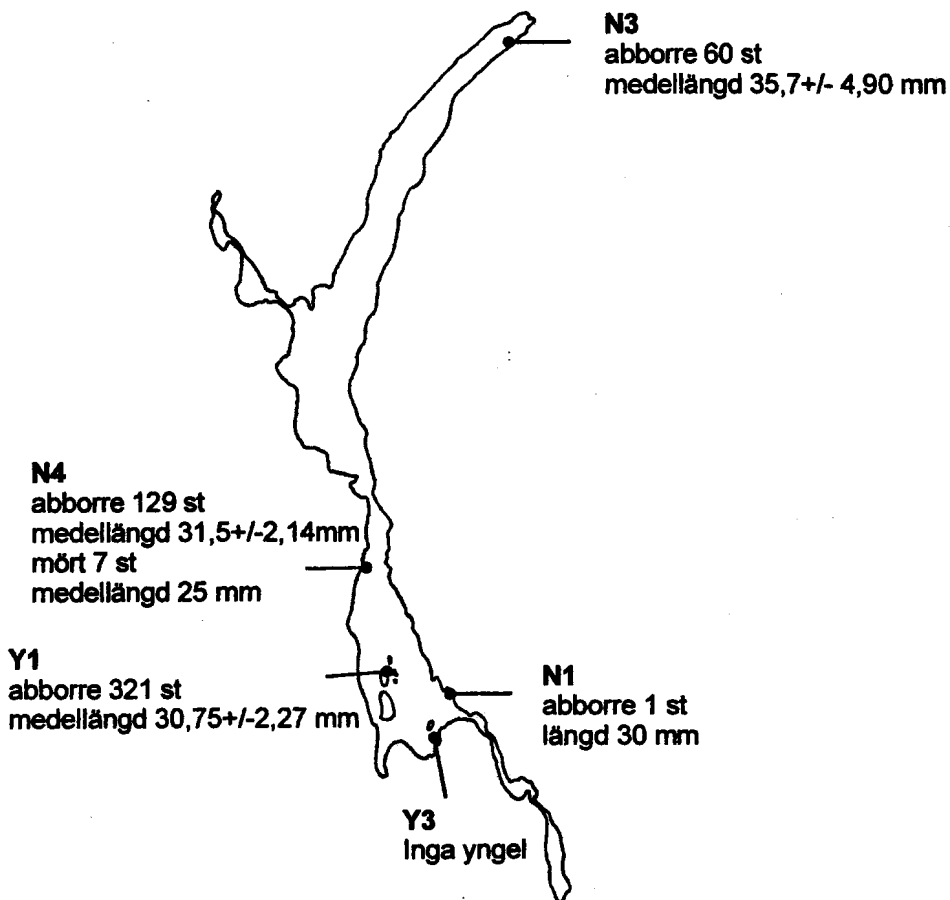


Fig 6. Yngelnotningsstationerna och fångsten  $\pm$  standard avvikelse från den 7 juli. N = vassbevuxet, Y = ingen vegetation.  
*Bottom-seine stations and the catch  $\pm$  standard deviation from the 7 July. N = reeded, Y = no vegetation.*

Yngelnotningen, som genomfördes den 7 juli, visade att abborre och mörtfiskar förökar sig i Vargsundet. Inga gäddyngel påträffades, men gäddyngel är svårfångade med not. Utöver yngel fångades en hel del äldre årsklasser i noten (se bilaga 3). Bifångsten visar även att 1998 års yngel överlevt.

Under provfisket natten mellan den 15 och 16 juli fångades 9 arter, varav abborre och mört dominerade både individantalet och biomassan (fig 7). Totalt fångade 391 fiskar och den totala biomassan uppgick till ca 30 kg fisk. Sex översiktsnät användes men från ett av näten, nät 4, kom ingen fångst eftersom det låg djupt i syrefria förhållanden (17-18 m).

Av abborrarna var 68 % honor och av mörtarna 70 % honor.

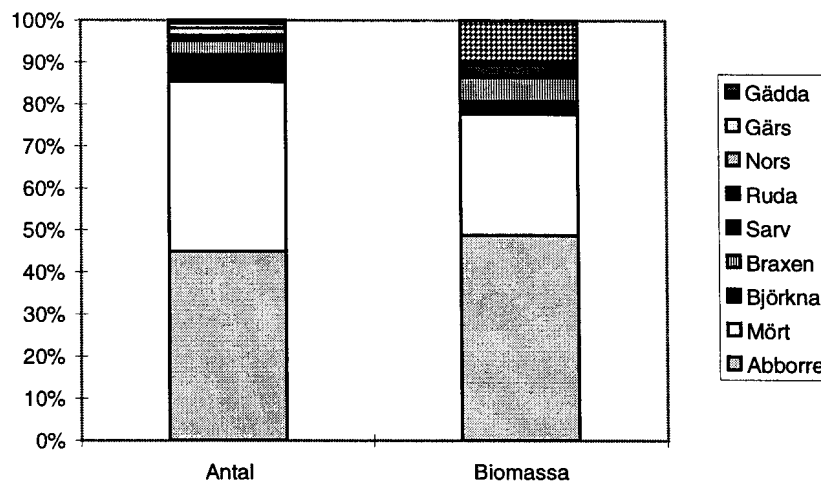


Fig 6. Antal individer och biomassa per art från provfisket 15-16.7.  
*Number of individuals and biomass of each species, 15-16.7.*

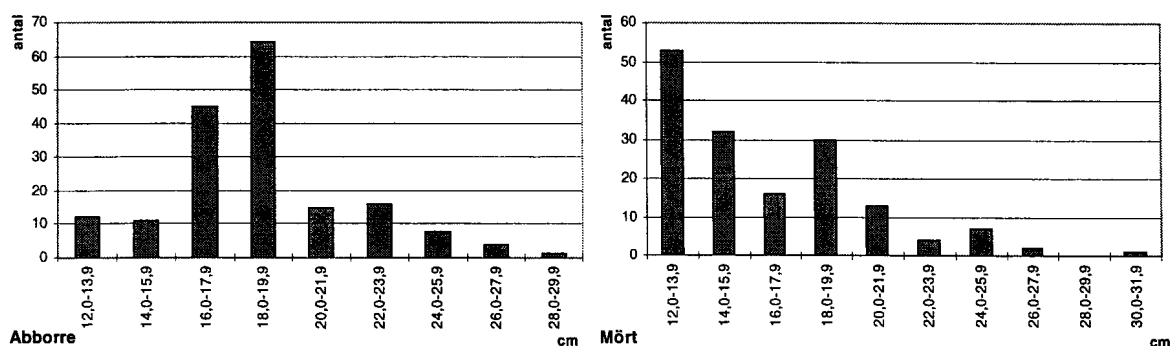


Fig 7. Längdfördelningen (cm) för abborre och mört.  
*Length distribution (cm) of perch and roach.*

Längdfördelningen av abborre och mört visar att de yngre årsklasserna hos abborre inte är lika starka som hos mörten (fig 7). Detta kan bero på ett konkurrensförhållande mellan små abborrar och mörtar där mörten tydligen är mera framgångsrik. Alternativt kan abborren ha lidit mera av fiskdöden 1997. Utgående från längdfördelningskurvan (fig 7) är det dock svår att säga om ynglen överlevde fiskdöden eftersom fisk kan ha vandrat in i sjön och eftersom nästa årskull kan växa till sig snabbare och därmed fylla tomrummet ifall en årskull faller bort.

Shannon-Wieners diversitetsindex var under provfisket 0,60 utgående från vikten och 2,12 utgående från antalet individer. Andelen piscivora abborrfiskar var 0,40. Betydelsen av dessa index återkommer i kapitel 4.

## 2.2.6 Kräftning

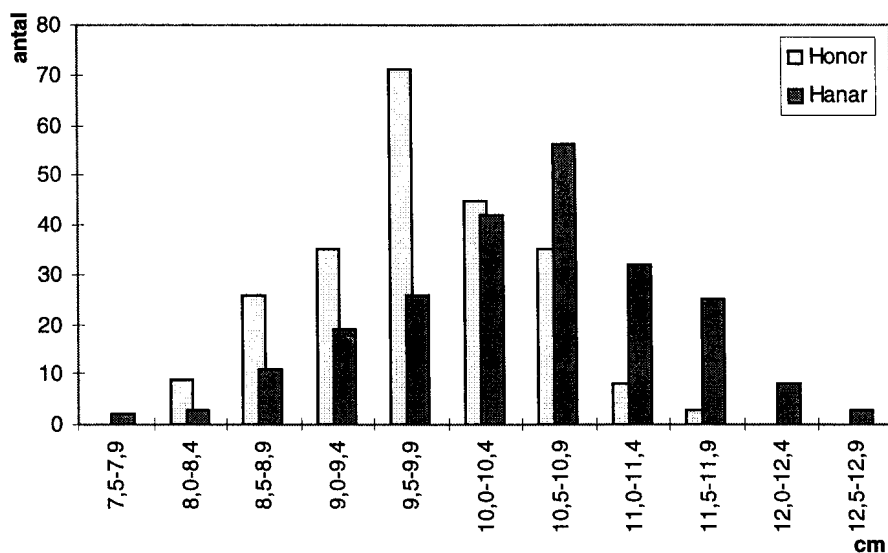
Kräftningen under två nätter, den 20-21 juli och 9-10 augusti, resulterade i sammanlagt 459 kräftor. Första kräftningsnatten var före kräftningssäsongen medan den andra var efter själva säsongen. I

Vargsundet tilläts kräftning under en vecka (B. Byberg, pers. medd.). Antalet kräftor per bur (totalt 35 burar/natt) och fördelningen mellan honor och hanar framgår ur tabell 4. Ur tabellen framgår även hur många kräftor som var över det tillåtna fångstmåttet 10 cm.

Tabell 4. Antalet kräftor, kräftor per bur, könsfördelningen och antalet kräftor över 10 cm under två fångstnätter.

*Number of crayfish, number per cage, distribution according to sex and number of crayfish over 10 cm during to catch nights.*

	20-21.7	9-10.8
Totala antalet kräftor	200	259
Kräftor per bur	5,71	7,19
Antalet honor/hanar	79/121	153/106
% antal honor/hanar	40/60	59/41
Antal > 10 cm	122	135
% antal > 10 cm	61	52



Figur 8. Längdfördelningen mellan hon- och hankräftor från båda fångstnätterna.  
*Length distribution of female and male crayfish during both catch nights.*

Längdfördelningen hos både honor och hanar är normalfördelad men honor är överlag mindre än hanarna (fig 8).

### 3. Vargsundets utveckling under 1900-talet

Flera undersökningar är gjorda på Vargsundet av bl.a. STORBERG 1980, ÅDJERS 1986, ÖSTMAN 1990, LINDHOM 1991, NUMMELIN & PERUS 1998 och LINDHOLM et al. 1999. I flera av dessa finns sammanställningar på Vargsundets utveckling, dock görs även här en kort sammanfattning över Vargsundets olika skeden för att bättre kunna förstå vad som kan hända i framtiden.

### 3.1 Hydrografi

Landhöjningen, som på Åland är ca 4 mm per år, innebär att sjöarna blidas genom att havsvikar avsnörs. Detta gäller även Vargsundet, som varit ett sund som korsat fasta Åland. Fram till 1800-talet var havskontakten tillräcklig för att hålla hela volymen syrgasrik. I början av 1900-talet var sjön helt utsötad vilket kan bevisas genom sedimentanalyser där endast sötvattenorganismer har påträffats från denna period. På 1930-talet muddrades kanalen till havet och saltvatten kunde tränga in i sjön. I och med detta ingrepp förändrades sjön dramatiskt. Vargsundet blev meromiktisk (LINDHOLM 1991). Kanalen har därutöver muddrats i två repriser, åren 1985 och 1995.

#### 3.1.1 Meromiktiska sjöar

Då saltvattnet trängde in i Vargsundet sjönk det till botten eftersom saltvatten har högre densitet än sött vatten. Skiktningen av vattenmassorna blev så stark att vår- och höstblandningen inte förmådde blanda om hela sjön och därmed föra syreberikat vatten till botten. En konstant syrebrist bildades.

Under våren är vattnet lågt i havet vilket resulterar i utflöde från sjöarna. Sjöarnas yta kan sjunka under havsnivån. På grund av att nederbörden och tillrinningen samtidigt vanligen är små kan redan måttliga högvattenstånd under sommaren orsaka kraftiga inflöden av havsvatten. Inflödena, och därmed sjöarnas salthaltförhållanden, bestäms alltså av samspelet mellan vattenstånd och vattenväxlingar i havet samt tillrinningen av sött vatten (LINDHOLM 1975).

I en meromiktisk sjö är ytvattnet ofta friskt och det kan t.o.m. vara riktigt klart. Vattnet under haloklinen kan däremot vara desto sämre. När djupvattnet börjar stagnera tar det vanligen mindre än ett halvt år innan det är helt syrgasfritt. Därefter blir vattnet starkt syrgasförbrukande och svavelväte bildas främst då bakterier reducerar sulfat. Om djupvatten stagnerar länge blir det också förorenat av rester av växtplankton, växtrester och smådjur, som dalar ned från ytskiktet (LINDHOLM 1991).

När bottenvattnet blir syrgasfritt börjar fosfater lösas ut ur sedimentet och djupvattnet blir mycket fosfatrikt. Djupvattnet innehåller också mycket ammonium. En liten dos av djupvattnet kan därför ha en avsevärd effekt på ytvattnets algproduktion. En större inblandning av djupvattnet i det belysta, friska ytvattnet under sommaren kan starta en massiv algproduktion. När man försöker restaurera en meromiktisk sjö råkar man ut för just detta problem (LINDHOLM 1991).

### 3.1.2 Salthalten

Tabell 5. Salthalten (psu) i Vargsundet under juni-augusti.  
*Salinity (psu) in lake Vargsundet during Juni-August.*

	Ytvatten (0-10 m)	Bottenvatten (20-30 m)
1975	2,0 psu	3,0 psu
1980-talet	0,8-1,3 psu	2,0-3,0 psu
År 1990	1,3-1,7 psu	2,2-2,4 psu
År 1995	1,7 psu	2,3 psu
År 1996	2,4-2,6 psu	2,7-2,8 psu
År 1997	2,0-2,3 psu	3,4-3,5 psu
År 1998	1,1-1,2 psu	3,5-3,6 psu
År 1999	0,7-0,9 psu	3,6-3,7 psu

Värden i tabell 5 är tagna från arbeten gjorda på Husö biologiska station (LINDHOLM 1975, STORBERG 1980, ÅDJERS 1986, ÖSTMAN 1990, ÖHMAN 1997, NUMMELIN & PERUS 1999) och resultat från Gutterop vattenlaboratorium (NORDSTRÖM 1998). Eftersom resultaten är från olika tider på sommaren är de inte tillförlitliga som absoluta värden men en ungefärlig jämförelse kan göras. Salthalten i ytvattnet beror till stor del på vädret eftersom torra somrar med stor avdunstningen ger högre salthalter än somrar med stor nederbörd. Tabell 5 visar inget tydligt möster gällande ytvattnets salthalt. Däremot kan man se att bottenvattnets salthalt ökade efter muddringen 1995 och har därefter hållits på en rätt konstant nivå, troligen p.g.a. den tillfälliga dammen i Vargsundsådran.

### 3.1.3 Syresituationen och siktdjupet

I jämförelse med tidigare undersökningar kan man konstatera att syresituationen i sjön har varit rätt oförändrad under den senaste 20 åren. Syrehalter har varit under 1 mg/l på 8 m och större djup i augustimånad ända från 1980 till dags dato (STORBERG 1980, ÅDJERS 1986, ÖSTMAN 1990, ÖHMAN 1997, NORDSTRÖM 1998, NUMMELIN & PERUS 1999). Eftersom en stor del av sjöns vattenvolym är under 8 m (se djupkarta över Vargsundet, bilaga 5) innebär det att stora delar är syrefria och att där inte kan förekomma något liv.

Enligt Gutterops resultat blandades hela vattenmassan om hösten 1995 och hösten 1996 och syre tillfördes till bottenvattnet (NORDSTRÖM 1998). Näringsrikt bottenvattnet kom då i omlopp.

Inga påtagliga förändringar har heller skett gällande siktdjupet under årens lopp, vilket tyder på att vattnets grumlighet inte ökat kraftigt under årens lopp.

### 3.2 Närsalter

Närsalter har inte undersökts i samma utsträckning som de övriga vattenkvalitetsparametrarna vilket omöjliggör en liknande jämförelse. ÅDJERS (1986) undersökte fosforsituationen och kom fram till resultat på 12-37 µg/l i ytvattnet och 240-770 µg/l i bottenvattnet. Dessa värden skiljer sig inte nämnvärt



från värdena sommaren 1999. Skitningen av vattenmassan präglar Vargsundet närtsaltsgradient eftersom totalfosfor och totalkvävevärdena är konsekvent högre i bottenvattnet. Detta kan leda till problem i framtiden (se kapitel 3.1.1). Under 1990-talet har inga större förändringar skett gällande närtsalterna även om halterna har periodvis varierat (ÖSTMAN 1990, NORDSTRÖM 1998).

### **3.3 Mängden klorofyll a**

Mängden klorofyll a varierar årsvis och är beroende av ljus, värme och mängden närtsalter. Redan mellan åren 1998 (NUMMELIN & PERUS 1999) och 1999 förekommer skillnader. Vid en jämförelse med data från 1986 (ÅDJERS 1986) kan man konstatera att klorofyll a halter har ökat, speciellt i den södra bassängen. Sommaren 1986 var halterna mellan ca. 7 och 12 µg/l i ytvattnet i den norra bassängen och mellan 7 och 15 µg/l i den södra.

### **3.4 Planktonsammansättningen**

Planktonsammansättningen 1999 var lik den sommaren 1986 (Ådjers 1986). De dominerade grupperna var då, liksom nu, guldalger som *Uroglena* sp., dinoflagellater som *Ceratium hirundinella*, 1986 *Peridinium* sp., 1999 *Peridiniopsis borgei*. Även cyanobakterier förekom både 1986 och 1999.

Gisselförsedda guldalgsarter, som *Uroglena* sp., är arter som trivs i oligotrofa vatten medan andra arter av guldalger trivs i eutrof miljö. Andra arter som trivs i eutrofa vatten och som förekommer i Vargsundet är cyanobakterier och dinoflagellater (Tikkanen & Willen 1992).

### **3.5 Bottenfauna**

Bottenfaunasamfallet i Vargsundet är begränsat till de översta ca 7 metrarna eftersom mängden syre är för liten i den norra bassängen och under sommarmånaderna även i den södra för att faunan skall kunna överleva. Sommaren 1986 (ÅDJERS 1986) var arterna flera än under 1999, bl.a. påträffades stora mängder tusensnäckor (*Hydrobiidae*) som nästan helt saknades 1999. Skillnader mellan åren 1997, 1998 och 1999 kan även iakttas som en sjunkande trend i både antalet arter och individantal (NUMMELIN & PERUS 1999). Skillnaderna kan förklaras med skillnader i provtagningen, såsom provtagningstidpunkten, antalet prov, behandlingen av proven etc.

### **3.6 Fisk**

Eftersom fisk befinner sig högt i näringskedjan kan artsammansättningen och dominansförhållanden hos de lokala fiskbestånden anses återspegla situationen på de lägre nivåerna i ekosystemet och därmed användas som ett mått på vattenmiljöns allmäntillstånd. Mörtfiskarna gynnas av eutrofiering medan abborren inte anses gynnas av alltför stor eutrofiering (WISTBACKA 1992).

I tidigare undersökningar gjorda på fiskbeståndet i Vargsundet nämns 13 fångade arter 1980 (STORBERG 1980) och 6 fångade arter 1986 (ÅDJERS 1986). 1998 fångades sammanlagt 8 arter (NUMMELIN & PERUS 1999). Därmed kan konstateras att situationen 1999 inte skiljer sig märkbart från tidigare år. Arter som tidigare funnits men som inte påträffats de senaste åren är lake (*Lota lota*), sandstubb (*Pomatochistus minutus*), sutare (*Tinca tinca*), id (*Carassius carassius*) och ål (*Anguilla anguilla*).

Fiskstammen tycks ha repat sig efter fiskdöden 1997. Inga gäddyngel påträffades men det finns inga tidigare undersökningar som visar på fångst av gäddyngel och smågäddor.

### 3.7 Kräfta

Kräftan är en känslig organism som inte tål höga salthalter. Nyproduktionen försvagas vid salthalter över 0,5-1 psu och vid höga salthalter klarar inte vuxna kräftor av skalbytet. Dessutom kräver den mycket syre, minst 5 mg/l, vilket gör att den undviker områden med tät vegetation och mycket ruttnande syretärande material. Kräftan tål inte sura vatten och är speciellt känslig för föroreningar och gifter. Den finns inte i t.ex. recipientområden för industrins eller tätorters avloppsvatten. Kräftans kropp klarar inte av att bekämpa giftiga ämnen, vilket gör att muddringar och andra åtgärder som ökar grumligheten är väldigt skadliga för kräftan (WESTMAN & NYLUND 1985).

I samband med uppgrävningen till havet på 1930-talet minskade kräftbeståndet i Vargsundet märkbart (STORBERG 1980). På 1970-talet var kräftbeståndet glest i Vargsundet och fångsten (ca 1000 kräftor/år) är i förhållande till sjöns areal mycket svag. Vissa år på 1970-talet hade t.o.m. 3 kräftor/bur fångats, men fångsten var i allmänhet betydligt sämre (STORBERG 1980). 1986 noterades ett medeltal på 1,6 kräftor per bur varav 38% var över 10 cm. Sommaren 1998 var fångsten 1,37 kräftor/bur och var då kraftigt decimerad enligt lokalbefolkningen (NUMMELIN & PERUS 1999). Sommaren 1999 var fångsten stor, mellan 5,7 och 7,2 kräftor/bur, varav 61 resp. 52% var över 10 cm.

Tillväxthastigheten hos kräftan beror främst på vattnets temperatur och kvalitet samt på tillgången föda och stammens täthet. Efter 6-8 år (7-9 somrar) blir kräftan över 10 cm, men redan på fjärde sommaren 5,7-7,7 cm (WESTMAN & NYLUND 1985). Detta innebär att det ännu är för tidigt att säga om *Prymnesium*-blomningen skadat kräftynglena eftersom den använda fångstmetoden inte fångade mindre kräftor. De större kräftorna har troligen inte påverkats av blomningen och man kan konstatera att kräftstammen är så pass livskraftig att den möjliga förlusten 1997 inte hindrar stammens fortsatta existens.

#### 4. Klassificering för nuläget

Tabell 6. Bedömningsgrunder för vattenkvalitet enligt Svenska Naturvårdsverket (ANON 1999). Antal pisc= pisciovora fiskar (fiskätande fiskar), saml. ind.= samlat index. De översträckade klasserna presenterar Vargsundet vid olika provtagningsomgångar sommaren 1999.

*Basis for forming a judgement of water quality according to Swedish Environmental Protection Agency. The overline classes present lake Vargsundet in the summer 1999 during different sampling periods.*

Närsalter:

		Totalfosfor	Totalkväve	
		Maj-Okt	Aug.	Maj-Okt
1	Låga halter	< 12,5	<12,5	< 300
2	Måttligt höga halter	12,5-25	12,5-2	300-625
3	Höga halter	25-50	23-45	625-1250
4	Mycket höga halter	50-100	45-96	1250-5000
5	Extremt höga halter	>100	Ej def.	> 5000

TotN/TotP		Juni-Sept
1	Kväveöverskott	> 30
2	Balans	15-30
3	Måttligt kväveunderskott	10-15
4	Stort kväveunderskott	5-10
5	Extremt kväveunderskott	< 5

Siktdjup		Meter
1	Mycket stort siktdjup	> 8
2	Stort siktdjup	5-8
3	Måttligt siktdjup	2,5-5
4	Litet siktdjup	1-2,5
5	Mycket litet siktdjup	< 1

Klorofyll		Maj-Okt	Aug.
1	Låga halter	< 2,0	< 2,5
2	Måttligt höga halter	2,0-5,0	2,5-10,0
3	Höga halter	5,0-12,0	10,0-20,0
4	Mycket höga halter	12,0-25,0	20,0-40,0
5	Extremt höga halter	> 25,0	> 40,0

Fisk	Antal arter	Artdiversitet	Andel pisc.	Saml. in
1	Mycket högt antal arter > 10	> 0,65	> 0,82	<2,2
2	Högt antal arter 6-9	0,55-0,65	0,54-0,82	2,2-2,6
3	Måttligt högt antal arter 3-5	0,28-0,55	0,24-0,54	2,6-3,4
4	Lågt antal arter 2	0,11-0,28	0,09-0,24	3,4-4,2
5	Mycket lågt antal arter < 1	< 0,11	< 0,09	< 4,2

Tabell 6 presenterar den klassificering Svenska Naturvårdsverket har gjort på sjöar i Sverige (ANON 1999 b). De översträckade klasserna är där Vargsundets norra stations ytvatten faller in. Den södra bassängen är mer eutrof än den norra och bottenvattnet i den norra bassängen har annan kvalitet än ytvattnet. Enligt denna klassificering är Vargsundet en rätt eutrof sjö medan fiskbeståndet är rätt bra. Dock är inte bottenvattnets höga närsalhalter inberäknade.

## 5. Vargsundets framtid?

Om den planerade slussen vid Vargsundsådran byggs, skulle det innebära att saltvatteninflödet till sjön skulle stoppas. Om ådran inte hade muddrats upprepade gånger under 1900-talet skulle sjön redan nu vara utsötad. Det här innebär att sjön skulle återgå till ett mera naturligt tillstånd ifall saltvatteninflödet hindras. Eftersom sjön nu är starkt skiktad skulle utsötningen föra med sig förändringar i sjöns vattenkvalitet. Dessa förändringar diskuteras i följande kapitel.

Även ett annat problem som har drabbat/kommer att drabba Vargsundet, nämligen eutrofiering, diskuteras. Redan i dagens läge visar sjön tecken på höga närsalhalter, stor mängd klorofyll *a* och litet siktdjup (se tabell 6). Om salthaltsskiktningen bryts kommer de närsalter som finns lagrade i bottenvattnet att blandas upp till ytskiktet varvid algerna har tillgång till dessa och etrofieringsprocessen ökar ytterligare.

### 5.1 Hydrografiska parametrar

Av de hydrografiska parametrarna är salthalten den parameter som märkbart skulle förändras vid uppdämning av sjön. Varken temperatur eller pH skulle påverkas i någon nämnvärd grad. Eftersom skiktningen så småningom skulle utjämnas, skulle troligen även syresituationen och närsalternas fördelning att förändras.

Om saltvatteninflödet förhindras kommer en utsötning av sjön ske. Hur snabbt utsötning av sjöar sker beror av flera faktorer som bl.a. på tillrinningsområdets storlek, årsnederbörden och sjöns volym. Man bör dock beakta att en del av vårlödet kan passera som ytström utan att söta ut vattenmassan (LINDHOLM 1991). Utsötningen i Vargsundet skulle dock gå snabbare än under naturliga omständigheter och leda till en relativt stabil situation (INGMAR et al. 1998).

INGMAR et al. (1998) har skrivit en sammanfattande rapport om Vargsundets framtida utveckling under olika påverkan från människan bl.a. från slussen. I denna rapport framkommer hur Vargsundets framtid kan se ut: "Man kan förenklat säga att om man från och med nu förhindrar saltvatteninträngningen utblidas en sötvattensjö som har en grund och igenväxningskänslig södra bassäng och en djup huvudbassäng med särskilt på den västra sidan brant sluttande bottensträckningar som övergår i en under stor del av året syresatt bottenplåtå på 12 till 16 meters djup.

Över djuphålan kan haloklinen utgöra "botten" för sötvattensjön. På lång sikt kommer också vattnet i djuphålan att sötas ut, men det är troligt att det där, även efter årliga cirkulationen av hela vattenmassan, ändå mycket snabbt uppkommer anaeroba förhållanden. Detta beror på att djuphålan fungerar som en "sedimentfälla" till vilken förs en stor del av det syretärande organiska materialet. Dit "rinner" också näringsrikt bottenvatten som uppkommer i de närmaste centimetrarna över botten som sluttar mot det djupaste området. På det sättet blir belastningen per ytenhet betydligt större på djuphålan bottenareal än för sjön i stort."

## 5.2 Biologiska faktorer

### 5.2.1 Växtplankton

Artsammansättningen av växtplankton varierar beroende av eutrofieringsgraden. Problemalger och massförekomster av alger har ett starkt samband med en ökad yttre belastning av närsalter. En stor inre fosforbelastning bidrar också till en ökad mängd skadliga alger (ILMAVIRTA 1990).

I oligotrofa sjöar domineras artsammansättningen av chrysophyter och kallvattens dinoflagellater. Endast en biomassatopp, en vårtopp, förekommer. Då näringskoncentrationen ökar till mesotrofi ökar även antalet arter. Den mesotrofa sjön domineras av diatomer, dinoflagellater, chrysophyter och cyanobakterier. Två eller flera biomassatoppar förekommer. I grunda omblandade eutrofa sjöar dominerar cyanobakterier medan djupa, skiktade eutrofa sjöar domineras av dinoflagellater. Grönalger och euglenider förekommer också. I starkt eutrofa sjöar förblir biomassan hög under hela växtperioden med ett maximum i slutet av sommaren. Instabilitet råder då det förkommer snabba förändringar i biomassan genom självskuggning och toxiska ämnen som bildas vid metabolismen hos algerna (TRIFONOVA 1988).

I det mest extrema fallet, den hypertrofa sjön, har cyanobakterier utvecklats så kraftigt att vattnet färgas starkt grönt och stora sjök ansamlas vid stränderna och i vassen. Hela biomassan representeras av en enda art i massutveckling (t.ex. arter av släktet *Microcystis*) (ROSÉN 1976)

Enligt ovanstående kan man anta att Vargsundet kunde få problem med dinoflagellater i den norra bassängen och cyanobakterier i den södra, om närsaltshalterna ännu ökar. Även med den nuvarande belastningen kunde blomningar av ovanstående arter uppstå om vädret var gynnsamt.

#### 5.2.1.1 Prymnesium

*Prymnesium parvum* blommade kraftigt sommaren 1997 och stora mängder fisk dog på grund av denna alg. Om man känner till algens miljökrav och orsakerna till blomningen kan man möjligen förhindra att detta sker på nytt.

*Prymnesium parvum* hör till gruppen haptofyter, fäсталger. Mest kända familjer i denna grupp som formar blomningar är t.ex. *Emiliana*, *Prymnesium* och *Chrysochromulina* (MOESTRUP 1994). *Chrysochromulina polylepis* blomnade vid den svenska västkusten 1988 och orsakade omfattande skadliga effekter på växt- och djurlivet (LINDAHL & ROSENBERG 1989).

Haptofyter förekommer i alla hav och sjöar (MOESTRUP 1994) och förekommer även i Östersjöns kustvatten (INGMAR et al. 1998). Det finns drygt 10 arter av fäсталger i Östersjön. Ett fåtal sötvattenarter är kända hos oss (LINDHOLM & ÖHMAN 1998). Ökad närsaltbelastning i många akvatiska områden och ökad jordbruksaktivitet har resulterat i blomningar i många områden i världen, trots att antalet arter som är toxiska är litet. Blomningarna är troligen ett naturligt fenomen men ökar med ökad närsaltbelastning (MOESTRUP 1994).

*Prymnesium parvum* är den mest kända fiskdödande fästalgen (LINDHOLM & ÖHMAN 1998). *P. parvum*s toxinsammansättning består av en familj av liknande substanser snarare än en enda komponent och inkluderar cell (cyto) toxiner, lever (haemolytiska) samt nerv (neuro) toxiner. *P. parvum*s toxiner påverkar gälarna hos fisk och gälförsedda grodyngel, medan de grodor som kommit längre i metamorfosen och saknar gälar inte påverkas. *Prymnesium*-blomningarna kan ha ekonomiska följder p.g.a. mindre fångst då fisken simmar iväg, odlad lax och ostron lider och turismen påverkas av t.ex. det skum som produceras under blomning (MOESTRUP 1994).

Fiskdöd anses kunna inträffa då mängden *Prymnesium parvum* överstiger 1.000 celler/ml. I Vargsundet förekom mycket högre koncentrationer. Sommaren 1997 började fiskdöden i slutet av juni. Mest fisk dog omkring den 4-7 juli då fiskdöden var i det närmaste total i den södra bassängen. Tonvis med fisk bl.a. mört, braxen, björkna dog men även stora gäddor och braxen dog i hundratal. Till och med seglivade rudor dog. *Prymnesium*-koncentrationerna översteg 10 000 celler/ml juli och början av augusti men trots det var vatten klart och klorofyll-halterna låga. Vattnet förblev giftigt i nästa två månaders tid. Även en massförekomst av cyanobakterien *Planktothrix agardhii* förekom under samma period i Vargsundet på 5-6 m djup (LINDHOLM & ÖHMAN 1998, LINDHOLM et al 1999).

*Prymnesium*-blomningar brukar vara kortvariga, men de långa perioden blomningen varade 1997 kan ha berott på ovanligt varmt, soligt och vindfattigt sommarväder. Under blomningen var salthalten i ytvattnet ca 2 psu, temperaturen runt 20° C, siktdjupet 1,2-1,5 m i södra bassängen och 2 m i den norra och pH var högt (över 9). Klorofyll a-halterna var måttliga i ytvattnet. Däremot var halterna högre på 5-6 m beroende av cyanobakterieblomningen (LINDHOLM & ÖHMAN 1998).

*Prymnesium parvum* är en brackvattensart som kräver en salthalt på över 1,5 psu (INGMAR et al. 1998). I Danmark har man dock rapporterat blomningar i t.o.m 0,8 psu (MOESTRUP 1994). Som maximivärde anges 12 psu. Algen kan alltså naturligt bekämpas i Vargsundet om salthalten reduceras

till värden under 1 psu. Vid utveckling mot insjö skapas alltså efter en tid en för *Prymnesium* helt oacceptabel miljö, och fiskdöd orsakad av denna alg kommer att undvikas (INGMAR et al 1998).

Algen gynnas av varma vattentemperaturer och förorenade vatten, främst med kväveöverskott (LINDHOLM & ÖHMAN 1998). Ammoniak framkallar celllysis hos algerna och därför anses tillsats av ammonium kunna bekämpa algerna (MOESTRUP 1994). Detta innebär dock i praktiken gödsling av vatten, vilket inte är att rekommendera. Eftersom en total omblandning av vattenmassan skedde hösten före blomningen och stora mängder närsalter blandades upp till den belysta zonen kan detta vara en av orsakerna till blomningen 1997.

#### 5.2.1.2 Cyanobakterier

Cyanobakterieblomningar färgar vattnet grönt och kan rent av bilda en tjock gröt. Blomningarna bildas ofta under lugna soliga dagar. Cyanobakterierna har gasvakuoler med vilkas hjälp de flyter på ytan. Det finns dock teorier om att cyanobakterierna inte "vill" stiga till ytan eftersom det starka solljuset förstör klorofyll-strukturer i cellerna, men att de p.g.a koldioxidbrist eller ansamling av syre i cellerna är tvugna (ILMAVIRTA 1990).

Man har funnit ett samband mellan minskning av oorganiskt kväve och ökad mängd cyanobakterier. Blomningarna börjar ofta då nitrat håller på att ta slut medan fri fosfor finns tillgänglig. Då kväve/fosforbalansen är mindre än 5 gynnas cyanobakterierna, vilket beror på att de har en förmåga att binda kväve ur luften. Massförekomst av cyanobakterier är troligen inte beroende av varmt vatten trots att blomningarna ofta är i augusti i södra Finland (ILMAVIRTA 1990).

De viktigaste giftiga cyanobakterierna i Finland är *Anabaena flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa* och *Planktothrix agardhii* (ILMAVIRTA 1990). Alla dessa arter förekommer i Vargsundet. Eftersom cyanobakterieblomningarna ofta är ett resultat av ökad eutrofiering kan de bekämpas genom att minska mängden närsalter (ILMAVIRTA 1990). Även om *Prymnesium* med framgång kan bekämpas, återstår för framtiden likväl risken för påtagliga cyanobakterieblomningar, som kan orsaka smak- och luktproblem och producera gifter till skada för fågel, fisk och däggdjur (INGMAR et al. 1998).

#### 5.2.2 Bottenfauna

Bottenfauna är bra indikatorer på näringnivåer i sjöar eftersom de är stationära, i motsats till t.ex. djurplankton (WILLÉN 1976). För tillfället består bottenfaunasamhället av stora mängder fjädermyggor (*Chironomidae*) vilka är näringskrävande organismer. Ökad eutrofiering kan antas gynna ytterligare dessa arter. Speciellt *Chironomus plumosus* är kännetecknande för övergödda vattensystem. Arten tål också mycket låga syrehalter.

Utsötning av Vargsundet och därmed följande omblandning av vattenmassan och bättre syreförhållanden skulle gynna bottenfaunan i sjön. I dagens läge kan inte fauna förekomma i stora delar av botten eftersom syrehalterna är för låga.

### 5.2.3 Fisk

Den planerade slussen skulle tillåta fiskvandring under lekperioderna. Enligt ÅDJERS (1999) torde ådran vara en viktig lekvandningsled för fisk, men att leken i Vargsundet troligen har liten betydelse för fiskbeståndet i Bodafjärden. ÅDJERS konstaterar även att fiskbeståndet i Vargsundet kunde upprätthållas av det lokala beståndet. Detta innebär att nödvändigheten för vandringmöjligheter för fisken inte är så stor.

En ökad eutrofiering i en sjö innebär till en början större fångster och snabbare tillväxt hos fisken. Men efter ett tag minskar de ekonomiskt värdefulla fiskarna, fångsten av dessa fiskar minskar och fångsredskapen blir igengroddad. Mörtfiskar och abborre övertar dominansen. I eutrofa vatten bildas lätt smak och luktproblem hos fisken. Orsaker till dessa kan vara cyanobakterier, sporsvampar eller olika ämnen från avloppsvatten. I täta fiskpopulationer ökar parasiter och andra sjukdomar. Även syrebristen ställer till med problem, fiskens habitat minskar och födan missgynnas. Den ökade sedimenteringen gör att rommen som är lagd på botten inte får tillräckligt med syre vilket för med sig att utvecklingen störs eller rommen dör (ILMAVIRTA 1990).

### 5.2.4 Kräfta

I dagens läge verkar kräftbeståndet vara livskraftigt i Vargsundet. Om salthalten ännu minskar i Vargsundet skulle kräftorna trivas ännu bättre eftersom kräftan är känslig för höga salthalter. Dock är kräftan även känslig för föroreningar, vilket alltså måste undvikas för att bibehålla en livskraftig kräftstam. Kräftstammen kan slås ut av muddringar eller andra grumlande åtgärder, varav det finns flera exempel (WESTMAN & NYLUND 1985).

Man kan inte genom "lagliga medel" utrota en kräftstam i en sjö. Den gräns vi har för fångst av kräftor, 10 cm, räcker för att skydda kräftstammen och bibehålla produktionen, trots kraftig kräftning. Kräftthonorna hinner föröka sig flera gånger innan de blir 10 cm. Därför lönar det sig inte att restriktiva fångsten, med vissa undantagsfall, i hopp om stammens stärkning eller ökning av fångsten. Fridlysning ger ofta motsatt resultat och försämrar populationens produktivitet då de stora och långsamtväxande kräftornas antal ökar. Framför allt anses storvuxna hanar trakassera mindre kräftor, vilket gör att ökningen av stora kräftor påverkar stammens produktion negativt (WESTMAN & NYLUND 1985).



### **5.3 Effekter av den ökande mängden fritidsbåtar**

Slussen som planeras skulle vara dimensionerad så att även större båtar kunde komma in och ut ur sjön. Frågan är om detta är en nödvändighet eller om man istället kunde täppa till ådran utan att få tillgång till båttransport. Om båttrafiken ökar i Vargsundet störs bl.a. däggdjur och häckande fåglar. Båtarna skulle även föra med sig en ökad närsaltsbelastning. Muddringar, som kanske skulle måsta ske för att båtarna skulle rymmas vid stränderna, skulle störa kräftorna i sjön.

## **6. Förslag till åtgärder**

Det råder knappast mera oenighet om att Vargsundetsådran bör dämmas upp på sätt eller annat och att saltvatteninflödet till Vargsundet bör stoppas. Detta har redan en gång skett före muddringen på 1930-talet och är sålunda naturens egen lösning. Frågan kvarstår hur detta skall ske. På förslag har varit en sluss som skulle kunna öppnas för båttrafik, tillåta fisken att vandra till och från sjön men samtidigt hindra saltvattensinflödet. Ideen är bra, men frågan är om man kunde klara sig med en billigare lösning och satsa pengarna på andra restaureringsprojekt i sjön, eftersom de förhöjda närsaltshalterna kan åstadkomma problem i framtiden.

Är båttrafiken till sjön verkligen är nödvändig? En ökad båttrafik kunde skada sjön. Det har konstaterats att den stationära fiskenstammen i Vargsundet troligen klarar sig även om ingen vandring till sjön kan ske.

Magasiner av bevattningvatten kunde föra med sig negativ följd eftersom då man höjer vattennivån på våren, våtläggs åkermark och sådden försämras. Närsaltsläckaget blir också större från den odlade marken som våtläggs. Under våta somrar behövs knappast lagring av vatten eftersom bevattning är onödig medan det under torra vårar och somrar inte finns lagringsbart vatten.

Man bör observera att inga omedelbara resultat är att vänta, oberoende av vilka åtgärder som görs. Situationen kan rentav tillfälligt försämras, men troligen förbättras och stabiliseras med åren.

Här presenteras några förslag på möjliga åtgärder för att främst åtgärda närsaltsproblematiken.

### **6.1 Närsaltsminskning**

Innan direkta restaureringsåtgärder vidtas för att restaurera sjön är det viktigt att minska den yttre belastningen. Den yttre belastningen kan bestå av t.ex. regnvatten, närsalter från åkrarna eller avloppsvatten medan den inre belastningen beror av t.ex. sjöns djup, strömningsförhållanden och fiskebeståndets kvalitet. Då man planerar åtgärder för att minska den yttre belastningen är det viktigt att ta reda på alla belastningskällor och deras andel av den totala belastningen (ILMAVIRTA 1990).

Jordbruk på sand eller mjäljord kan ha avsevärd påverkan på vattenområden, speciellt användningen av konst- och stallgödsel. Man kan minska belastningen från åkrarna genom att se till att

åkrarna har en god grundkondition. Genom undersökningar av jordmånen och stallgödslet fås fram den optimala mängden gödsel för att undvika överdosering. Man bör även undvika att sprida gödsel på hösten och på våren bör man gödsla efter att tjälen gått ur marken och därefter täcka över gödslet genast. Runt vattendragen bör tillräckliga skyddszoner upprättas osv. För att minska belastningen från boskapsskötsel bör tillräckligt stora och täta förvaringsutrymmen för stallgödsel och urin byggas. Vid utspridning av stallgödsel bör man ha en 20 m gränsszon till vattendragen. På lerjordar och i slutningar bör denna zon vara bredare, upp till 50 m. Flera av dessa punkter finns med bland de lagstadgade miljöåtgärder Ålands landskapssyrelse har (Anon 1999 a).

Från en naturlig bra skog frigörs lite näring eftersom träden effektivt suger upp närsalterna och binder dem i sin biomassa. Skogsbruk ändrar omständigheterna då utdikning, kalhyggen, bearbetning av marken och gödsling ökar mängden näring som frigörs till vattnet. Genom att planera diken så att partiklar och närsalter stannar kvar i skogen, genom att undvika kalhyggen, genom att gödsla endast skogar med bra träd och genom att lämna en 20 m bred skyddszon vid bearbetning till närliggande vattendrag kan man minska mängden närsalter som kommer från skogsbruk till vattendragen.

Bosättningen är också en belastande faktor. I tätare glesbyggd är gemensamt avlopp och samordnad avloppshantering att föredra. För enskilda hus rekommenderas fungerande markfilter eller slutna tankar. Även avstjälpningsplatser är en belastningskälla där man bör se till inget spillvatten rinner från platsen t.ex. genom tät markgrunden är tät, effektiva uppsamlingsdiken, rening av spillvatten o.s.v.

Inflöden som bäckar och åar för med sig närsalter. Genom att bygga sedimentationsbassänger för vattnet före det når sjön kan man binda närsalterna, låta dem sedimentera och sedan muddra med jämna mellanrum. Bassängerna är betydligt lättare att muddra än själva sjön.

En beräkning av belastningen till Vargsundet har gjorts av FLINK (1997). Enligt denna beräkning kom en stor del av närsalterna från kompostfältet i Västansunda. Belastningen från kompostfältet har senare omräknats av landskapsstyrelsen. Enligt de nya siffrorna var mängden fosfor från kompostanläggningen inte påvisbar medan mängden kväve varierade med nederbörden (LINDQVIST 1998). Därför användes för kvävebelastningen värden från det vatten som utgår från anläggningen, även om dessa är lite för höga (ANON 1999 c). Sammanställningen finns presenterad i tabell 7.

Tabell 7. Yttre belastning till Vargsundet (kg/år och %). Enligt FLINCK 1997, LINDQVIST 1998 (halten fosfor från kompostfältet) och ANON 1999c (mängden kväve från kompostfältet).

*External loading in lake Vargsundet (kg/year and %). According to FLINCK 1997, LINDQVIST (the phosphorus loading from the compost field) 1998 and ANON 1999c (the nitrogen loading from the compost field).*

	Kväve		Fosfor	
Lakvatten från markområden				
åkermark	8700 kg/år	48%	522 kg/år	47 %
utdikad skogsmark	150 kg/år	1%	13,5 kg/år	1 %
bakgrundsbelastning	4040 kg/år	22 %	101 kg/år	9 %
djurhållning	3350 kg/år	18 %	142 kg/år	13 %
Bosättning	1605 kg/år	9 %	321 kg/år	29 %
Punktbelastningar				
avfallsdeponi	119 kg/år	1%	2,5 kg/år	0 %
kompostfält	322 kg/år	2 %	0 kg/år	0 %

Enligt uträkningarna kommer största delen av både fosfor (48%) och kväve (47%) från åkermarken, d.v.s. att jordbruket står för den största belastningen och borde därmed åtgärdas i första hand. Även djurhållning (18% kväve och 13% fosfor) och bosättning (9% kväve och 29% fosfor) står för en stor del av belastningen. Bakgrundsbelastningen står också för en stor del av belastningen (22% kväve och 9% fosfor) men denna typ av belastning är svår att åtgärda eftersom källorna kan vara näring från t.ex. regnvatten och därmed från andra områden (tabell 7).

## 6.2 Sjörestaurering

De flesta sjörestaureringprojekt går ut på att minska den interna belastningen. I Vargsundet kommer närsaltsproblematiken troligen att bli aktuell, vilket gör att den diskuteras här. Vid diskussionen antas att ådran täppts igen, på sätt eller annat. Hela kapitlet är en sammställning från ILMAVIRTA (1990) om inte annat anges.

### 6.2.1 Syresättning av vatten och sediment

På grund av eutrofiering bildas ofta syrefria bottenvatten och sediment. Genom luftning av bottenvattnet höjs syrehalten i vattnet. Ämnen som bildas under anaeroba förhållanden, som t.ex. ammonium, svavelväte och metan försvinner. Den inre fosforbelastningen liksom lukt- och smakproblem minskar och livsmiljön för fisk, djurplankton och bottenfauna förbättras. Syresättning av sedimentet innebär bättre nedbrytning av organiskt material och att sedimentets förmåga att binda fosfor förbättras vilket innebär att den interna belastningen av fosfor minskar.

Kritik mot metoden har förekommit eftersom den i vissa fall endast fungerar som "konstgjord andning" och syrebrist uppstått igen efter att man slutat luftningen. En permanent förbättring kan dock fås till stånd om man samtidigt minskar den yttre belastningen.

Det finns olika metoder att lufta vattnet i en sjö. Alla metoder innebär inte en total omblandning och söndring av skitningen utan endast bottenvattnet luftas. Detta kunde vara ett alternativ för Vargsundet eftersom en total omblandning kunde föra med sig stora algblomningar då den stora närsaltsmängden från bottenvattnet kommer till ytan på en gång.

### **6.2.2 Kemiska metoder**

Trots att den yttre belastningen minskar i en sjö kan problem förekomma i årtionden innan förbättring sker. För att försnabba förbättringen kan man kemiskt binda fosfor och därmed inaktivera sedimentet. På lång sikt ger endast en normalisering av redox-potentialen i bottenvattnet och sedimentet hållbara resultat.

Järn- och aluminiumsalter används för att binda upp fosfor eftersom de bildar svårlösliga föreningar med fosfor. Problemen ligger i att järn inte kan användas i syrefria förhållanden eftersom föreningarna med fosfor löser sig då järnet reduceras. Aluminium är däremot inte beroende av syresituationen men har däremot en försurande effekt på vattnet och är giftigt för t.ex. fisk vid lågt pH.

Hos oss är metoden speciellt användbar eftersom man kan strö ut kemikalierna på isen och därmed minska kostanderna. Vårvinter är även av andra orsaker den bästa tiden för tillsats av kemikalier eftersom fosfor då är i huvudsak i oorganisk löst form och binds bäst till de tillsatta kemikalierna.

Man kan också öka redox-potentialen i sedimentet genom tillsats av nitrat med den s.k. Riplox-metoden. Nitraten fungerar som oxidationsmedel. Dock krävs speciell utrustning eftersom nitraten tillsätts direkt i sedimentet. Denna utrustning är komplicerad och dyr. Dessutom frigörs inte all nitrat från vattnet i gasform. Fördelar är att nitrat, i jämförelse med aluminium, inte är giftig.

### **6.2.3 Muddring av sedimentet**

Man kan minska den interna belastningen genom att muddra bort av det näringsrika bottensedimentet. Innan detta görs måste man dock få den yttre fosforbelastningen tillräckligt låg så att muddringen ger hållbara resultat. Eftersom metoden är dyr måste noggranna undersökningar göras före ingreppet, bl.a. hur mycket sediment som måste tas bort och om det underliggande sedimentet är av tillräckligt bra kvalitet. Dock är det den effektivaste restaureringsmetoden. Det borttagna sedimentet kan t.ex. användas som jordförbättringsmaterial. Muddringen påverkar dock fisk och kräftor negativt då vattnet grumlas under muddringen. Muddring är svårt på djup över två meter vilket gör att denna metod inte direkt lämpar sig för Vargsundets norra bassäng.

#### 6.2.4 Utspädning och bortpumpning av bottenvatten

Om bottenvattnet har en större koncentration närsalter än ytvattnet och om vattenmassan är skiktad kan man pumpa bort det näringsrika bottenvattnet och därmed minska den interna belastningen. Metoden är dock inte speciellt effektiv.

Det krävs speciella förutsättningar vid användning av metoden vilket gör att den har använts i begränsad omfattning. Det måste finnas rent vatten tillgängligt till en rimlig kostnad och det krävs en lämplig recipient för det syrefattiga och näringsrika bottenvattnet (PETTERSON & WALLSTEN 1990).

#### 6.2.5 Biomanipulering

Den ursprungliga avsikten med biomanipulering var att reducera mängden växtplankton i en eutrofierad sjö genom att manipulera högre trofiska nivåer (fisk). Enkelt uttryckt äts växtplankton av djurplankton som i sin tur äts av bytesfisk (främst mörtfisk och små abborrar), vilka äts av rovfisk, såsom gädda, gös och stora abborrar. Mängden önskad bytesfisk kan reduceras genom att tillsätta rovfisk till sjön eller genom att man fiskar selektivt efter bytesfisk. (HANSSON 1998).

I eutrofa sjöar finns ofta ett stort mörtfiskbestånd. Då djurplankton tar slut övergår mörtfiskarnas födoval till bottensedimentet, vilket ger en ökad bioturbation av sedimentet och den interna belastningen i sjön ökar. Genom fångst av stora mängder mörtfisk kan problemet avhjälpas.

Orsaker till att biomanipuleringen inte alltid fungerat har berott på att de effekter man noterat efter en biomanipulering har berott på andra faktorer än ökad betning av djurplankton på växtplankton. T.ex. kan makrofytter ha påverkat systemet. Algsamhället kan även förskjutas mot betningsresistenta arter. Effekterna kan också ha dämpats neråt i födoväven.

#### 6.2.6 Vegetationsbekämpning

Strand- och vattenvegetationen är en viktig del av sjön. Fisk leker och fåglar häckar, söker skydd och föda bland växtligheten. Strandvegetationen förhindrar erosion och binder samtidigt näring och partiklar. Ibland kan dock vegetationen störa användningen av stranden. Detta beror i allmänhet på vattennivåsänkning och/eller ökad yttre belastning.

Slåtter av vegetation är en billig och snabb metod som dock begränsar sig till växter med luftskott. Det är viktigt att genast ta bort de slagna växterna från vattnet och transportera dem bort, åtminstone 20 m från vattnet, så att närsalter inte kan rinna tillbaka till sjön. Resultaten från slåtter är oftast kortsiktiga. Den biomassa som tas bort från sjön kan användas som foder, "bränsle" eller som kompost.

Tidpunkter för slåtter är viktig eftersom fåglarnas häckning inte får störas. T.ex. vassen innehåller mest näring på för och högsommaren och borde därmed slås under denna period.

Även andra metoder har användts för att bekämpa vattenvegetationen.

## 7. Slutsatser

Enligt de resultat från undersökningar gjorda sommaren 1998 (NUMMELIN & PERUS 1999) och sommaren 1999 är vattnet i Vargsundet av relativt god kvalitet. Inga algblomningar har iakttagits medan fisk- och kräftbestånden varit livskraftiga. Det finns dock problem. Den norra bassängen är starkt skiktad och svavelväte i samband med syrebrist förekommer på djup under ca 10 m. Stora mängder närsalter finns lagrade i bottenvattnet i den norra bässäng men även ytvattnet i hela sjön visar tydliga tecken på eutrofiering.

För att förbättra sjöns tillstånd är det viktigt att stoppa inflödet av havsvatten till sjön och därmed så småningom rubba den permanenta skiktningen som råder i sjöns norra bassäng. Samtidigt minskar salthalten, vilket gynnar bl.a. kräftor och missgynnar alger som *Prymnesium parvum*. Närsaltproblematiken löses däremot inte. Tvärtom kan stora mängder närsalter komma i omlopp från det nu stangerade bottenvattnet till ytvattnet där alger kan utnyttja dem. Därför kan ytterligare åtgärder krävas för att få bukt med både sjöns externa och interna belastning. Resurserna bör fördelas så, att den största möjliga nyttan kan göras. Kan man stoppa inflödet till sjön på ett billigare sätt än den planerade slussen och satsa på andra förbättrade åtgärder istället?

## 8. Referenser

- Anon 1999 a. Program för landsbygdens utveckling i landskapet Åland 2000-2006. Landskapsstyrelsens förslag till Europeiska Gemenskapernas Kommission, godkänt av landskapsstyrelsen den 1 juli 1999. 72 s.
- Anon 1999 b. Sjöar och vattendrag. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Naturvårdsverket, rapport 4913. Naturvårdsverkets förlag, Stockholm. 101 s.
- Anon 1999 c. Ålands miljöprövningsnämnd. Beslut. Ärendenummer ÅMN-31-98-97. Koperiat material. 7s.
- Flink, C-G. 1997. Behandling av lakvatten från Vargsundet/Öjvikens tillrinningsområde. Terrana Ab, Mariehamn. Ålands landskapsstyrelse. F 60. Kopierat material.
- Hansson, L.-A. 1998. Biomanipulering som restaureringsverktyg för näringsrika sjöar. En kunskapssammanställning. Naturvårdsverket, Rapport 4851. 107 s.
- Ilmavirta, V. (red.) 1990. Järvien kunnostus ja hoidon perusteet. Yliopistopaino, Helsinki. 479 s.
- Ingmar, T., Tirén, T. & Willén, T. 1998. Utlåtande angående skilda sätt att - nu och på längre sikt - hantera Vargsundet/Vargsundsådran i Finströms och Hammarlands kommuner. Till Ålands Miljöprövningsnämnd. Kopierat blad. 7 s.
- Lindahl, O. & Rosenberg, R. (eds.) 1989. Algblomningen av *Chrysochromulina polylepis* vid svenska västkusten 1988. Fysisk-kemiska, biologiska och effektrelaterade studier. Naturvårdsverket Rapport 3602. Modin-Tryck AB, Stockholm
- Lindholm, T. 1975. Meromiktiska sjöar på Åland - en undersökning av åländska sjöar med bräckt vatten. Husö biologiska station. Meddelande nr 17. s. 17-40
- Lindholm, T. 1991. Från havsvik till insjö. Miljöförlaget, Åbo. 160 s.
- Lindholm, T. & Öhman, P. 1998. Fiskdöden i Vargsundet på Åland 1997. Skärgård 2/1998. s. 34-36.
- Lindholm, T., Öhman, P., Kurki-Helasma, K., Kincaid, B & Meriluoto, J. 1999. Toxic algae and fish mortality in a brackish-water lake in Åland, SW Finland. *Hydrobiologia* 397: 109-120.
- Lindqvist, S. 1998. Läckage av näringsämnen från Widmans komposteringsanläggning. Utredning 4. Kopierat material. 2 s. 4 bilagor.
- Nordström, R. 1998. Vargsundet/Ösundet, Utredning 1. Gutterp. Kopierat blad. 7 s.
- Meteorologiska institutet. [Http://www.fmi.fi](http://www.fmi.fi). 20.9.1999
- Moestrup, Ø. 1994. Economic aspects: 'blooms', nuisance species, and toxins. I: Green, J.C. & Leadbeater, B.S.C. (eds.). *The Haptophyte Algae. Systematics Association Special Volume No 51.* Claredon Press, Oxford. s. 265-285.

- Nummelin, C & Perus, J. 1999. Hydrografi, primärproduktion, växtplankton-sammansättning, bottenfauna, kräft- och fiskbestånd i Vargsundet sommaren 1998. Forskningsrapporter från Husö biologiska station, No 98. Inst. för biologi, Åbo Akademi. 36 s.
- Petterson, K & Wallsten, M. 1990. Sjörestaurering i Sverige. Metoder och resultat. Naturvårdsverket, rapport 3817. Solna. 57 s.
- Rosén, G. 1976. Växtplankton i insjöar. I: Sjöar under påverkan. Diagnos. (red: Åkerblom, A.) Statens naturvårdsverk. Liberförlag, Solna. 161 s.
- Storberg, K-E. 1980. Situationen i Vargsundet under 1970-talet, med speciell hänsyn till kräftbeståndet. Forskningsrapport till Ålands landskapsstyrelse - Husö biologiska station, nr 17. 7 s.
- Tikkanen, T & Willén, T. 1992. Växtplanktonfloran. Naturvårdsverkets förlag, Solna. 280 s.
- Torpström, H & Lappalainen, M. 1992. Järvien biomanipulaation perusteita ja käytännön mahdollisuuksia. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja - sarja A, 95. Helsinki. 44 s.
- Trifonova, I. 1988. Oligotrophic-Eutrophic Sucession of Lake Phytoplankton. I: Algae and the Aquatic Environment. Contributions in honour of J. W. G. Lund. (red: F. E. Round). Biopress, Bristol. s 107-124.
- Westman, K. & Nylund, V. 1985. Rapu ja ravustus. Weilin & Göös, Espoo. 173 s.
- Willén, T. 1976. Plankton och bottendjur i de stora sjöarna. I: Sjöar under påverkan. Diagnos. (red: Åkerblom, A.) Statens naturvårdsverk. Liberförlag, Solna. 161 s.
- Wistbacka, S. 1992. En *base-line* inventering av fisksamhällenas sammansättning längs en skärgårdsgradient på nordvästra Åland. Forskningsrapport från Husö biologiska station. No 82. 30 s.
- Ådjers, K. 1986. Undersökning av Vargsundet. Forskningsrapport till Ålands landskapsstyrelse - Husö biologiska station. Ny serie Nr 53. 18 s.
- Ådjers, K. 1999. Rapport över provfiske med katsor i Vargsundsådran. Kopierat material. 1 s.
- Östman, T. 1990. Undersökning av Boda-, Ivarskärs- och Svartsmarafjärden samt sjön Vargsundet på NW Åland sommaren 1990: hydrografi och vattenkvalitet. Forskningsrapporter från Husö biologiska station No 78. 21 s.



Bilaga 1. Hydrografi- och näringsdata för Vargsundet sommaren 1999  
3.6.99

Väder: molnighet 1/8-4/8, vindstyrka 3 m/s vindriktning NO

Station N

Siktdjup: 1,75 m

Djup m	Temp. °C	pH	Ledn. f. mScm <sup>-1</sup>	Salinitet psu	Syre mg/l	Syre %	Chl.a. µg/l	Tot N µg/l	Tot P µg/l	Fosfat µg/l	Nitrat µg/l	Nitrit µg/l
0	16.2	8.44	1.69	0.76	10.35	105.4	3.60					
1	16.0	8.47	1.69	0.76	10.32	104.7	3.82	1000	48	16	79	6
2	16.0	8.47	1.69	0.76	10.46	106.1	4.04					
3	15.6	8.46	1.68	0.75	10.70	107.6	6.63					
4	15.5	8.48	1.69	0.76	10.46	104.9	6.29					
5	15.5	8.47	1.68	0.75	10.43	104.6	6.07	990	31	11	58	6
6	15.4	8.44	1.69	0.76	10.35	103.6	6.18					
7	10.9	7.74	1.83	0.85	8.08	73.1	3.60					
8	9.1	7.67	1.80	0.83	7.79	67.6	3.60					
9	8.6	7.58	1.83	0.85	7.14	61.2	3.48					
10	8.1	7.50	1.92	0.91	5.78	48.9	3.71	1100	20	3.5	116	14
15	6.3	7.25	3.12	1.72	0.00	0	1.69	1600	75			
20	5.9	7.14	5.69	3.44	0.00	0	0.79	5200	350			
25	5.9	7.11	5.85	3.55	0.00	0	1.01	6200	380			
30	5.9	7.12	5.88	3.57	0.00	0	1.01	7100	390			

Station S

Siktdjup: 1,0 m

Djup m	Temp. °C	pH	Ledn. f. mScm <sup>-1</sup>	Salinitet psu	Syre mg/l	Syre %	Chl.a. µg/l	Tot N µg/l	Tot P µg/l	Fosfat µg/l	Nitrat µg/l	Nitrit µg/l
0	17.6	8.85	1.37	0.55	12.14	127.4	40.34					
1	17.5	8.79	1.38	0.55	12.22	128.0	52.92	1100	55	13	<1	6
2	17.5	8.75	1.36	0.54	12.02	125.9	44.83					
3	15.4	8.10	1.54	0.66	8.77	87.8	6.29					
4	11.1	7.48	1.64	0.73	3.66	33.3	4.83					
5	9.1	7.33	1.68	0.75	0.00	0.0	8.76	1500	42			

## 5.7.99

Väder: molighet från 8/8 till 3/8, vindstyrka 3-5 m/s, vindriktning S

Station N

Siktdjup: 3,0 m

Djup m	Temp. °C	pH	Ledn. f. mScm <sup>-1</sup>	Salinitet psu	Syre mg/l	Syre %	Chl.a. µg/l	Tot N µg/l	Tot P µg/l	Fosfat µg/l	Nitrat µg/l	Nitrit µg/l
0	19.6	8.85	1.61	0.71	9.86	107.6	8.70					
1	19.6	8.84	1.71	0.77	9.95	108.6	8.43	790	23	4.0	18	2
2	19.6	8.81	1.72	0.78	9.89	108.0	9.91					
3	19.6	8.81	1.72	0.78	9.92	108.3	8.22					
4	19.6	8.83	1.71	0.77	9.84	107.4	7.96					
5	18.6	8.59	1.71	0.77	8.06	86.2	7.48	810	21	4.0	26	3
6	17.3	7.97	1.81	0.84	6.02	62.8	4.31					
7	15.7	7.78	1.76	0.81	4.74	47.8	4.58					
8	13.3	7.59	1.82	0.85	2.94	28.1	4.38					
9	9.4	7.45	2.00	0.97	1.79	15.6	3.17					
10	8.7	7.41	2.05	1.00	1.28	11.0	3.10	1200	27	5.0	153	7
15	6.4	7.29	3.19	1.77	0.00	0.0	1.08	1900	94			
20	5.9	7.22	5.71	3.45	0.00	0.0	0.27	4900	360			
25	5.9	7.20	5.87	3.56	0.00	0.0	0.34	6800	380			
30	5.9	7.19	5.90	3.58	0.00	0.0	0.34	7500	390			

Station S

Siktdjup: 2,0 m

Djup m	Temp. °C	pH	Ledn. f. mScm <sup>-1</sup>	Salinitet psu	Syre mg/l	Syre %	Chl.a. µg/l	Tot N µg/l	Tot P µg/l	Fosfat µg/l	Nitrat µg/l	Nitrit µg/l
0	20.4	8.74	1.42	0.58	9.55	106.0	8.22					
1	20.4	8.76	1.51	0.64	9.73	108.0	8.76	880	35	8.0	<1	<1
2	20.4	8.77	1.52	0.65	9.58	106.3	8.83					
3	20.2	8.72	1.52	0.65	9.01	99.6	8.63					
4	16.6	7.54	1.56	0.67	0.62	6.4	14.76					
5	14.6	7.42	1.58	0.69	0.00	0.0	42.07	1600	51			

2.8.99

Väder: molighet 0/8, vindstyrka 0 m/s

Station N

Siktdjup: 3,0 m

Djup m	Temp. °C	pH	Ledn. f. mScm <sup>-1</sup>	Salinitet psu	Syre mg/l	Syre %	Chl.a. µg/l	Tot N µg/l	Tot P µg/l	Fosfat µg/l	Nitrat µg/l	Nitrit µg/l
0	23.0	9.17	1.75	0.80	11.23	131.0	5.60					
1	22.4	9.12	1.90	0.90	10.94	126.2	7.62	790	25	6.0	<1	<1
2	20.5	9.06	1.93	0.92	10.42	115.9	10.31					
3	20.3	9.09	1.93	0.92	11.55	127.9	7.28					
4	21.3	9.08	1.93	0.92	11.47	129.5	8.16	760	24	5.5	<1	<1
5	20.6	8.69	1.98	0.95	7.52	83.7	6.47					
6	14.4	7.89	2.12	1.05	4.27	41.9	3.84					
7	17.9	7.62	2.12	1.05	1.84	19.4	3.30					
8	15.8	7.38	2.08	1.02	0.45	4.5	2.97					
9	11.0	7.21	2.07	1.01	0.18	1.6	2.76					
10	9.2	7.17	2.10	1.03	0.16	1.4	1.96	970	29	4.5	<1	<1
15	6.6	7.10	3.40	1.91	0.00	0.0	1.35	1600	55			
20	6.0	7.00	5.91	3.59	0.00	0.0	0.54	7700	360			
25	5.9	7.01	6.06	3.69	0.00	0.0	0.61	5400	380			
30	6.0	6.99	6.11	3.72	0.00	0.0	0.88	7300	380			

Station S

Siktdjup: 2,0 m

Djup m	Temp. °C	pH	Ledn. f. mScm <sup>-1</sup>	Salinitet psu	Syre mg/l	Syre %	Chl.a. µg/l	Tot N µg/l	Tot P µg/l	Fosfat µg/l	Nitrat µg/l	Nitrit µg/l
0	22.8	9.18	1.70	0.77	12.61	146.6	12.94					
1	22.6	9.22	1.69	0.76	13.18	152.5	14.16	1100	46	10	<1	<1
2	22.0	9.19	1.69	0.76	11.50	131.6	12.81					
3	21.2	8.85	1.73	0.79	8.45	95.3	11.12					
4	19.7	7.84	1.71	0.77	2.85	31.2	12.61					
5	15.0	7.07	1.74	0.79	0.00	0.0	91.12	2900	64			

Bilaga 2. Bottenfauna i Vargsundet den 18 juni 1999

Station 1b Art	Individantal/m <sup>2</sup>			Medeltal s. d.		Våtvikt g/m <sup>2</sup>			Medeltal s. d.	
	Hugg 1	Hugg 2	Hugg 3			Hugg 1	Hugg 2	Hugg 3		
Chironomus sp.	69			23	40	0,0554			0,0185	0,0246
Asellus aquaticus	1453	623	1107	1061	417	3,1280	1,1211	2,2007	2,1499	1,0044
Ostracoda	1		69	23	40					
Copepoda typ Cyclops	7			2	4	0,0069			0,0023	0,0040
Hydrobia		104		35	60		0,1211		0,0404	0,0699
cf. Agabus uliginosus		35		12	20		0,1073		0,0358	0,0619

Station 1c Art	Individantal/m <sup>2</sup>			Medeltal s. d.		Våtvikt g/m <sup>2</sup>			Medeltal s. d.	
	Hugg 1	Hugg 2	Hugg 3			Hugg 1	Hugg 2	Hugg 3		
Chironomus sp.	381	277	519	392	121	0,2941	0,1972	0,1488	0,2134	0,0740
Chironomus plumosus	138			46	80	0,2941			0,0980	0,1698
Chironomus puppa		104		35	60		0,1142		0,0381	0,0659
Oligochaeta		104	35	46	53					
Ostracoda	1626	1488	3529	2215	1141					
Bithynia spp.		35		12	20					
cf. Limnophilus		104		35	60		0,2042		0,0681	0,1179

Station 2 Art	Individantal/m <sup>2</sup>			Medeltal s. d.		Våtvikt g/m <sup>2</sup>			Medeltal s. d.	
	Hugg 1	Hugg 2	Hugg 3			Hugg 1	Hugg 2	Hugg 3		
Chironomus sp.	934	2318	208	1153	1072	0,3253	0,6401	0,069	0,34487	0,2860
Chironomus sp. puppa	69	138		69	69	0,0277	0,0346		0,02077	0,0183
Chironomus sp. adult	69			23	40					
Chironomus plumosus	138	104		81	72	0,9273	0,1626		0,3633	0,4952
Ostracoda	934	1315	623	957	347					
Oligochaeta	35			12	20					
Ephemerida larv		35		12	20		0,0519		0,0173	0,0300

Station 3a Art	Individantal/m <sup>2</sup>			Medeltal s. d.		Våtvikt g/m <sup>2</sup>			Medeltal s. d.	
	Hugg 1	Hugg 2	Hugg 3			Hugg 1	Hugg 2	Hugg 3		
Chironomus sp.	519	692	692	634	100	0,2076	0,3599	0,4187	0,3287	0,1089
Chironomus sp. puppa	35	35		23	20		0,0104		0,0035	0,0060
Chironomus plumosus	35	138		58	72	0,0934	0,4567		0,1834	0,2413
Ostracoda	1730	5779	4291	3933	2048					
cf. Limnophilus sp.		35		12	20		0,0104		0,0035	0,0060

Station 3b Art	Individantal/m <sup>2</sup>			Medeltal s. d.		Våtvikt g/m <sup>2</sup>			Medeltal s. d.	
	Hugg 1	Hugg 2	Hugg 3			Hugg 1	Hugg 2	Hugg 3		
Chironomus sp.	104	69	173	115	53	0,0346	0,0346	0,0554	0,0415	0,0120
Chironomus plumosus	138	242	208	196	20	1,8304	2,2664	3,9170	2,6713	1,1006
Chironomus puppa	35			12	53					
Oligochaeta	104	35	35	58	40	0,0311	0,0035	0,0104	0,0150	0,0144
Ostracoda	138	761	796	565	370					
Nematoda			69	23	40			0,0830	0,0277	0,0479

Station 4b Art	Individantal/m <sup>2</sup>			Medeltal s. d.		Våtvikt g/m <sup>2</sup>			Medeltal s. d.	
	Hugg 1	Hugg 2	Hugg 3			Hugg 1	Hugg 2	Hugg 3		
Chironomus sp.	346	173		173	173	0,2561	0,1869		0,1477	0,1325
Chironomus plumosus	173	104	35	104	69	1,2249	5,1869	1,4152	2,6090	2,2346
Ostracoda	1696	484	138	773	818					
Oligochaeta	208	69		92	106	0,0346	0,0035		0,0127	0,0190

Bilaga 3. Yngelnotning I Vargsundet den 7 juli 1999

**Station N3**

Allmän beskrivning: Vassomringad stenig vik, snabbt djupt			
Notbredd: 10 m			
Temp: 19,5 °C	Ledn.f.: 1,73 mScm <sup>-1</sup>	Syrehalt: 9,81 mg/l	
pH: 8,82	Salinitet: 0,79 psu	Syre%: 106,9	

Abborre	60 st	Medellängd, mm	35,7
Abborre	1 st	Längd, mm	68
Mört	2 st		69
			115

**Station N1**

Allmän beskrivning: Vassvik, täckninggrad ca 30%, djup: 1 m			
Notbredd: 10 m			
Temp: 21 °C	Ledn.f.: 1,52 mScm <sup>-1</sup>	Syrehalt: 10,35 mg/l	
pH: 8,82	Salinitet: 0,65 psu	Syre%: 116,2	

Abborre	1 st	Längd, mm	30
Abborre	26 st	Medellängd, mm	72,4
Abborre	1 st	Längd, mm	163
Mört	3 st		57
			65
			108

**Station N4**

Allmän beskrivning: Vassvik, 100 % täckninggrad, snabbt djupt			
Notbredd: ca 5 m			
Temp: 21 °C	Ledn.f.: 1,57 mScm <sup>-1</sup>	Syrehalt: 10,18 mg/l	
pH: 8,83	Salinitet: 0,68 psu	Syre%: 114,2	

Abborre	129 st	Medellängd, mm	31,5
Abborre	8 st	Längd, mm	70
			72
			77
			74
			86
			70
			80
			80
Mörtfiskar	7 st	Medellängd, mm	25
Mört	12 st	Längd, mm	54
			56
			56
			59
			60
			62
			62
			63
			63
			73
			99
			112

### Station Y3

Allmän beskrivning: Ingen vass, djup 2m		
Notbredd: 10 m		
Temp: 21 °C	Ledn.f.: 1,52 mScm <sup>-1</sup>	Syrehalt: 11,18 mg/l
pH: 8,99	Salinitet: 0,65 psu	Syre%: 125,5

Mört	10 st	Längd, mm	98
			107
			100
			110
			111
			121
			150
			150
			158
			188
Löja	2 st	Längd mm	94
			113

### Station Y1

Allmän beskrivning: Klippudde		
Notbredd: 10m		
Temp: 21 °C	Ledn.f.: 1,55 mScm <sup>-1</sup>	Syrehalt: 11,22 mg/l
pH: 9,00	Salinitet: 0,67 psu	Syre%: 125,9

Abborre	321 st	Medellängd, mm	30,75
Abborre	15 st	Längd, mm	64
			66
			67
			70
			72
			72
			72
			72
			73
			74
			77
			79
			81
			83
			117
Mört	17 st		58
			60
			60
			61
			61
			62
			63
		52	64
		57	66
		58	66
		58	70
		58	72

Bilaga 4. Provfiske

Natten mellan 15-16 juli, nedläggning kl 18.45-20.00

Väder 4/8-1/8, vind S2

Hydrografi (tagna med YSI 63-sond)

Nät	Djup (m)	Temp (°C)	Salth. (psu)	pH	Siktdjup (m)
F1	2,0-2,6	24	0,9	9,45	0,65
F2	7,3-8,0	16,8	0,9	7,49	1,2
F3	3,8-7,0	22,3	0,9	8,88	3,2
F4	17,0-18,0	6,4	2,1	7,07	3,2
F5	2,3-4,0	21,7	0,9	8,71	2,4
F6	1,2-1,9	23,3	0,8	7,51	1,8

Antal individer av de olika arterna och de olika näten.

	1	2	3	4	5	6	Summa	%
Abborre	9	16	83	0	28	40	176	45,01
Mört	83	2	24	0	19	30	158	40,41
Björkna	5	8	4	0	5	3	25	6,39
Braxen	8	0	0	0	2	3	13	3,32
Sarv	1	0	0	0	0	3	4	1,02
Ruda	0	0	0	0	1	0	1	0,26
Nors	1	4	2	0	0	0	7	1,79
Gärs	0	3	1	0	0	0	4	1,02
Gädda	0	2	0	0	1	0	3	0,77
Summa	107	35	114	0	56	79	391	100

Biomassan av de olika arterna och de olika näten

	1	2	3	4	5	6	Summa	%
Abborre	594	1328,5	6653,9	0	2607,5	3086,7	14270,6	48,90
Mört	4759,1	142,5	793,1	0	758,7	1965,9	8419,3	28,85
Björkna	152,8	342,8	75,7	0	155,3	148,8	875,4	3,00
Braxen	1047,3	0	0	0	302,6	322,8	1672,7	5,73
Sarv	19,4	0	0	0	0	129,2	148,6	0,51
Ruda	0	0	0	0	698	0	698	2,39
Nors	19,4	120,3	36,7	0	0	0	176,4	0,60
Gärs	0	85,1	17,4	0	0	0	102,5	0,35
Gädda	0	1808,9	0	0	1012	0	2820,9	9,67
Summa	6592	3828,1	7576,8	0	5534,1	5653,4	29184,4	100

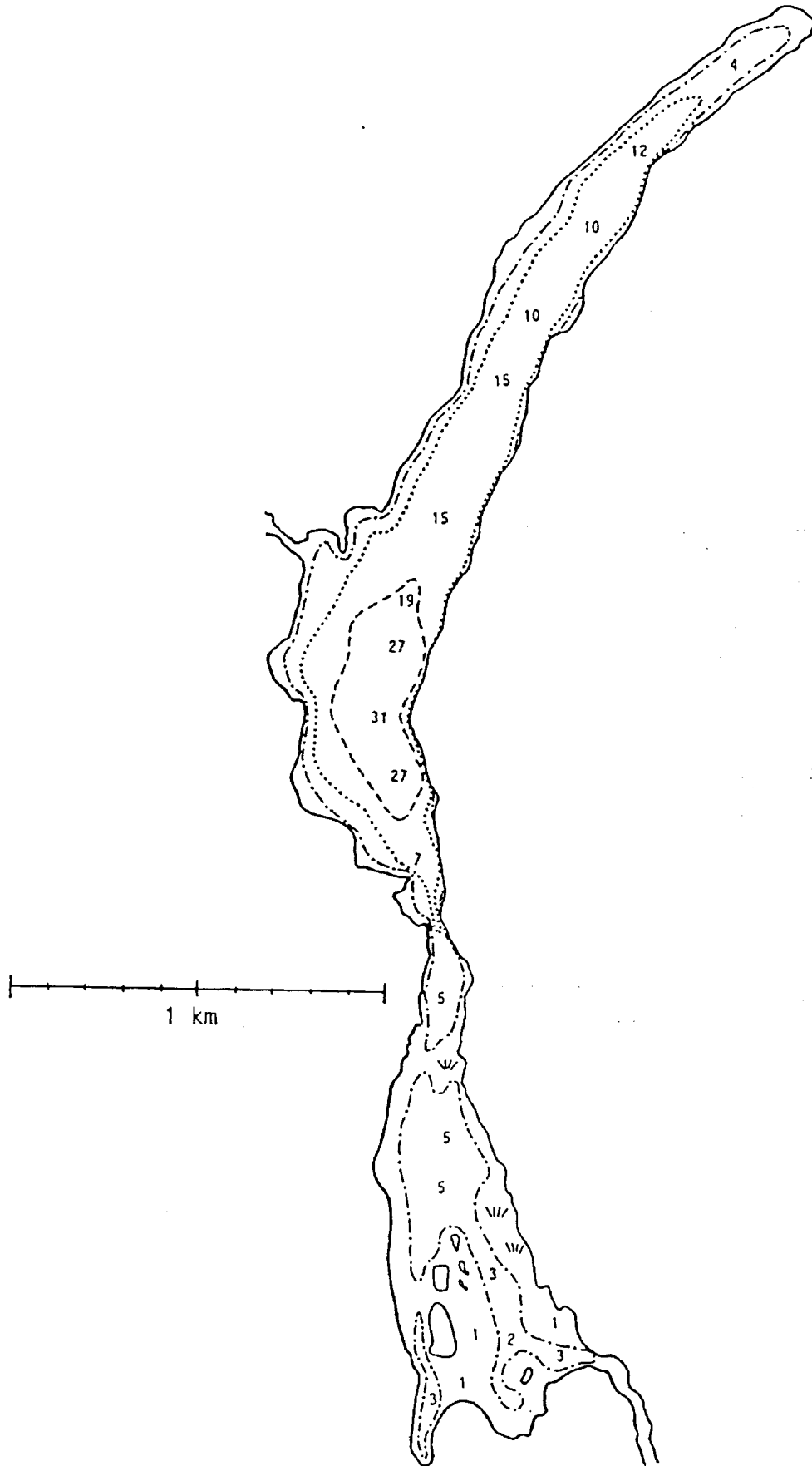
Längdfördelningen hos abborre och mört

Längdklass, mm	Abborre	Mört
12-<14	12	53
14-<16	11	32
16-<18	45	16
18-<20	64	30
20-<22	15	13
22-<24	16	4
24-<26	8	7
26-<28	4	2
28-<30	1	0
30-<32	0	1

Könsfördelningen hos abborre och mört

Nät	Abborre		Mört	
	honor	hanar	honor	hanar
F1	7	2	59	24
F2	9	7	1	1
F3	54	29	14	10
F4	0	0	0	0
F5	21	7	13	6
F6	29	11	24	6
Antal	120	56	111	47
%	68,18	31,82	70,25	29,75

Bilaga 5. Djupkarta över Vargsundet. Den prickade-streckade linjen = 2 m, den prickade = 6m och den streckade = 16 m. Enligt Ådjers 1986.





**Forskningsrapporter från Husö biologiska station: (forts., cont.)**

No **84** 1992 LINDELL, A.: En kartering av Mariehamns stads vattenområden, samt en inventering av stränder och grunda vatten. (*A base-line survey of the water areas surrounding Mariehamn, Åland.*)

No **85** 1993 BACKLUND, C.: Hydrografi, näringsämnen och klorofyll-a i tre havsvikar på fasta Åland. (*Hydrography, nutrients and chlorophyll-a in some inner bays on the Åland Islands.*)

No **86** 1993 AUGUSTSSON, I.: Den högre vattenvegetationen i ågra inre havsvikar på fasta Åland 1992. (*Phytobenthos of some inner bays on the Åland Islands in 1992.*)

No **87** 1993 WISTBACKA, S.: En inventering av fisksamhället i tre visksystem på Åland. (*The fish communities of three bays on Åland.*)

No **88** 1994 BACKLUND, C.: Hydrografi, näringsämnen och klorofyll-a i Lumparns visksystem. (*Hydrography, nutrients and chlorophyll-a in the Lumparnfjärd and its connecting bays.*)

No **89** 1994 WISTBACKA, S.: Bottenfaunan och fisksamhället i Färjsundet-Lumparn området 1993. (*Zoobenthos and fish communities in the Färjsundet-Lumparn area in 1993.*)

No **90** 1994 HALDIN, D.: En översiktlig kartering av vattenvegetationen på hårbottenlokaler i nordvästra Ålands skärgård 1994. (*Survey of hard bottom vegetation in the archipelago on NW Åland 1994*)

No **91** 1994 NORKKO, A. & E. BONSDORFF: Bottenfauna och hydrografi i området mellan kust och öppet hav i den åländska skärgården. (*Zoobenthos and hydrography in the transition-zone between the shallow coastal bottoms and the open sea in the Åland archipelago, N. Baltic Sea.*)

No **92** 1995 ÖHMAN, P.: Uppföljning av växtplanktonutvecklingen, med tyngdpunkt på blågrönalger, i åländska vattentäcker och skärgårdsvatten sommaren 1995. (*Monitoring of phytoplankton development, with emphasis on cyanobacteria, in drinking water reservoirs and archipelago waters on Åland in the summer of 1995.*)

No **93** 1995 TALLQVIST, M.: Vattenkvalitet och bottenfauna vid fiskodlingarna Solvik fisk, Andersö och Ålands forell, Järsö sommaren 1995. (*Water quality and zoobenthos at the fish farms Solvik fisk, Andersö and Ålands forell, Järsö in the summer 1995.*)

No **94** 1997 ÖSTMAN, M.: Storfjärilsfaunan på Husö biologiska station 1985-1996. (*The moth and butterfly fauna of Husö Biological Station in 1985-1995.*)

No **95** 1997 ÖSTMAN, M. & E.M. BLOMQVIST: Tillståndet i åländska skärgårdsvatten – förslag till kvalitetsparametrar för den åländska vattenlagen. (*The state of archipelago waters of the Åland Islands – a survey of the situation in the 1980s and 1990s, long-term changes and a proposal for parameters of water quality to be used in the legislation of water protection.*)

No **96** 1998 WESTBERG, V. & E.M. BLOMQVIST: Småfiskfauna (under bearbetning) (*in prep.*)

No **97** 1998 BERGLUND, J.: Kartering av makrofyter och drivande alger på grunda mjukbottenar i Ålands skärgård. (*Survey of macrophytes and drifting algae on shallow soft bottoms in the Åland archipelago.*)

No **98** 1999 NUMMELIN, C. & J. PERUS: Hydrografi, primärproduktion, växtplanktonsammansättning, bottenfauna, kräft- och fiskbestånd i Vargsundet sommaren 1998. (*Hydrography, primary production, phytoplankton composition, zoobenthos, standing crop of crayfish and fish in the lake Vargsundet in the summer 1998.*)

No **99** 2000 NUMMELIN, C.: Uppföljning av situationen i Vargsundet sommaren 1999 samt en miljökonsekvensbedömning av den planerade slussen. (*A follow-up of the situation in Lake Vargsundet in the summer of 1999, and an environmental impact assessment of the planned lock.*) (Detta nummer) (*Present no.*)

ISSN 0787-5460  
ISBN 952-12-0589-X  
Åbo 2000  
Åbo Akademis tryckeri

0 9 00  
0 9 00  
0 9 00  
0 9 00  
0 9 00