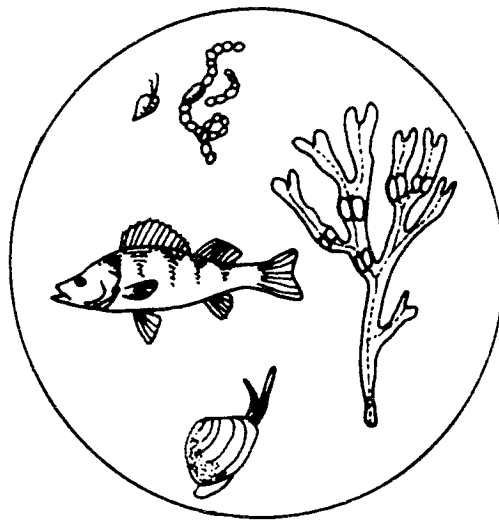


**FORSKNINGSRAPPORTER
FRÅN
HUSÖ BIOLOGISKA STATION**

No 110 (2004)



Anna Villnäs

**Återhämtning av vattenmiljön efter avvecklandet av fiskodlingar
(Andersö och Järsö)**

*(Recovery of the aquatic environment following the termination of fish farms
(Andersö and Järsö))*

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: Bergövägen 713, 22220 Emkarby; telefon: 018-37310; telefax: 018-37244; e-post huso@abo.fi. (Även: Inst. för biologi, Åbo Akademi, Akademigatan 1, 20500 Åbo).

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: Bergövägen 713, FI-22220 Emkarby, Finland; phone: +358-18-37310; telefax: +358-18-37244; e-mail: huso@abo.fi (Also Dept. of biology, Åbo Akademi University, Akademigatan 1, FI-20500 Turku, Finland)

Redaktör:

Katri Aarnio

Editor:

Åbo Akademis tryckeri – Åbo 2004

ISBN: 952-12-1340-X

ISSN: 0787-5460

Återhämtning av vattenmiljön efter avvecklandet av fiskodlingar (Andersö och Järsö)

*(Recovery of the aquatic environment following the termination of fish farms
(Andersö and Järsö))*

Anna Villnäs

Husö biologiska station, institutionen för biologi, Åbo Akademi
22220 Emkarby, Åland, Finland

Abstract

A study concerning the recovery of the water environment at two former fish farm sites, Andersö and Järsö, in the NW Åland archipelago, was performed in the summer 2003. The environmental effects of the two fish farms have been monitored during their active years (Andersö 1986-2002, Järsö 1981-2003), and now the recovery potential of the affected recipient areas were investigated. Diamond Fish Ab, Andersö is situated in the middle archipelago, in a narrow sound with a dominating north-south current. Ålands Forell Kb, Järsö is located in a bay, where a threshold limits water exchange with the outer archipelago.

The measured parameters in this study were hydrography, periphyton, zoobenthos and sediment. The warm weather in the summer 2003 resulted in high water temperatures. A stratification of the water column was observed, and it resulted in lower water temperatures in the bottom water especially at deeper stations. The salinity and secchi depth was higher in the Järsö- than in the Andersö-area and the oxygen content in the bottom water was generally high throughout the summer. Measurements of nutrients in the water column showed medium high to high values of total phosphorus and nitrogen values in the two recipient areas. One deep station in the inner archipelago in the Andersö area, and two stations directly affected by the former fish farm in the Järsö area diverged from this pattern throughout the summer. At these stations very high nutrient values were obtained, and in the Järsö-area the content of oxygen in the bottom water was low. The content of chl a in the photic zone was higher in the Andersö-area than in Järsö. Diverging values were obtained in the end of July, when an algal bloom in the Järsö area caused very high chl a -values. The results from the periphyton incubation indicated a higher growth rate in the Järsö area.

Effects of the fish farms could clearly be seen in the organic, carbon and nitrogen contents of the sediment, which were higher at stations close to the recipients. The trend in the zoobenthos community is similar in the two recipient areas. At most stations, the abundance and biomass of the bottom fauna has diminished, although the diversity remained at the same level as last year. New opportunistic species have been found at the most affected sites, and the age distribution of *Macoma balthica* indicates that the recruitment has been successful in later years.

Innehåll

1 Inledning.....	2
2 Fiskodlingens effekter och vattenmiljöns återhämtningskapacitet.....	2
3 Undersökningsområden.....	4
3.1 Andersö.....	4
3.2 Järsö.....	4
4 Material och metoder.....	7
4.1 Vattenkemi.....	7
4.2 Bottenfauna.....	8
4.3 Sediment.....	8
4.4 Perifyton.....	8
4.5 Numerisk analys.....	9
5 Resultat.....	9
5.1 Omgivningsparametrar.....	9
5.1.1 Andersö.....	9
5.1.2 Järsö.....	10
5.2 Eutrofieringsindikerande parametrar.....	10
5.2.1 Siktdjup.....	11
5.2.2 Totalfosfor och -kväve.....	12
5.2.2.1 Halter av totalfosfor och -kväve vid Andersö.....	12
5.2.2.2 Halter av totalfosfor och -kväve vid Järsö.....	14
5.2.3 Klorofyll a.....	16
5.2.4 Syrehalter i bottenvattnet.....	17
5.3 Perifyton.....	20
5.4 Sediment och bottenfauna.....	21
5.4.1 Egenskaper hos sedimentet.....	21
5.4.2 Bottenfauna.....	23
5.4.2.1 Östersjömusslans längdfördelning.....	26
7 Sammanfattning och diskussion.....	29
8 Källor.....	32

Bilagor

BILAGA I	Motsvarande stationer i tidigare undersökningar, Andersö och Järsö.....	1 s
BILAGA II	Hydrografidata, Andersö (station 1-12) och Järsö (station 13-18), 2003....	4 s
BILAGA III	Perifytonvärden, Andersö (station 1-12) och Järsö (station 13-18), 2003..	1 s
BILAGA IV	Egenskaper hos sedimentet. Andersö (station 1-12) och Järsö (station 13-18), 2003.....	1 s
BILAGA V	Rådata, bottenfaunans abundans och biomassa. Andersö och Järsö, 2003.....	3 s

1 Inledning

Syftet med denna undersökning är att utreda fiskodlingars miljöeffekter och vattenmiljöns återhämtningsförmåga vid två fiskodlingsrecipienter, Andersö och Järsö. Diamond Fish Ab, Andersö startade sin verksamhet våren 1986 (Ruokalahti 1986), medan odlingsverksamheten vid Ålands Forell Kb, Järsö påbörjades år 1981 (Ådjers 1985). Till följd av Ålands miljöprövningsnämnds beslut avvecklades fiskodlingarna, Diamond Fish Ab under sommaren 2002, medan avvecklingen vid Ålands Forell Kb skedde vid årsskiftet 2002-2003. Denna rapport är en uppföljning av de kontinuerliga provtagningar som har utförts vid respektive fiskodlingsrecipient, och härmed möjliggörs en undersökning av de långtidseffekter fiskodlingar har på vattenmiljön.

I enlighet med EU:s direktiv om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område (2000/60/EG), bör vattenmiljön i kustekosystem skyddas, förbättras och bevaras i ett gott ekologiskt tillstånd. Den åländska vattenlagen understryker i sin tur ramdirektivets krav på en god vattenmiljö genom att kräva att en "normal" flora och fauna skall existera i vattenområden, och inte förändras till följd av människans påverkan (ÅFS 61/1996). För att uppfylla de krav EU:s ramdirektiv för ytvatten (2000/60/EG), HELCOMs rekommendation 18/3 (<http://www.helcom.fi/recommendations/rec18-3.html>) och den åländska vattenlagen (ÅFS 61/1996) ställer på vattenkvaliteten, gav Ålands landskapsstyrelse hösten 2003 ut ett förslag till handlingsprogram för vattenvården 2004-2007 (Anon. 2003a). Denna remissversion anger bl.a. riktlinjer för hur fiskodlingsverksamheten skall utformas i framtiden. Bland de långsiktiga målen omnämns en minskning av den totala belastningen av fosfor med 30 % och av kväve med 20 % till år 2010 jämfört med 2001. Detta bör bl.a. ske via en förbättrad odlingsteknik och kvalitetsutveckling, samt genom fortsatt övervakning och undersökning av fiskodlingarnas miljöpåverkan och deras ekologiska hållbarhet (Anon. 2003a).

Ålands landskapsstyrelses avsikt att undersöka fiskodlingars miljöpåverkan återspeglar sig i detta arbete som har utförts på uppdrag av landskapsstyrelsen i samarbete med Husö biologiska station. Provtagningen har utförts utgående från Husö biologiska station, där analysering av vattenvården och bottenfauna också gjordes. Umeå Marina forskningscentrum har analyserat sediment på kol- och kvävehalter.

2 Fiskodlingens effekter och vattenmiljöns återhämtningskapacitet

Fiskodling utvecklades under 1960-talet till en betydande näringsgren i Finland (Salo *et al.* 2000). Under 1970-talet började man odla fisk inom havsområden, och odlingen av regnbågslax tog fart på Åland i slutet av samma årtionde (Salo *et al.* 2000, Anon. 2003a). Efter ett uppsving på 1980-talet stabiliserade sig fiskodlingsproduktionen på Åland, och under perioden 1997-2001 producerades i medeltal 5200 ton fisk per år. Fiskodlingsnäringen på Åland anses stå för 31 % av det årliga landbaserade utsläppet av kväve och för 65 % av fosforutsläppen. Trots ökad produktion har belastningen från fiskodlingsnäringen hållit sig på en jämn nivå, till följd av att den specifika

belastningen har minskat. År 2002 var den specifika fosforbelastningen 6,3 kg P/ton fisk, medan kvävebelastningen rörde sig runt 52 kg N/ton fisk (Anon. 2003a).

Fiskodlingar kan anses vara lokala belastningskällor. Belastningen sker bl.a. i form av utsöndringsprodukter, exkrementer, outnyttjat foder och fiskrester. Denna belastning resulterar i förhöjda näringsvärden, samt i ett tillskott av organiskt material, vilket sedimenteras i hög grad (Gowen & Bradbury 1987, Ackefors & Enell 1994, Tovar *et al.* 2000). Fiskodlingarnas miljöeffekt påverkas av utfodringstekniken, typen av foder och av fiskodlingens placering (Ackefors & Enell 1994). En ökad tillgång på näringsämnen ger upphov till en förhöjd primärproduktion, som bl.a. kan iakttas i form av ett ökat antal algblomningar samt stigande klorofyllvärden. Detta leder till att siktdjupet reduceras och sedimentationen av organiskt material ökar. En hög halt av organiskt material i sedimentet kan förorsaka syrebrist vid dess nedbrytning och därmed leda till ett decimerat bottenfaunasamhälle (Cederwall & Elmgren 1990, Bonsdorff *et al.* 1997 a,b, Karakassis *et al.* 1999).

Vattenmiljöns återhämtningspotential i områden som har påverkats av fiskodlingar är i hög grad beroende av områdets abiotiska och biotiska egenskaper. Topografi, vattenutbyte och temperaturskiktning har stor inverkan på ett områdes återhämtningsförmåga och kan ha en större betydelse än fiskodlingens varaktighet. Vid en recipient med gott vattenutbyte, som under 20 år hade påverkats av fiskodlingsverksamhet, hade bottenfaunans abundans och artantal ökat efter en återhämtningsperiod på åtta år. Å andra sidan hade en betydlig försämring, under samma återhämtningsperiod, förekommit hos bottenfaunasamhället i ett område där vattenutbytet var dåligt och skiktningen stark. Vid denna recipient, som hade utsatts för belastning från fiskodling under 16 år, hade ingen återhämtning kunnat iakttas efter fiskodlingens avveckling (Kraufvelin *et al.* 2001). Karakassis *et al.* (1999) konstaterar att störningar i återhämtningen kan förorsakas av sekundära effekter. Inre belastning kan stimulera primärproduktionen efter att fiskodlingens verksamhet upphört. Ökad halt av organiskt material till sedimentet förhöjer den mikrobiska aktiviteten, vilken förbrukar syre. En minskad syrehalt har en negativ inverkan på makrofaunans återhämtning (Karakassis *et al.* 1999).

Vid undersökningar av fiskodlingars inverkan på vattenmiljön och bottenfaunasamhället är det av största vikt att ha referensområden samt kontinuerlig bakgrundsdata (Kraufvelin *et al.* 2001). De undersökningar som tidigare utförts angående hydrografi och makrofaunasamhällets struktur vid Andersö och Järsö (bil. I) kommer att ge en möjlighet att urskilja effekter av fiskodlingarna från de naturliga variationerna i området.

3 Undersökningsområden

3.1 Andersö

Fiskodlingen Diamond Fish Ab (f.d. Brännholmens fisk) befann sig i Snäcköfjärden (60°21' N 19°47' E), i nordvästra Åland (fig. 1). Områdets berggrund kännetecknas av rapakivgraniten, medan relativt kalkhaltig morän förekommer som lös jordart (Helminen 1974). Lerbotten täcker stora delar av undersökningsområdet, där maximidjupet varierar mellan 11-15 m (Kåll 2002), medan medeldjupet är endast 6,8 m (Waldh 2002). Snäcköfjärden har kontakt med ytterskärgården huvudsakligen via två sund, i norr och sydväst. Områdets yta är omkring 3,6 km², medan vattenvolymen är ca 24,5 * 10⁶ m³. Färskvattentillförseln uppskattas röra sig runt 0,10 m³s⁻¹ (Eilola 2002, Waldh 2002). En tröskel kan iaktas vid den norra spetsen av Andersö, och även mellan Snäckörännan och Pantsarnäsfjärden, där tröskeldjupet är 5-8 m. En bredare tröskel befinner sig mellan Andersö och Skarpnåtö (Helminen 1974). Waldh (2002) beskriver vattenomsättningen i Snäcköfjärden som relativt god. En ström i nord-sydlig riktning tros dominera i området (Helminen 1974, Kåll 2002).

Undersökningsserien angående hydrografi och bottenfauna i Andersö- området påbörjades sommaren 1986 (Ruokalahti 1986). Undersökning av vattenkemi och makrofauna har fortgått till år 2002, då fiskodlingens verksamhet avslutades (Kåll 2002). Kartering av strandväxtlighet (Ruokalahti 1986), fiskbestånd (Laurén-Määttä & Räisänen 1988) och algpåväxt (Ådjers 1987) har tidigare utförts i området. För ytterligare redogörelse av undersökningar utförda vid Diamond Fish Ab, Andersö, se tab. 1 och bil. I samt Kåll (2002). Referensdata från området finns att tillgå från åren 1971–1973 (Helminen 1974).

3.2 Järsö

Fiskodlingen Ålands Forell Kb är belägen i en vik på Järsös västra sida (fig. 1), södra Åland (60°01' N 19°59' E). Viken är relativt omsluten av omgivande öar, men har en öppning mot sydväst. Det största uppmätta djupet är 12 m, men en tröskel (7 m) begränsar vattenutbytet till havet, vilket gör att området närmast odlingen kan anses vara en sedimentationsbassäng med gyttjebotten (Ådjers 1985, Kåll 2002). De sydliga och sydvästliga vindar som området exponeras för, kan leda till en plötslig omblandning av vattenmassan inuti viken. Troligtvis förekommer en inåtgående ström längs vikens nordvästra strand. Den livligt trafikerade farleden till Mariehamns västra hamn går strax utanför viken och de yttersta stationerna (16 och 17) påverkas troligtvis av båttrafikens eroderande effekt.

Främst regnbågslax odlades under fiskodlingens verksamhetsperiod, men också odling av havslax förekom i mindre mängd (Suomalainen 1990). Slamsugning och luftning vid fiskodlingen utfördes upprepade gånger (Ådjers 1987, Laurén-Määttä 1990, Suomalainen 1990). Dock kännetecknas den inre delen av viken, där fiskodlingen befann sig, av syrefattigt bottenvatten, höga halter av organiskt material samt av onedbrutna växt- och fiskrester (Ådjers 1985, Kåll 2002). Kåll (2002) konstaterar att bottenfaunasamhället har varit helt eller delvis utslaget i områden närmast odlingen sedan sommaren

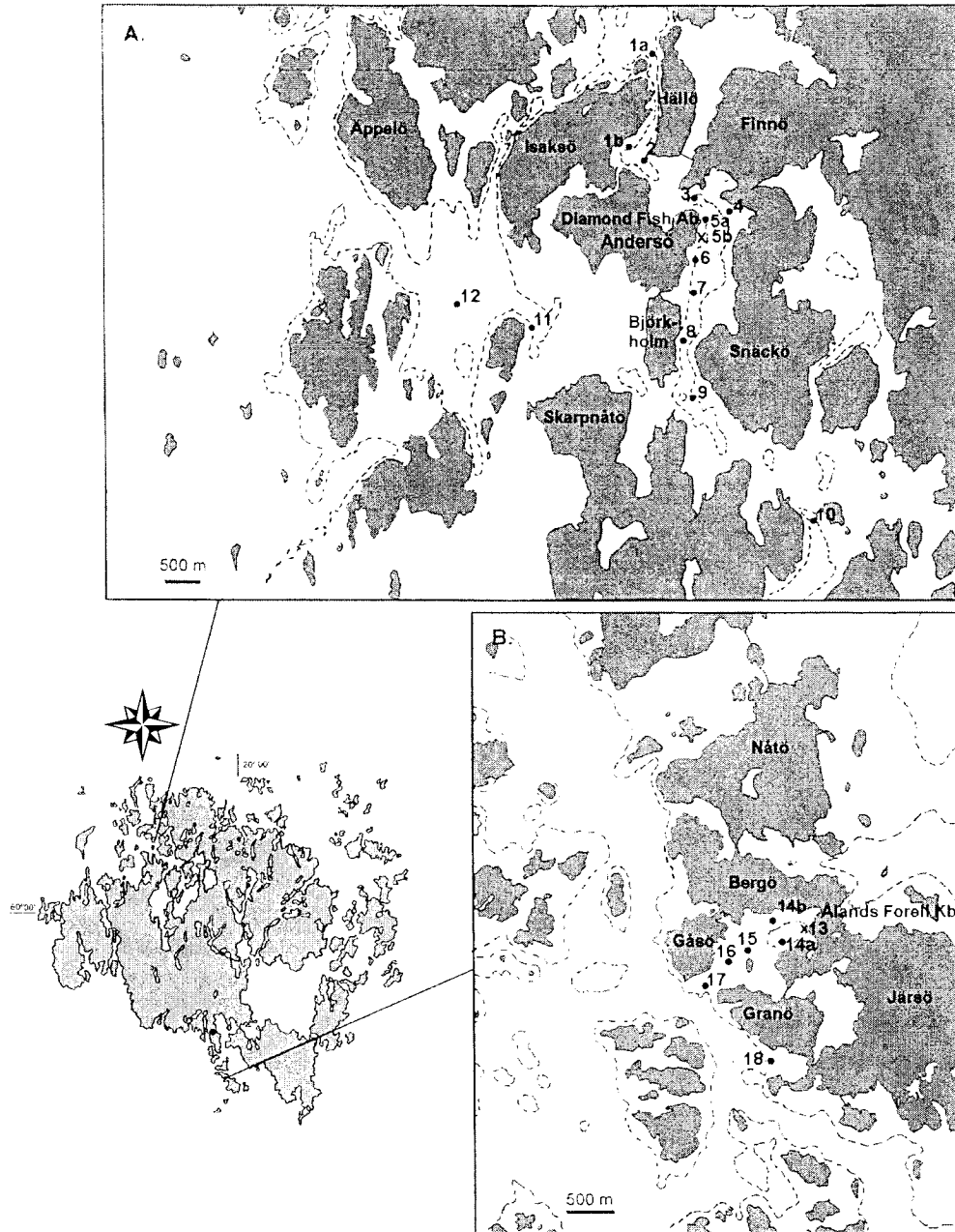
1981. Den långsamma vattenomsättningen gör att området kan karakteriseras som ett eutrofierat skärgårdsområde. Fiskodlingens andel av belastningen i viken är svår att uppskatta. Fiskodlingen Ålands forell Kb startade sin verksamhet vid Järsö år 1981 (Ådjers 1985). Provtagningar av vattenparametrar och bottenfauna har regelbundet utförts från år 1981 till 2002 (tab.1 och bil. I). Fiskodlingens verksamhet upphörde vid årsskiftet 2002-2003 (Kåll 2002).

Tabell 1. Undersökningar gjorda vid Diamond Fish Ab och Ålands Forell Kb (mod. från Kåll 2002).

Table 1. Previous studies performed at Diamond Fish Ab and Ålands Forell Kb (mod. from Kåll 2002).

Diamond Fish Ab	Ålands Forell Kb
Helminen 1974	Ådjers 1985
Ruokalahti 1986	Ruokalahti 1985
Ådjers 1987	Ådjers 1987
Laurén-Määttä & Räisänen 1988	Sandberg 1988
Laurén-Määttä 1990	Suomalainen 1990
Bonsdorff <i>et al.</i> 1992	Laurén-Määttä 1990
Tallqvist 1995	Tallqvist 1995
Bonsdorff <i>et al.</i> 1996	Tulkki 1997-01
Tulkki 1997-2001	Mehtonen 2000
Mehtonen 2000	Lastuniemi 2002
Perus <i>et al.</i> 2001	Kåll 2002
Lastuniemi 2002	
Kåll 2002	

Provtagningsstationerna (fig. 1 och tab. 2) har utsetts på basen av föregående undersökningar. Vid Andersö utsågs 14 provtagningsstationer (1a-12). Vid samtliga stationer togs hydrografiprov, sediment- och bottenfaunaprov (förutom vid station 1b) samt perifytonundersökningar utfördes (förutom vid station 5a). Vid Ålands Forell Kb, Järsö utfördes hydrografi-, sediment- och bottenfauna-, samt perifytonprovtagningar vid stationerna 13-18. Station 14b inkluderades inte i perifytonundersökningen. Stationernas positioner och undersökningsparametrar bestämdes utgående från tidigare undersökningar (bil. I). Vid Järsö utfördes desinficering av de redskap som användes vid varje provtagning med 2 % Virkon® S (Antec International Ltd, Suffolk, England). Desinficeringsåtgärden utfördes eftersom fisksjukdomen VHS (virusbetingad hemorragisk septikemi) hade förekommit vid odlingen i början av sommaren 2002. Den smittosamma virussjukdomen kan också drabba annan laxfisk (Kåll 2002).



Figur 1. Undersökningsområden, Andersö (A) och Järsö (B), 2003 (mod. från Käll 2002).
 Figure 1. Research areas, Andersö (A) and Järsö (B), 2003 (mod. from Käll 2002).

Tabell 2. Provtagningsstationer vid Andersö och Järsö, 2003.
 Table 2. Sampling stations at Andersö and Järsö, 2003.

Område	Station (nr)	Koordinater		Djup (m)	Sedimenttyp
Andersö	1a	60°22'90"	19°46'09"	20,0	lera/gyttja
	1b	60°21'98"	19°46'08"	14,0	
	2	60°21'85"	19°46'26"	12,0	blålera/gyttja
	3	60°21'60"	19°46'87"	9,7	blålera/grus
	4	60°21'43"	19°47'48"	11,0	lera/gyttja
	5a	60°21'48"	19°47'11"	7,9	grusblandad lera
	5b	60°21'33"	19°47'21"	10,5	dy/gyttja
	6	60°21'11"	19°46'99"	8,0	gyttja/lera
	7	60°20'88"	19°47'18"	13,5	blålera
	8	60°20'51"	19°47'00"	15,0	gyttja/lera
	9	60°20'04"	19°46'75"	14,5	blålera/grus
	10	60°19'17"	19°48'80"	24,0	lera/gyttja
Järsö	11	60°20'45"	19°44'66"	10,5	lera
	12	60°20'73"	19°43'45"	16,5	lera/gyttja
	13	60°01'56"	19°59'06"	11,5	svart gyttja
	14a	60°01'49"	19°58'83"	11,5	gyttja, dy
	14b	60°01'61"	19°58'81"	7,5	sand/lera
	15	60°01'45"	19°58'62"	8,2	sand/lera
	16	60°01'35"	19°58'25"	9,7	hårdbotten
	17	60°01'22"	19°58'00"	10,0	hårdbotten
	18	60°00'82"	19°58'78"	8,5	grusblandad lera

4 Material och metoder

4.1 Vattenkemi

Vid undersökning av områdenas vattenkemi togs vattenprover med en Limnos vattenhämtare från yt- och bottenvattnet (en meter från ytan respektive botten). Yt- och bottenvattnets temperatur samt siktdjupet bestämdes i fält. Siktdjupet mättes med en Secchi-skiva (25 cm i diameter). Övriga vattenanalyser utfördes i laboratorium. Yt- och bottenvattnets pH samt ledningsförmåga mättes. Bottenvattnets syrehalt och dess halt av totalfosfor och totalkväve bestämdes. För att erhålla klorofyll *a*-halten samt de totala fosfor- och kvävehalterna från den fotiska zonen togs ett sammelprov. Vatten för sammelprovet hämtades från var hel meter till 2×siktdjupet, varefter proven togs från ett blandningskärl.

pH bestämdes med hjälp av mätare Metrohm 691 medan vattnets ledningsförmåga (mS/cm) mättes med konduktometer Metrohm 660. Salthalten uträknades enligt $Y = 0,6701X - 0,3723$ (Y =salthalten (%_e) och X =den uppmätta ledningsförmågan). Mängden löst syre i bottenvattnet bestämdes enligt Winkler-metoden, och räknades om till mg/l samt till mättnadsgrad (%) (SFS 3040). Klorofyll *a* extraherades genom att filtrera 500–1000 ml vatten genom glasfiberfilter (Whatman CF/C). Filtren torkades och nedfrysades enskilt. Genom acetoneextrahering bestämdes sedan mängden klorofyll *a* via spektrofotometrisk analys (SFS 3013). Samtidig persulfatoxidering utfördes för att bestämma vattnets halt av totalfosfor och -kväve (Anon. 2003b).

4.2 Bottenfauna

Bottenfaunaprovtagningen utfördes under juni månad med en Ekman-Birge bottenhämtare (289 cm²). Fem replikat togs per station, varav tre analyserades för denna studie. Proven sållades i fält (0,5 mm såll) och konserverades i 70 % etanol. Bottenfaunan bestämdes om möjligt till artnivå, med undantag av glattmaskar (Oligochaeta), fjädermyggor (Chironomidae), märkräfter (Gammaridae) och tusensnäckor (dock särskildes *Paludestrina jenkinsi* från *Hydrobia* spp). Bottenfaunans abundans (ind./m²) och biomassa (g/m², v/v (våtvikt)) bestämdes. Östersjömusslans (*Macoma balthica*) längdfördelning mättes med hjälp av mm papper.

4.3 Sediment

lakttagelser av sedimenttyp och -kvalitet samt provtagning av organisk halt och halten av totalkol och -kväve i sedimentet utfördes i samband med bottenfaunaprovtagningen under juni månad på respektive station. I juni togs endast ett prov för organiskt halt, medan i augusti beräknades det organiska innehållet i sedimentet som ett medelvärde av tre delprov. Halten av organiskt material bestämdes från sedimentets översta skikt. För att bestämma torrvikten torkades sedimentet under 24 h i 100 °C, varefter proven brändes under 3 h i 500 °C för att erhålla den askfria vikten. Den organiska halten uträknades enligt:

$$\frac{\text{torrvikt} - \text{askfri vikt}}{\text{torrvikt}} \times 100 \%$$

Proverna för bestämning av halterna totalkol och -kväve förbehandlades med frystorkning (-70°C), homogeniserades genom mortling och skickades för analysering till Umeå Marina Forskningscenter.

4.4 Perifyton

Perifyton, eller mängden påväxtalger, bestämdes per station genom att sätta ut perifytonfällor under två omgångar, där en omgång omfattade två veckor. Perifytonfällorna bestod av plexiglasskivor, med 3 × 15,90 cm² hål för glasfiberfiltren (Glass Microfibre Filters, GF/C Whatman, 55 mm i diameter). I denna undersökning användes genomgående dubbla filter, då enkla filter nöttes sönder lätt. Perifytonfiltren märktes och frystes efter inkubationen. Halten av klorofyll *a* bestämdes genom att upplösa filtren i aceton, och efter centrifugering mättes klorofyll *a* absorbansen med spektrofotometer. Vattenparametrar mättes vid utsättning och upptagning av perifytonfällorna. Halten av klorofyll *a* räknades ut enligt Anon. (2001):

$$C_c = 11,2 \times A \times (V_E / (A_s \times d \times 1000)), \text{ där}$$

C_c = klorofyll *a* (mgm⁻²)

11,2 = klorofyll *a*:s absorberingskoefficient i 90 % aceton

A = extraktets absorberingsförmåga, $A_{665} - A_{750}$

V_E = volymen aceton (15 ml)

$A_s =$ påväxtunderlagets area (0,001590 m²)

$d =$ kyvettens längd (5 cm)

En överblick av provtagningstidpunkter och -parametrar sommaren 2003 erhålls av tabell 3.

Tabell 3. Provtagning sommaren 2003, Andersö och Järsö.
Table 3. Sampling summer 2003, Andersö and Järsö.

Datum	Område	Provtagning
12.6.03 – 23.6.03	Andersö	Bottenfauna, sediment och hydrografi
29.6.03 – 30.6.03	Järsö	Bottenfauna, sediment och hydrografi
7.7.03	Andersö	Hydrografi
8.7.03	Järsö	Hydrografi
21.7.03	Andersö	Start perifytoninkubation 1, hydrografi
22.7.03	Järsö	Start perifytoninkubation 1, hydrografi
4.8 & 5.8.03	Andersö	Start perifytoninkubation 2, hydrografi
5.8 & 7.8.03	Järsö	Start perifytoninkubation 2, hydrografi
19.8 & 20.8.03	Andersö	Avslutning perifytoninkubation, hydrografi
21.8.03	Järsö	Avslutning perifytoninkubation, hydrografi
10.9.03	Järsö	Hydrografi
11.9.03	Andersö	Hydrografi

4.5 Numerisk analys

Den statistiska behandlingen av resultaten kommer att utföras efter ytterligare undersökningar. I denna rapport har standardavvikelse använts som spridningsmått, medan det aritmetiska medelvärdet används som lägesmått.

5 Resultat

5.1 Omgivningsparametrar

5.1.1 Andersö

Det varma och lugna vädret sommaren 2003 resulterade i höga vattentemperaturer och en delvis stagnerande vattenmassa. Vid Andersö var ytvattnets medeltemperatur $18,9 \pm 3,8^\circ\text{C}$ under provtagningsperioden. Den lägsta ytvattentemperaturen ($12,0^\circ\text{C}$) mättes i början av juni och den högsta ($24,6^\circ\text{C}$) i mitten av juli. Medeltemperaturen i bottenvattnet var märkbart lägre under sommaren, $12,0 \pm 3,8^\circ\text{C}$. Minimitemperaturen i bottenvattnet uppmättes till $5,0^\circ\text{C}$ i början av juni. I mitten av augusti förorsakade starka vindar omblandning av vattenmassorna, vilket kan förklara högre bottenvattentemperaturer i slutet av provtagningsperioden. En maxtemperatur på $22,9^\circ\text{C}$ uppmättes i början av augusti. Andersö- området ligger rätt skyddat i mellanskärgården, vilket gör att saliniteten i området är aningen lägre än vid Ålands Forell Kb, Järsö, som befinner sig i den yttre skärgården. Ytvattnets salinitet vid Andersö var i medeltal $5,6 \pm 0,1 \text{ ‰}$, medan bottenvattnets salinitet inte

varierade mycket från ytvattnets ($\bar{x} = 5,7 \pm 0,2$ ‰). För ytvattnet vid Andersö uträknades ett pH-medelvärde på $8,2 \pm 0,3$, medan medelvärdet i bottenvattnet rörde sig runt $7,6 \pm 0,4$. Ett pH-värde över 8 beskriver ett område där produktion dominerar över nedbrytning, medan ett lägre pH-värde (<8) förekommer där nedbrytningsprocesser är av större betydelse (Laurén-Määttä 1990). För noggrannare värden, se bilaga II.

5.1.2 Järsö

Järsö- området är mer exponerat än Andersö. Kåll (2002) nämner att ytvattnets temperatur kan förändras betydligt med syd- och sydvästliga vindar, vilka kan förorsaka inströmning av kallare vattenmassor. Ytvattnets medeltemperatur under sommarens provtagningar var $18,3 \pm 2,6$ °C. Den högsta ytvattentemperaturen uppmättes i slutet av juli. Bottenvattnet höll sig konstant några grader kallare än ytvattnet under provtagningsperioden. I medeltal var dess temperatur $15,3 \pm 3,3$ °C medan de lägsta värdena runt 10°C uppmättes i början av juni vid de tre innersta stationerna. Den 22.7.03 erhöles de högsta bottenvattentemperaturerna vid Järsö (>20°C), förutom vid stationerna 13 och 14a. Vid dessa stationer var bottenvattnets temperatur konstant lägre än ytvattnets, troligtvis p.g.a. av stationernas läge i en fördjupning. Ytvattnets salinitet vid Järsö var i medeltal $6,0 \pm 0,1$ ‰, medan bottenvattnets salinitet antog ett liknande värde ($6,1 \pm 0,2$ ‰). pH var också vid Järsö i medeltal lägre i bottenvattnet ($7,8 \pm 0,5$) än i ytvattnet ($8,2 \pm 0,2$) (bil. II).

5.2 Eutrofieringsindikerande parametrar

I denna rapport kommer de eutrofieringsindikerande parametrarna (d.v.s. siktdjup, totalfosfor och -kväve, klorofyll *a* och syrehalt i bottenvattnet) presenteras kort, för mer exakta värden hänvisas till bilaga II. För jämförelsevärden används Naturvårdsverkets rapport 4914 för kust och hav (Anon. 1999). För totalfosfor och -kvävehalter beaktas de klassificeringar Appelgren & Mattila (2002) har utarbetat för den Åländska skärgården (tab. 4).

Tabell 4. Tillståndsklassificering av vattenparametrar (Anon. 1999¹⁾, Appelgren & Mattila 2002²⁾).
Table 4. The classification of water parameters (Anon. 1999¹⁾, Appelgren & Mattila 2002²⁾).

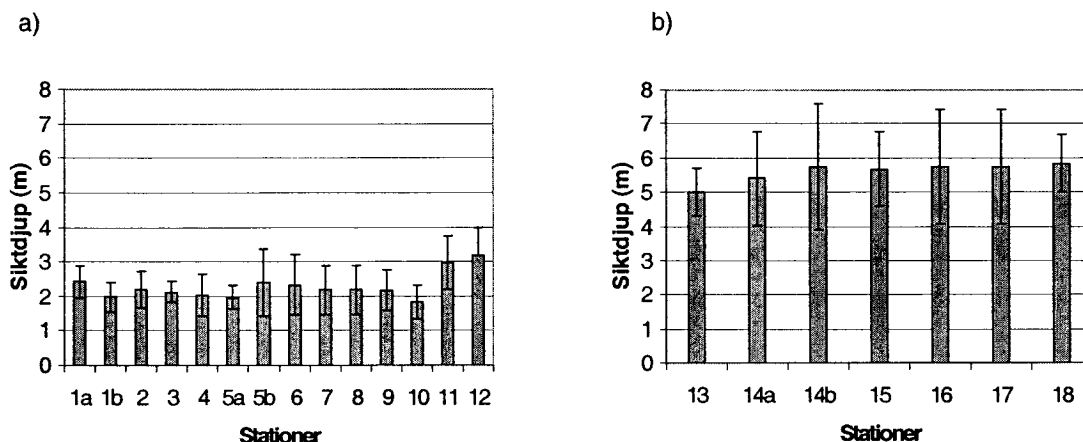
Bedömning	Siktdjup ¹⁾ (m)	Tot-P ²⁾ ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Tot-N ²⁾ ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Klorofyll <i>a</i> ¹⁾ ($\mu\text{g l}^{-1}$)	O ₂ bottenvatten ¹⁾ (mg l^{-1})
Mycket låg	< 2,5	<11	<240	<1,5	Svavelväte
Låg	2,5 – 3,4	11 – 17	240 – 310	1,5 – 2,2	0 – 2,9
Medelhög	3,4 – 4,0	16 – 22	300 – 370	2,3 – 3,2	2,9 – 5,7
Hög	4,0 – 5,4	20 – 54	370 – 550	3,2 – 5,0	5,7 – 8,6
Mycket hög	>5,4	> 51	>550	>5,0	> 8,6

5.2.1 Siktdjup

Siktdjupet kan anses vara ett enkelt erhållet riktvärde för mängden växtplankton i vattenpelaren, och därmed för kvantiteten av näringsämnen som finns i vattenmassan. Dock påverkar också andra faktorer siktdjupet, såsom mängden humusämnen och övriga partiklar. Det bör observeras att siktdjupet är subjektivt mått, som skall tolkas med försiktighet (Anon. 1999).

Vid Andersö varierade siktdjupet vid stationerna i Snäckörännan mellan 1,0–4,2 m, medan vid referensstationerna (11 och 12) uppmättes siktdjup mellan 2,0–4,2 m under sommaren. Medelsiktdjupet var $2,3 \pm 0,7$ m (fig. 2a). De lägsta värdena erhöles i slutet av juli och i början av augusti, troligtvis som en följd av algblomning i innerskärgården. Siktdjupet kan anses vara lågt i Andersö- området (Anon. 1999). Dock befinner sig området i mellanskärgården och dess morfologiska struktur har inte beaktats i jämförelsen.

Siktdjupet är märkbart bättre vid Järsö (fig. 2b). Här var sommarens medeltal $5,2 \pm 1,6$ m, och i slutet av augusti och i början av september månad mättes siktdjup upptill 8 m vid de yttre stationerna. De sämsta siktdjupen för området (1,5–3,5 m) uppmättes i slutet av juli månad (22.7), till följd av förekommande algblomning. Dessa värden har inte inkluderats i figur 2b, för att undvika en felaktig bild av området. Siktdjupet vid Järsö klassas enligt Anon. (1999) som medelhögt till mycket högt.



Figur 2. Medelvärde och st.avv. av siktdjupet vid a) Andersö och b) Järsö 2003.

I diagram b) har värden daterade från 22.7 lämnats bort.

Figure 2. Secchi depth, mean value and SD. a) Andersö and b) Järsö, 2003.

In b) have values dated from 22.7 been excluded.

5.2.2 Totalfosfor- och kväve

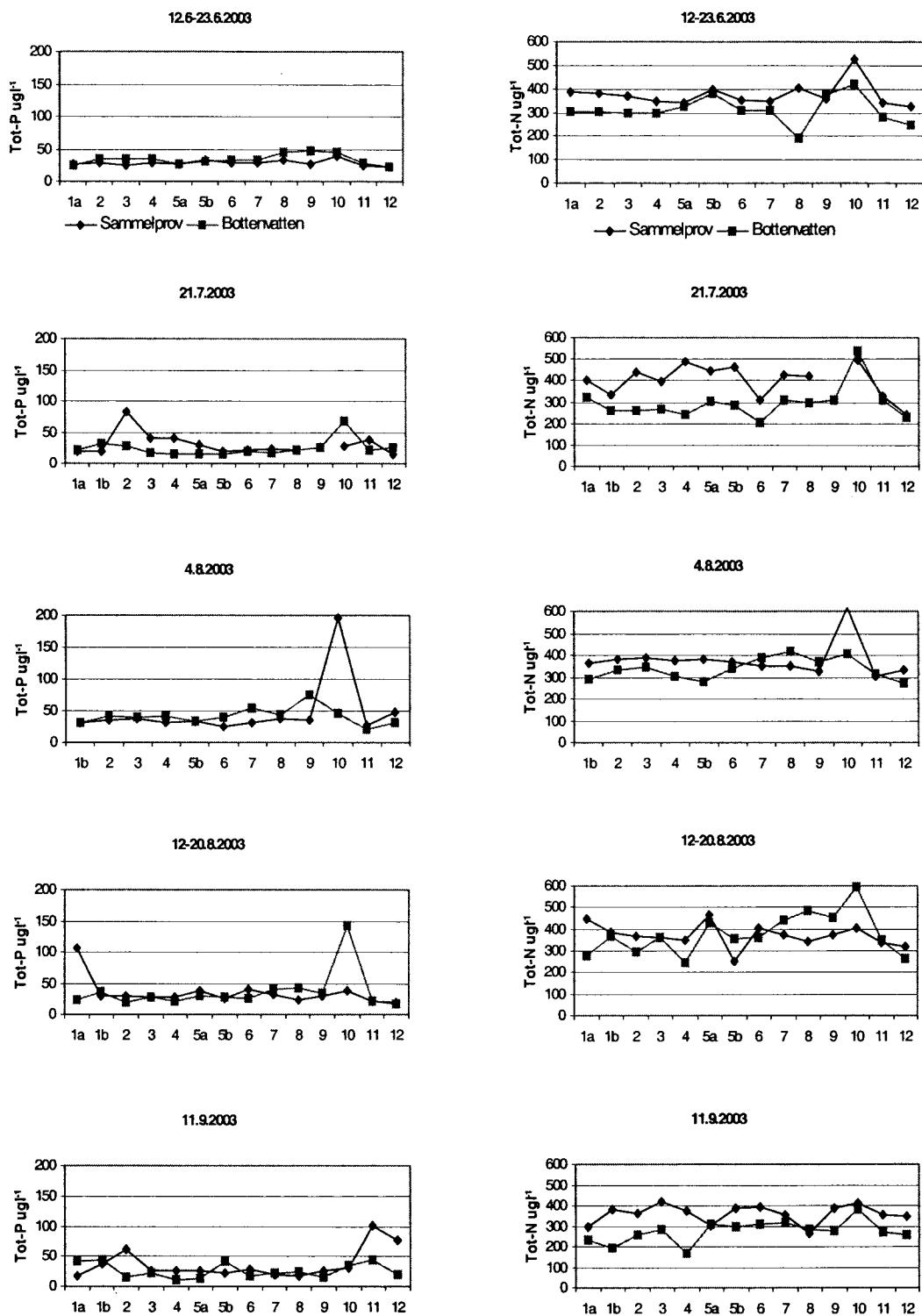
Halterna av totalfosfor och –kväve i vattenpelaren beskriver näringstillgången för områdets primärproducenter, och kan därför användas som ett mått på eutrofieringsgraden (tab. 4). Vid mätning av totalfosfor och –kväve ingår ämnenas olika förekomstformer, varför den totala tillgången av dessa näringsämnen i systemet erhålls. Kraftiga algbloomingar påverkar förekomsten av näringsämnen och mätningar vid dessa tillfällen bör undvikas eller tolkas med försiktighet (Anon. 1999, Appelgren & Mattila 2002). Enstaka extremt höga värden av totalfosfor och –kväve som erhållits sommaren 2003 bör tolkas med försiktighet, dessa kan eventuellt vara en följd av mätfel.

5.2.2.1 Halter av totalfosfor och –kväve vid Andersö

Appelgren & Mattila (2002) konstaterade att Andersö- området är märkbart påverkat av fiskodlingen och att det förekommer medelhöga halter av näringsämnen i Snäckörännan. Längre bort från fiskodlingen (station 11) anses däremot vattenkvaliteten vara bättre, med låga halter av näringsämnen och endast små avvikelser från ett beräknat bakgrundsvärde (Appelgren & Mattila 2002). Inga tydliga trender kunde iaktas av totalfosfor- och -kvävehalterna vid Andersö sommaren 2003 (fig. 3).

Yt- och bottenvattnets totalfosforvärden varierade i allmänhet mellan 20–40 $\mu\text{g l}^{-1}$ (fig. 3), liksom under sommaren 2002 (Kåll 2002). I ytvattnet var totalfosforhalternas minimi- och maximivärden 15,1 respektive 195,6 $\mu\text{g l}^{-1}$. Totalfosforhalter i bottenvattnet mätte från 11,0 till 142,0 $\mu\text{g l}^{-1}$. Höga totalfosforhalter i bottenvattnet kan kopplas samman med låga temperaturer och syrehalter (fig. 6a,b). Då vattenmassan stagnerar kan låga syrehalter förorsaka en urlakning av fosfor från sedimentet. Station 10, som befinner sig på 24 meters djup, uppvisade konstant höga halter av totalfosfor i bottenvattnet (fig. 3 och 6b).

Halterna av totalkväve vid Andersö var i allmänhet högre i ytvattnet än i bottenvattnet under sommaren 2003 (fig. 3). Både yt- och bottenvattnets medelvärden ($\bar{x} = 376,6 \pm 90,3$ respektive $318,0 \pm 77,3 \mu\text{g l}^{-1}$) av totalkväve påvisar att området har medelhöga halter av detta näringsämne. I ytvattnet uppmätte man ett minimum på 239,8 $\mu\text{g l}^{-1}$ totalkväve, medan den högsta halten var 620,4 $\mu\text{g l}^{-1}$. De högsta värdena av totalkväve i ytvattnet förekom i slutet av juli samt under augusti månad, kanske som följd av algblooming i innerskärgården. Under denna period uppmättes höga ytvattentemperaturer och klorofyll *a* -värden i den fotiska zonen. Referensstationerna 11 och 12 i den yttre bassängen avvek från mönstret, medan station 10 hade konstant höga totalkvävevärden (406–620 $\mu\text{g l}^{-1}$). Bottenvattnets minimivärde var 170,8 $\mu\text{g l}^{-1}$, och som mest innehöll bottenvattnet 592,5 $\mu\text{g l}^{-1}$ totalkväve (fig. 3 och 6a,b). Också sommaren 2002 uppmättes medelhöga till höga halter av totalkväve i vattenpelaren (Kåll 2002).



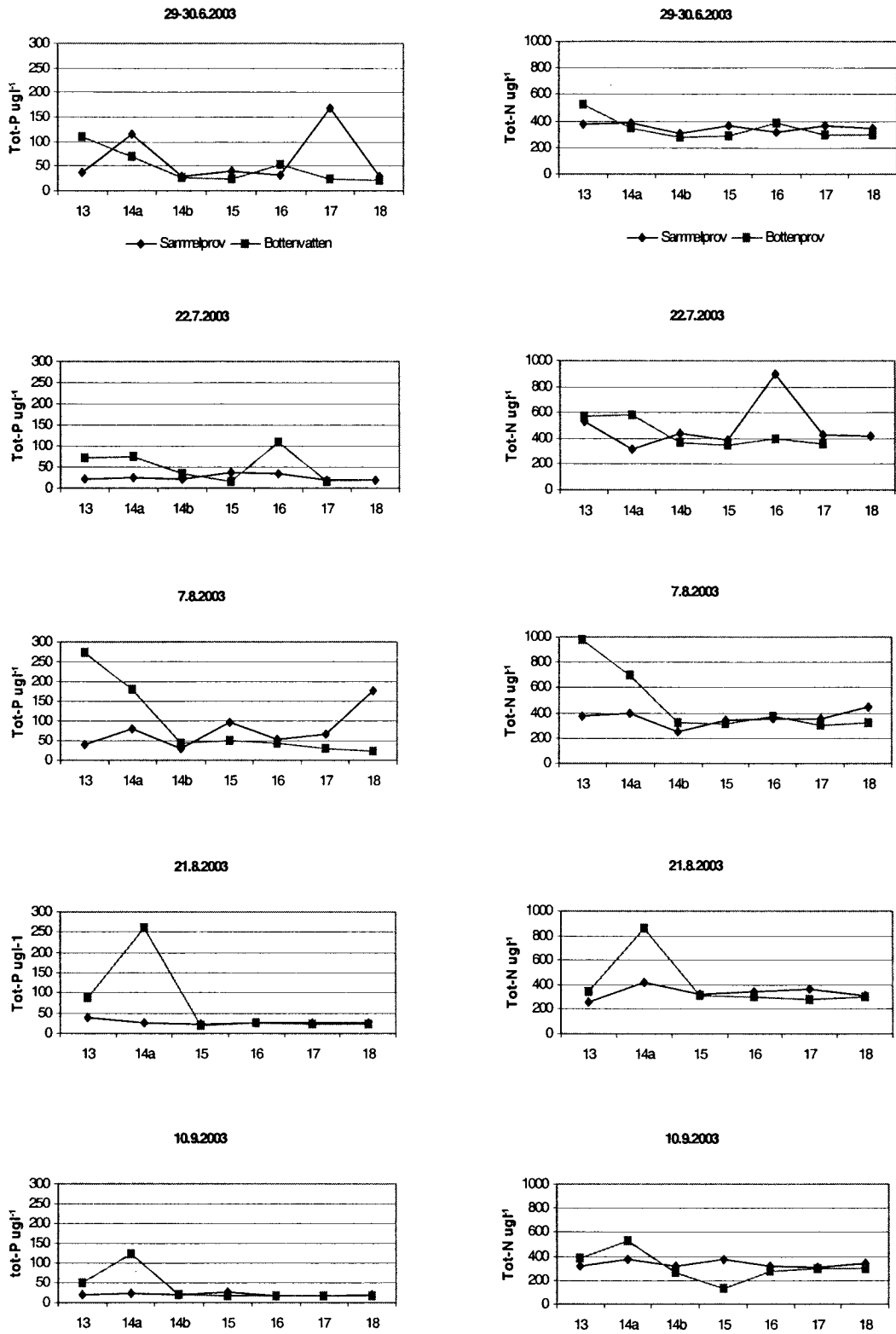
Figur 3. Totalfosfor och -kvävehalter ($\mu\text{g l}^{-1}$) vid Andersö sommaren 2003.
 Figure 3. Total phosphorus and nitrogen content ($\mu\text{g l}^{-1}$) at Andersö the summer 2003.

5.2.2.2 Halter av totalfosfor och –kväve vid Järsö

Vattenomsättningens och topografins betydelse för återhämtning kan tydligt iakttas vid Järsö. Station 13 och 14a hade konstant väldigt höga halter av näringsämnen, låga halter av syre samt en märkbart lägre temperatur i bottenvattnet än i ytvattnet. Därtill ligger stationerna i en fördjupning (>10 m). En inåtgående ström som för med sig friskt vatten längs den norra stranden kan förklara att station 14a är betydligt mer påverkad än station 14b, trots liknande avstånd till fiskodlingen. Också föregående sommar uppvisades förhöjda näringsvärden vid nämnda stationer (Kåll 2002).

Halterna av totalfosfor i ytvattnet vid Järsö mätte mellan 15,8–176,3 $\mu\text{g l}^{-1}$, medan ett medeltal av sommaren provtagningar resulterade i $43,7 \pm 39,7 \mu\text{g l}^{-1}$. Sommarens totalfosforhalter i ytvattnet befann sig i allmänhet mellan 15–35 $\mu\text{g l}^{-1}$, d.v.s. halterna var medelhöga till höga. Bottenvattnets totalfosforhalter varierade mellan 15,1–259,5 $\mu\text{g l}^{-1}$ ($\bar{x} = 52,6 \pm 53,4$). De mest påverkade stationerna (13 och 14a) hade konstant väldigt höga fosforhalter i bottenvattnet (>50 $\mu\text{g l}^{-1}$). Vid de övriga stationerna varierade halterna av totalfosfor kraftigt, överlag dock mellan 20–40 $\mu\text{g l}^{-1}$. Troligtvis urlakas sedimentet vid den f.d. fiskodlingen och bidrar med fosfor till bottenvattnet (fig. 4 och 7).

Totalkvävehalterna vid Järsö varierade i allmänhet mellan 250–450 $\mu\text{g l}^{-1}$ i ytvattnet. De högsta halterna uppmättes i slutet av juli och i början av augusti under förekommande algblomning. Halter mellan 300–450 $\mu\text{g l}^{-1}$ uppmättes i bottenvattnet. På station 13 och 14a vid fiskodlingen noterades avvikande halter av totalkväve i bottenvattnet (max 982,1 $\mu\text{g l}^{-1}$). Halterna av totalkväve vid Järsö kan överlag anses vara medelhöga till höga (fig. 4 och 7).



Figur 4. Totalfosfor och -kvävehalter ($\mu\text{g l}^{-1}$) vid Järsö sommaren 2003.
 Figure 4. Total phosphorus and nitrogen content ($\mu\text{g l}^{-1}$) at Järsö the summer 2003.

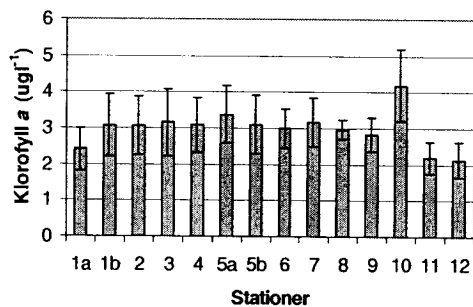
5.2.3 Klorofyll a

Halten av klorofyll a i den fotiska zonen är ett grovt mått på mängden växtplankton i vattenpelaren. Växtplanktons biomassa kan i sin tur relateras till tillgången på näringsämnen och därför kan klorofyll a -halten indirekt beskriva eutrofieringsgraden i ett område (Lindholm 1991). Algblomningar ger ett felaktigt mått på vattnets klorofyll a -halt, och mätningar under dessa tidpunkter bör undvikas (Anon. 1999).

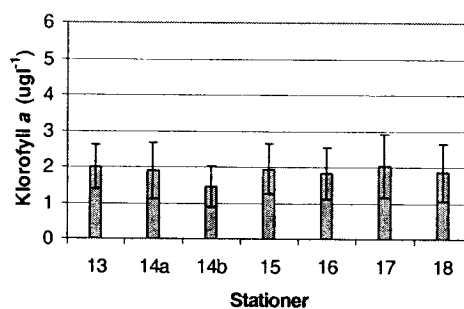
Vid Andersö befann sig halterna av klorofyll a mellan 1,6–4,5 $\mu\text{g l}^{-1}$ vid stationerna runt om odlingen (station 1b-9) (fig. 5a). Medelhöga till höga värden förekom speciellt i slutet av juli och under augusti månad, generellt mellan 3-4 $\mu\text{g l}^{-1}$. Låga halter (runt 2 $\mu\text{g l}^{-1}$) fanns i den fotiska zonen i början av juli månad på nämnda stationer. Vid station 10 erhöles genomgående höga halter av klorofyll a (3,3–6,0 $\mu\text{g l}^{-1}$) där också de högsta halterna av näringsämnen uppmättes. Station 11 och 12 uppvisade lägre värden (1,7–3,0 $\mu\text{g l}^{-1}$) under sommarens provtagningar, vilket korrelerar med halterna av näringsämnen i den fotiska zonen. Också station 1a hade i medeltal lägre klorofyll a -halt än de övriga. Klorofyll a -halten vid Andersö var aningen lägre denna sommar än föregående (Käll 2002).

Halterna av klorofyll a var betydligt lägre vid Järsö än vid Andersö (fig. 5b). Dock uppmättes kraftigt avvikande halter i slutet av juli (22.7.03) vid samtliga stationer vid Järsö som följd av algblomning. Dessa värden har inte inkluderats i figur 5 (bil. II). Ingen större variation märktes mellan de yttre och inre lokalerna, och klorofyllhalterna höll sig mellan 0,6–3,3 $\mu\text{g l}^{-1}$. I slutet av juli var däremot medeltalet av stationernas klorofyll a -halter $6,38 \pm 1,69 \mu\text{g l}^{-1}$. De högsta värdena erhöles vid station 13 och 14b, där värden på 8,65 och 8,63 $\mu\text{g l}^{-1}$ mättes. Halterna av klorofyll a vid Järsö kan ändå i genomsnitt anses som mycket låga till medelhöga (Anon. 1999). Sommaren 2002 kunde en tydlig gradient urskiljas, med högre klorofyll a värden närmare fiskodlingen (Käll 2002).

a)



b)



Figur 5. Medelvärde och st.avv. av klorofyll a ($\mu\text{g l}^{-1}$) vid a) Andersö och b) Järsö, 2003.

I diagram b) har värden daterade från 22.7 lämnats bort.

Figure 5. *Chl a* ($\mu\text{g l}^{-1}$), mean value and SD at a) Andersö and b) Järsö, 2003.

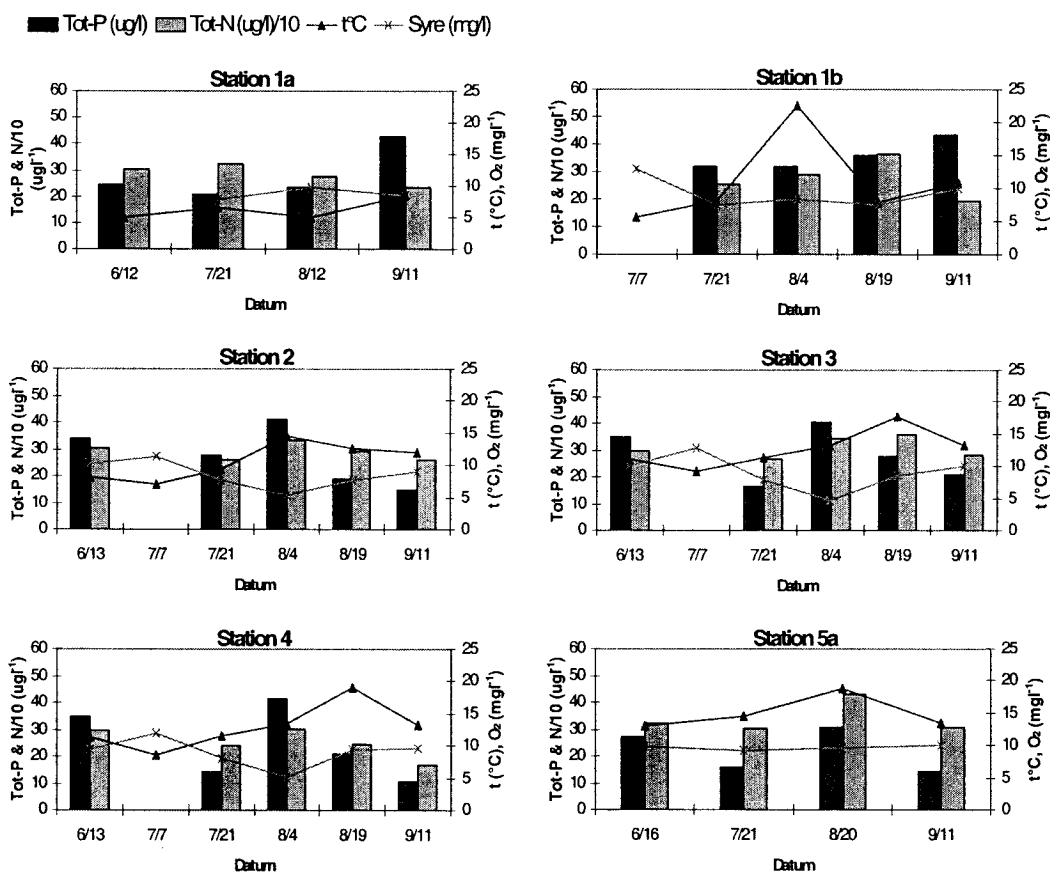
In b) have values dated from 22.7 been excluded.

5.2.4 Syrehalter i bottenvattnet

Syre förbrukas vid nedbrytning av organiskt material. Bottenvattnet är därför ofta omättat på syre, medan ytvattnets syrehalter kan t.o.m. vara övermättade som en följd av planktonprimärproduktionen. Vid syrebrist i bottenvattnet bildas svavelväte genom mikrobiella processer (Jørgensen 1980).

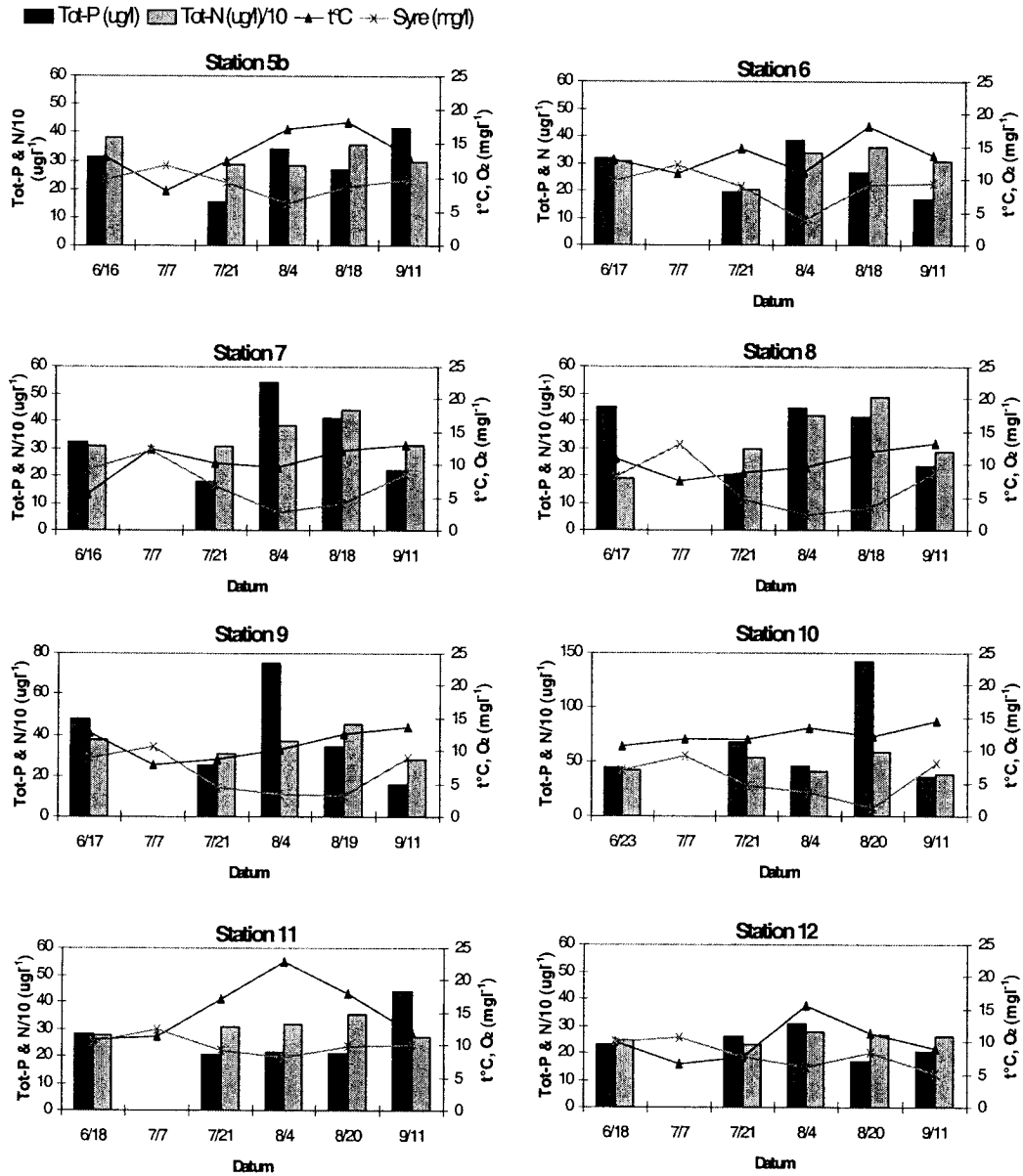
Vid Andersö uppmättes i genomsnitt höga syrehalter i bottenvattnet. Stationerna 2-10 uppvisade dock lägre värden i början av augusti (4.8.2003). Vid stationerna 8-10 var syrehalten i bottenvattnet låg under högsommaren (fig. 6a,b).

Vid Järsö var syrehalterna i bottenvattnet höga ($\geq 5,7 \text{ mg l}^{-1}$) under hela sommaren vid stationerna 14b–18. Stationerna 13 och 14a närmast fiskodlingen uppvisade lägre syrehalter, och kännetecknades av svavelväte i sedimentet. Vid station 13 var syrehalten god endast den 8.7, i övrigt var halterna låga eller mycket låga. Likaså var halterna vid station 14a låga, förutom den 29.6, när en syrehalt på $7,5 \text{ mg l}^{-1}$ uppmättes (fig. 7).

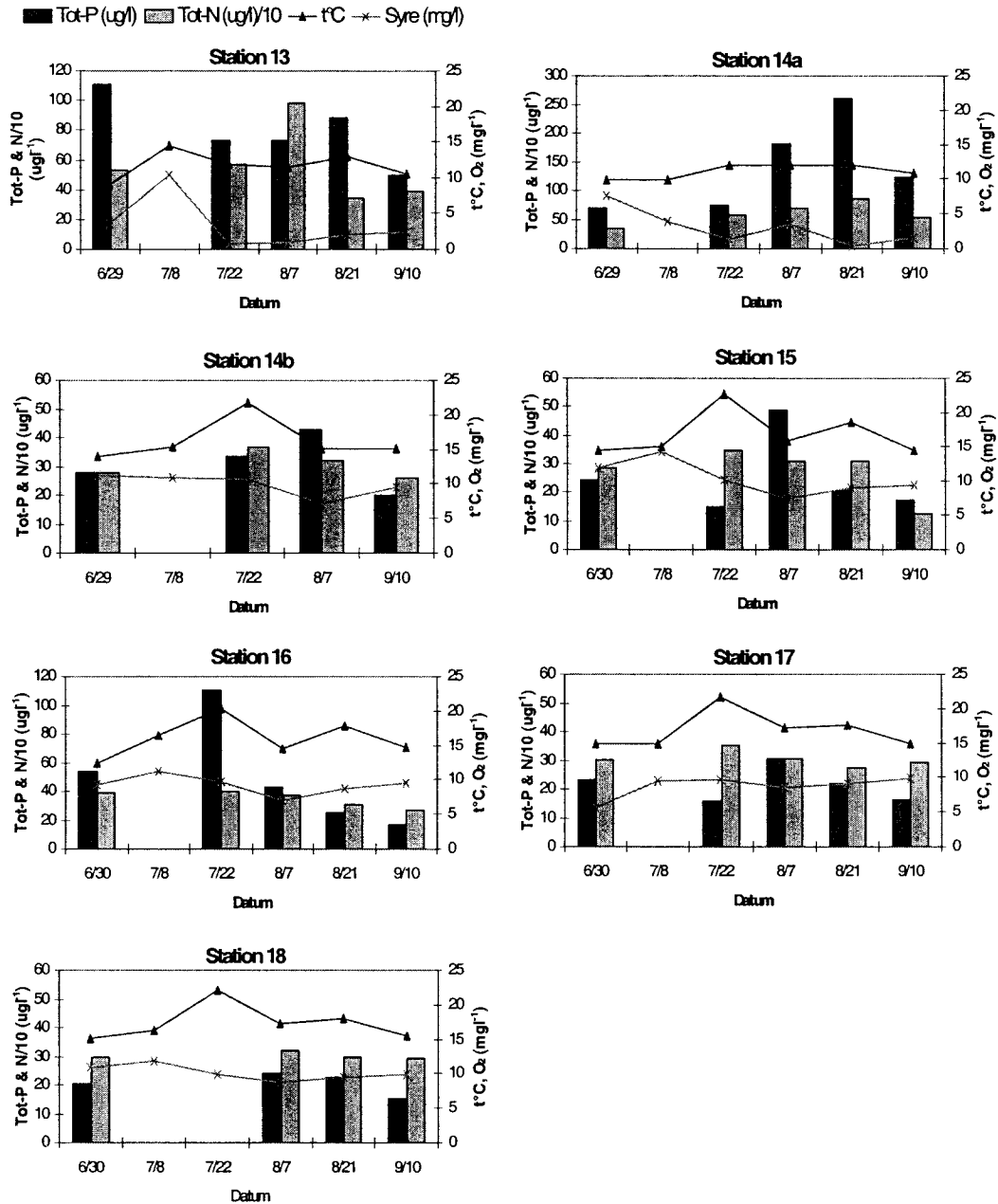


Figur 6a. Bottenvattnets hydrografiparametrar (totalfosfor och totalkväve/10 ($\mu\text{g l}^{-1}$), t ($^{\circ}\text{C}$) samt O₂ (mg l^{-1})). Andersö stationerna 1a-5a, 2003.

Figure 6a. The hydrography parameters in the bottom water (total phosphorus and nitrogen/10 ($\mu\text{g l}^{-1}$), t ($^{\circ}\text{C}$) and O₂ (mg l^{-1})). Andersö stations 1a-5a, 2003.



Figur 6b. Bottenvattnets hydrografiparametrar (totalfosfor och totalkväve/10 ($\mu\text{g l}^{-1}$), t ($^{\circ}\text{C}$) samt O_2 (mg l^{-1})). Andersö stationerna 5b-12, 2003. Observera de olika skalorna.
 Figure 6b. The hydrography parameters in the bottom water (total phosphorus and nitrogen/10 content ($\mu\text{g l}^{-1}$), t ($^{\circ}\text{C}$) and O_2 (mg l^{-1})). Andersö stations 5b-12, 2003. Note the different scales.



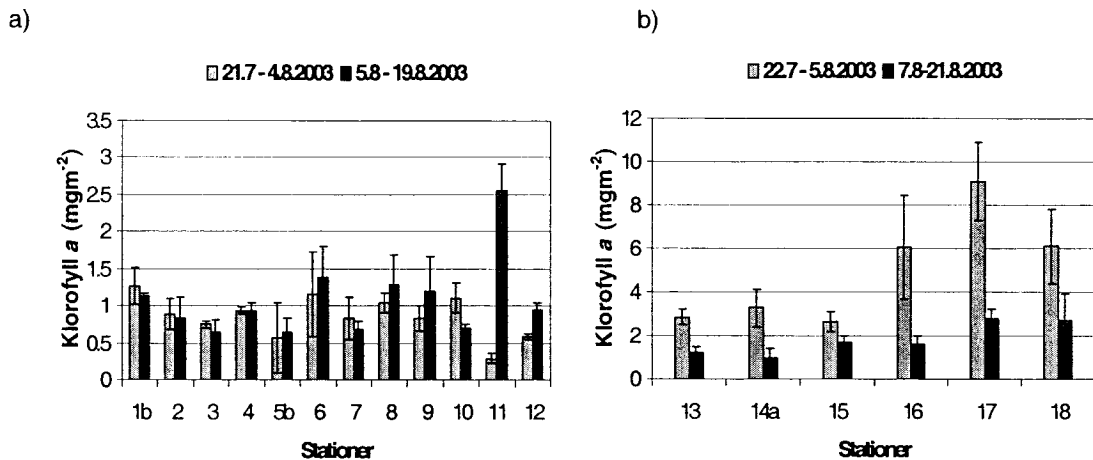
Figur 7. Bottenvattnets hydrografiparametrar (totalfosfor och totalkväve/10 ($\mu\text{g l}^{-1}$), t ($^{\circ}\text{C}$) samt O_2 (mg l^{-1})). Järsö stationerna 13-18, 2003. Observera de olika skalorna.
 Figure 7. The hydrography parameters in the bottom water (total phosphorus and nitrogen/10 content ($\mu\text{g l}^{-1}$), t ($^{\circ}\text{C}$) and O_2 (mg l^{-1})). Järsö stations 13-18, 2003. Note the different scales.

5.3 Perifyton

Effekter av fiskodlingarnas näringsutsläpp undersöktes också genom att mäta tillväxten av påväxtalger (perifyton). Mätningar av perifytontillväxten ger en säkrare bedömning av fiskodlingars påverkan än enstaka mätningar av näringshalter i vattenpelaren, vilka har en större variation till följd av bl.a. primärproducenternas upptagning och vattenomsättningen (Mattila & Räisänen 1998, Lastuniemi 2002). Mattila & Räisänen (1998) konstaterar att snabbt växande alger reagerar hastigt på förändringar i tillgången av näringsämnen, och perifyton har uppvisats korrelera med tillgången på totalfosfor och -kväve, samt på klorofyll *a* -halten i vattenpelaren. Det bör observeras att andra faktorer som tillgång till ljus, kol och spårämnen spelar en betydande roll för tillväxten av perifyton, och därtill inverkar tillväxtunderlagets struktur, fosfor- och kväveförhållandet i vattenpelaren samt vattenströmmar. Det har påvisats att tillväxten av perifyton har varit som högst under juli och augusti månad. Påväxtalger hinner kolonisera på två veckor (Mattila & Räisänen 1998), som var inkuberingstiden också i denna undersökning. Vid de avvecklade fiskodlingarna Diamond Fish Ab, Andersö och Ålands Forell Kb, Järsö utfördes perifytoninkuberingar under perioden 21.7 – 21.8 respektive 22.7 –21.8.

Vid Andersö varierade halterna av klorofyll *a* mellan $0,29 \pm 0,06$ till $1,3 \pm 0,24$ mgm^{-2} under den första inkuberingen (21.7-4.8). De lägsta värdena uppmättes vid de yttersta stationerna (11 och 12) samt strax ovanför fiskodlingen (station 5b). Tillväxten under denna period var aningen högre än under föregående sommar (17.7 – 31.7.2002) (Kåll 2002). Den andra inkuberingen medförde generellt högre klorofyll *a* -halter, varierande från $0,64 \pm 0,16$ till $2,6 \pm 0,36$ mgm^{-2} . Speciellt vid stationerna söder om fiskodlingen uppmättes högre värden under denna period (fig. 8a, bil. III).

Vid Järsö uppmättes mycket höga värden under den första inkuberingen (22.7-5.8). Klorofyll *a* -halterna varierade mellan $2,7 \pm 0,48$ till $9,1 \pm 1,8$ mgm^{-2} . Stationerna längst bort från den f.d. fiskodlingen hade de högsta halterna. Kåll (2002) konstaterade sommaren 2002 att mängden påväxtalger vid Järsö var märkbart högre än vid Andersö, vilket också stämmer in på de erhållna resultaten vid denna undersökning. Under den senare inkuberingen (7.8-21.8) var halterna av klorofyll *a* märkbart lägre på alla stationer, och varierade från $0,97 \pm 0,43$ till $2,8 \pm 0,44$ mgm^{-2} (fig. 8b, bil. III).



Figur 8. Klorofyll a -halter från perifytoninkuberingen (mgm^{-2}), medelvärde och st.avv.. Andersö (a), Järsö (b) 2003. Notera de olika skalorna.
 Figure 8. The amounts of chl *a* (mgm^{-2}) at the perifyton growth plates, mean value and SD. Andersö (a), Järsö (b), 2003. Note the different scales.

5.4 Sediment och bottenfauna

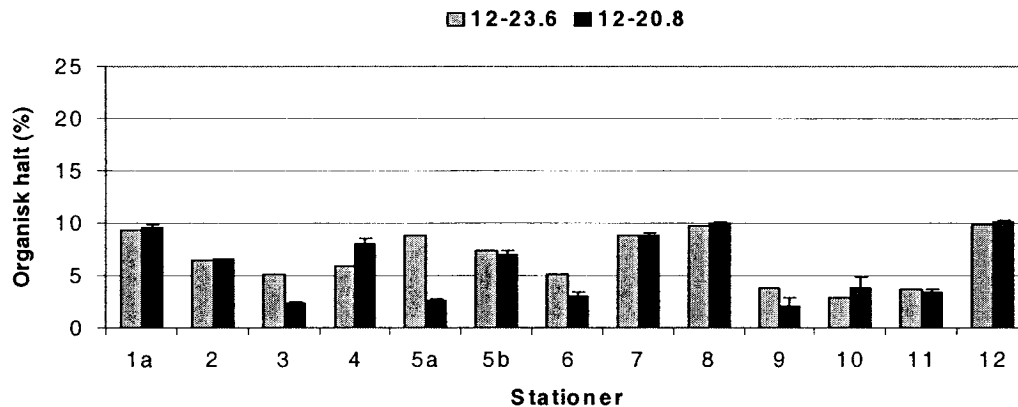
5.4.1 Egenskaper hos sedimentet

Sedimentets kvalitet och struktur är av stor betydelse för bottenfaunasamhället, och kan dessutom avspegla ett vattenområdes morfometri samt avrinningsområdets egenskaper. Beroende på halten av organiskt material (%) kan bottenarna indelas som erosions- (<4 %) transport- (4-10 %) och ackumulationsbottenar (>10 %) (Håkansson & Rosenberg 1987). Höga halter av organiskt material i sedimentet kräver en nedbrytningsaktivitet som förbrukar syre, vilket gör att kvaliteten och kvantiteten av sedimentterande partiklar påverkar bottenfaunans samhällsstruktur och metabolism. Halterna av kol och kväve i sedimentet kan exempelvis härledas till primärproduktionen av plankton. Då färskt material sedimenterar, förorsakar detta en låg C/N kvot. Bottenar där dött, organiskt material dominerar och där nedbrytning och resuspension är hög, kännetecknas av höga C/N kvoter (Österman 1984).

Den organiska halten i sedimentet vid Andersö och Järsö mättes två gånger under sommaren 2003. I juni togs endast ett delprov, medan resultatet från den senare provtagningen i augusti har räknats ut som ett medelvärde av tre delprov. Inga sedimentprov erhöles från de yttre stationerna vid Järsö (16 och 17), vilket eventuellt kan vara en följd av båttrafikens eroderande effekt.

Vid Andersö uppmättes höga organiska halter i sedimentet vid stationerna 1a, 5b, 7, 8 och 12 (> 7 %), vars bottenar domineras av lera och gyttja (bil. IV, fig. 9). Station 6, som är grundare (8 m) har däremot en lägre halt av organiskt material. Stationerna 2 och 4, som befinner sig på ett djupare område där sedimentet består av gyttjeblandad lera, har också högre organisk halt än t.ex. station 3, som befinner

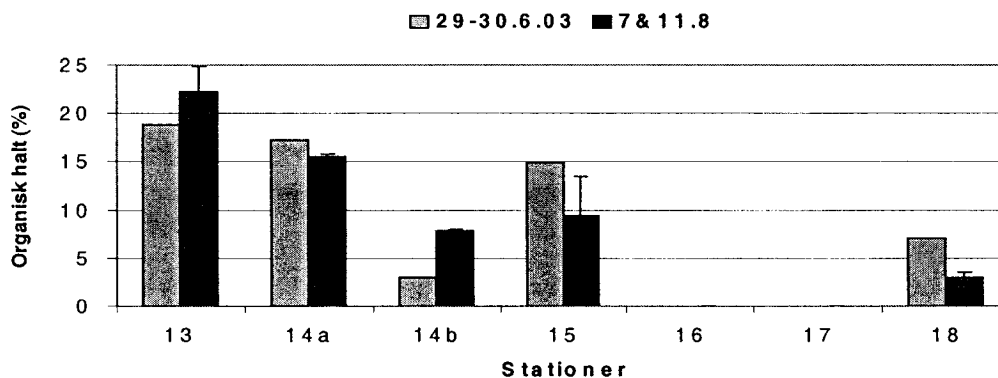
sig på ett tröskelområde där botten domineras av blålera och grus (bil. IV). Att den organiska halten varierar betydligt mellan provtagningarna vid station 5a, kan förklaras av att stationen befinner sig på ett grunt område (8 m), där en brant sluttning gör att sten/lerbotten varierar med gyttjedominerande ställen. Rätt låga halter av organiskt material uppmättes vid stationerna 9–11, (2,2–3,9 %), vilket stämmer överens med förra sommarens resultat (Käll 2002).



Figur 9. Halter av organiskt material i sedimentet vid Andersö, 2003. I augusti visas resultaten som medelvärde och st.avv. av tre replikat.

Figure 9. The content of organic material in the sediment at Andersö, 2003. The results are shown as a mean value and SD of three replicates in August.

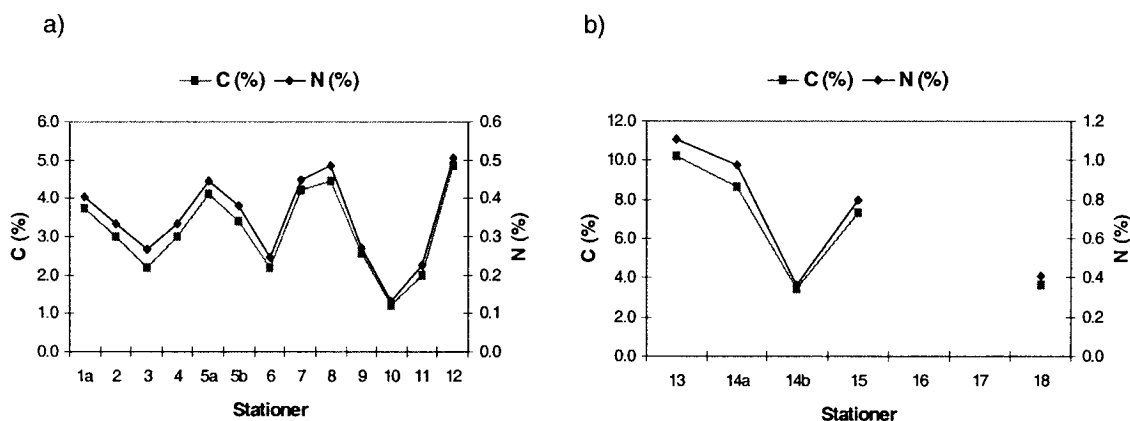
Vid Järsö var halterna av organiskt material väldigt höga vid stationerna närmast fiskodlingen (13 och 14a), mellan 15,3–24,1 %. Sedimentet vid dessa stationer var svart av svavelväte. Också station 15 hade högre mängder av organiskt material än t.ex. station 14b. Troligtvis för en ström med sig materialet från fiskodlingen längs vikens södra strand. Vid referensstationen (18) varierade den organiska halten mellan 2,5–7,1 % (fig. 10).



Figur 10. Halter av organiskt material i sedimentet vid Järsö sommaren 2003. I augusti visas resultaten som medelvärde och st.avv. av tre replikat.

Figure 10. The content of organic material in the sediment at Järsö, 2003. The result is shown as a mean value and SD of three replicates in August.

Kol/kväve (C/N) kvoten är jämn vid alla stationer, både vid Andersö och Järsö ($\bar{x} = 9,0 \pm 0,36$ respektive $9,1 \pm 0,18$) (bil. IV). Vid Andersö uppmättes kraftigt varierande kolhalter mellan 1,2–4,8 %, och kvävehalterna varierade mellan 0,13–0,51 % (fig. 11a). Vid Järsö uppvisar stationerna 13, 14a och 15 höga halter, mellan 7,4–10,2 % kol respektive 0,8–1,1 % kväve (fig. 11b). Kvoten anger att bottenarna domineras av organiskt material (bil. IV). Liknande resultat uppmättes sommaren 2002 (Kåll 2002).



Figur 11. Kol- och kvävehalter (%) i sedimentet a) Andersö och b) Järsö, 2003.

Notera de olika skalorna.

Figure 11. The carbon and nitrogen content (%) in the sediment, a) Andersö, b) Järsö, 2003. Note the different scales.

5.4.2 Bottenfauna

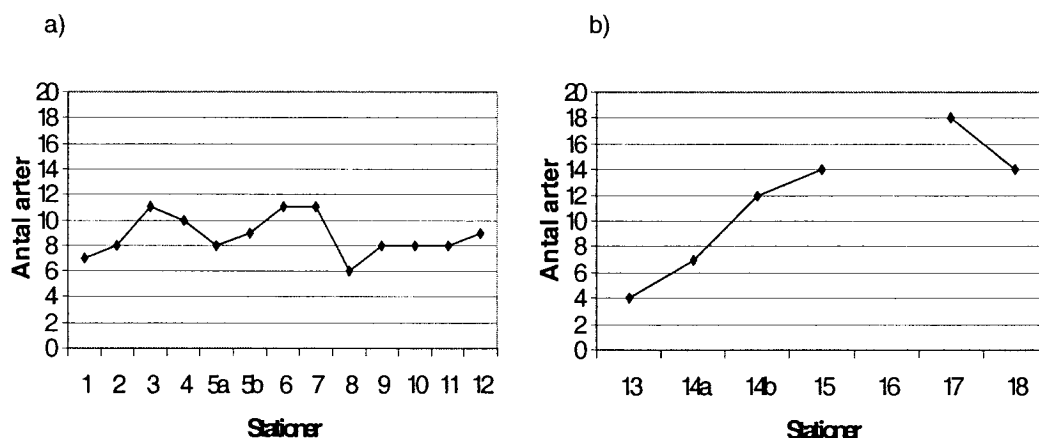
En måttlig organisk belastning kan resultera i positiva effekter på bottenfaunan. Detta kan iaktas i fall där bottenfaunans biomassa och abundans stiger, medan diversiteten hålls på en oförändrad nivå. Dock leder ofta den organiska belastningen i ett område med långsam vattenomsättning till ett decimerat bottenfaunasamhälle (Anon. 1999). Pearson & Rosenberg (1978) beskriver sedimentet vid en långvarig eller kraftig belastningskälla som livlöst eller bebott av en artfattig bottenfauna, bestående av små och toleranta arter. Föreoreningstoleranta, opportunistiska arter är dominant under den första återhämningsperioden, medan ett normalt bottenfaunasamhälle förekommer när belastningskällans inverkan avtagit (Pearson & Rosenberg 1978).

Total noterades 28 arter/grupper sommaren 2003 vid Andersö och Järsö. Vid Andersö varierade det totala artantalet mellan 6 och 11, medan vid Järsö var minimi- och maximiantalen 4 respektive 18 (fig. 12). Vid station 16, Järsö, erhöles inga bottenfaunaprov.

Vid Andersö är det totala artantalet som högst vid stationerna 3, 6 och 7 som befinner sig i fiskodlingens närhet (11 arter/grupper) (fig. 12a). En tydlig skillnad i diversiteten jämfört med förra sommarens provtagning ses vid station 5b, som befann sig rakt under fiskodlingen. Där har det totala artantalet stigit från 3 till 9. Vid stationerna 6 och 7, strax söder om fiskodlingen ökade det totala

artantalet med en art, medan vid stationerna längre bort (8-10) har diversiteten minskat. Sedimentet vid station 5b kännetecknades fortfarande av svavelväte, men syrehalten i bottenvattnet var god den största delen av sommaren.

Det totala artantalet vid Järsö beskriver en stigande kurva med ökat avstånd från fiskodlingen. Vid station 13 och 14a var det totala antalet arter som lägst, och där fanns svavelväte i sedimentet. Dock noterades 4 nya arter vid station 13 jämfört med sommaren 2002, då ingen makrofauna påträffades. Likaså noterades 5 nya arter vid station 14a. Topografins, sedimentets och eventuella strömmars betydelse för bottenfaunan ses tydligt vid jämförelse av station 14a och 14b. Stationerna ligger på ett liknande avstånd från fiskodlingen, men station 14b är grundare (7,5 m) än 14a (11,5 m) och sedimentet där består av sandblandad lera till skillnad från svavelhaltig gyttja. Det totala antalet arter vid station 14b var 12, medan vid station 14a fanns 7 arter. Artsammansättningen skilde sig betydligt mellan stationerna. Station 14a dominerades av fjädermygglarver, medan vid station 14b påträffades arter som kännetecknar en friskare bottenfauna (bil. V). Flest arter påträffades vid station 17, totalt 18 arter. Dock skall detta resultat tolkas med försiktighet, i.o.m. att stationen dominerades av hårdbotten, samt blåstång (*Fucus vesiculosus*) och grönslick (*Cladophora glomerata*) växte vid lokalen. Växtassocierad epifauna kan ha tillkommit provet och höjt artrikedomen, biomassan och individantalet. Vid referensstationen (18) påträffades 14 arter (fig. 12b).



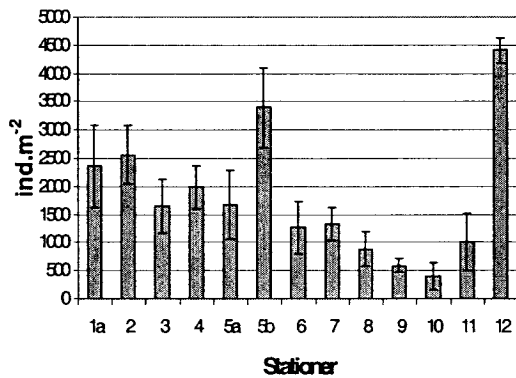
Figur 12. Antalet arter vid Andersö (a) och Järsö (b) sommaren 2003.
Figure 12. The number of species at Andersö (a) and Järsö (b) the summer 2003.

Bottenfaunans abundans i Andersö- området varierade mellan 392 ± 236 och 4406 ± 220 ind.m⁻² (fig. 13a). Stationerna söder om fiskodlingen (6-9) samt stationerna 10 och 11 hade de lägsta värdena, (från 392 ± 236 till 1338 ± 288 ind.m⁻²). Stationerna 1a-5a, uppströms från fiskodlingen, samt station 12 i den yttre bassängen uppvisade en högre abundans. På stationerna i Snäckörännan, (3-9, exklusive 5a) samt station 10 varierade bottenfaunans totala biomassa från $0,54 \pm 0,47$ (station 10) till $26,41 \pm 12,13$ gm⁻² (station 5b). Vid stationerna längst bort från fiskodlingen, (1a, 2, 12) var biomassan högre. Trots att artantalet var högst runt fiskodlingen (stationerna 3-7), var den totala biomassan vid dessa stationer låg, vilket berodde på att en stor del av bottenfaunan utgjordes av fjädermygglarver

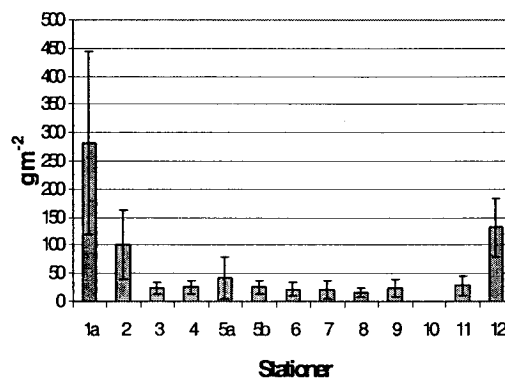
och juvenila östersjömuslor (fig. 12a och 13). Både det totala individantalet och biomassan var lägre än föregående sommar vid alla stationer förutom 5b och referensstation 12.

Vid Järsö var det totala individantalet lägst vid stationerna 13 och 14a, 161 ± 53 respektive 784 ± 373 ind.m⁻². Vid de övriga stationerna varierade antalet individer från 2456 ± 641 till 6909 ± 4048 ind.m⁻². Det höga, avvikande värdet vid station 17 (21015 ± 10644 ind.m⁻²) kan förklaras av hårbottenvegetation, och bottenfaunaprov från denna station bör främst ses som ett exempel på befintlig artsammansättning. Den totala biomassan i Järsö- området följde individantalet, och varierade mellan $0,3 \pm 0,2$ till $70,2 \pm 16,6$ gm⁻², medan station 17 avvek med vikten $506,4 \pm 561,6$ gm⁻² (fig. 14a,b).

a)



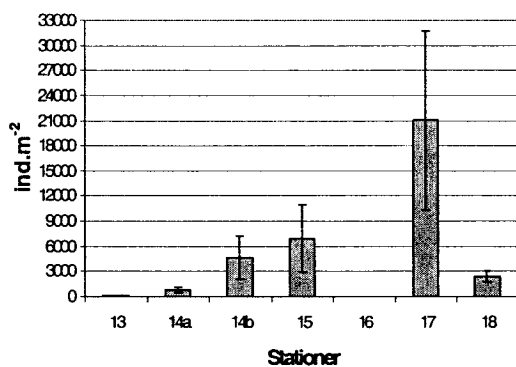
b)



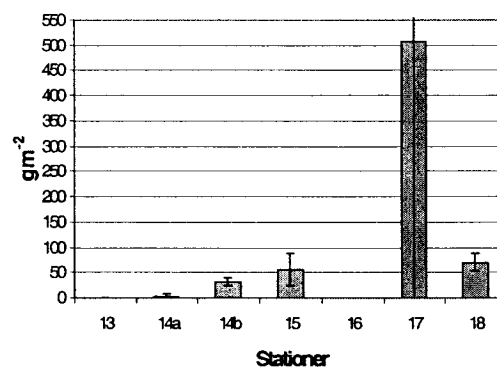
Figur 13. Bottenfaunans a) abundans (ind.m⁻²) och b) biomassa (gm², (v/v)). Medelvärde och st.avv. vid Andersö 2003.

Figure 13. Zoobenthos, a) abundance (ind.m⁻²) and b) biomass (gm², wwt). Mean value and SD at Andersö, 2003.

a)



b)



Figur 14. Bottenfaunans a) abundans (ind.m⁻²) och b) biomassa (gm², (v/v)). Medelvärde och st.avv. vid Järsö 2003.

Figure 14. Zoobenthos, a) abundance (ind.m⁻²) and b) biomass (gm², wwt). Mean value and SD at Järsö, 2003.

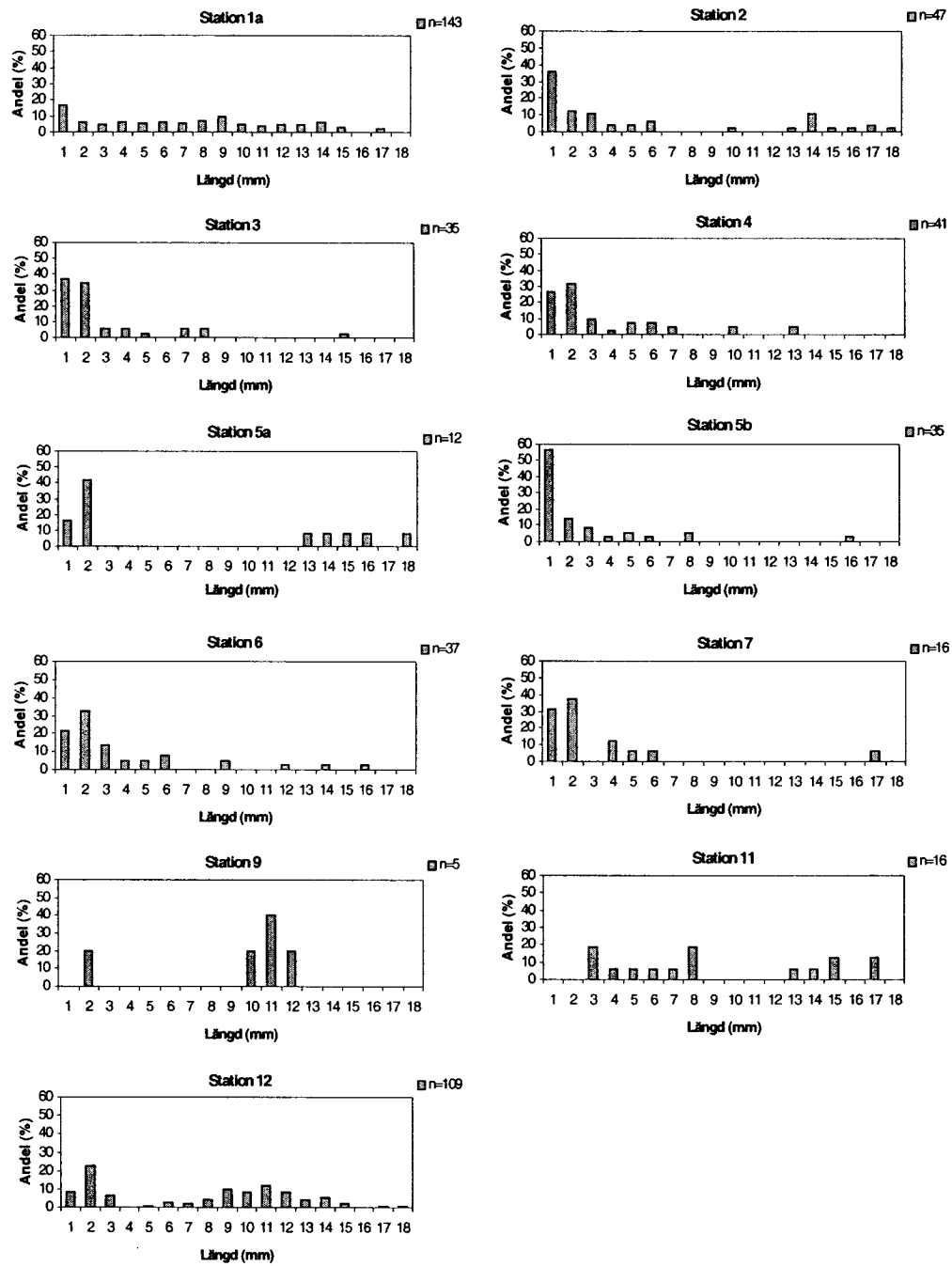
Arter som regelbundet påträffades i Andersö- och Järsö- området var huvudsakligen *M. balthica* och tusensnäckor (*Hydrobia* spp. och *Paludestrina jenkinsi*) tillhörande blötdjuren. Också vanlig sandmussla, *Mya arenaria* påträffades vid stationer med sand- och grusbotten (3, 5a, 9, 11, 12 och 17). Därtill fanns den schackmönstrade snäckan (*Theodoxus fluviatilis*) och blåmusslan (*Mytilus edulis*) vid Järsö på de yttre stationerna (15, 17 respektive 17, 18). Av kräftdjuren var det främst musselkräftor (Ostracoda) och hoppkräftor (Copepoda), tillhörande meiofaunan, som var allmänt förekommande. I övrigt noterades märlor (*Gammarus* spp., *Corophium volutator*, *Monoporeia affinis*), spånakärring (*Saduria entomon*) och strandvattengråsugga (*Jaera* spp.) inte i närheten av fiskodlingarna utan påträffades enbart vid de yttre stationerna. Vid Järsö upphittades nattsländelarver (Trichoptera) både vid inre och yttre stationer (13, 17 och 18). Glatmaskar (Oligochaeta) påträffades främst vid stationer med mjukbotten (5b, 7, 8, 10-12, samt 14b och 18). Havsborstmasken *Nereis diversicolor* samt invandrararten, borstmasken *Marenzelleria viridis* dominerade faunan av havsborstmaskar. Därtill förekom *Pygospio elegans*. *M. viridis* var abundant vid både Andersö och Järsö, men upphittades inte vid stationerna 1a, 5a, 8, 9, 11, 12 och 13. Också rundmask (*Prostoma obscurum*), samt korvmasken (*Halicryptus spinulosus*) förekom. Klassen Insecta dominerades av fjädermygglarver, Chironomidae, utöver vilka enstaka stickmyggor, (Culicidae) och dagsländelarver (Ephemera) räknades. Fjädermygglarver är opportunistiska, toleranta individer, som även klarar av lägre syrehalter. Därför dominerar fjädermygglarver ofta botten där halten av organiskt material är hög, också vid tydligt påverkade områden. Vid fiskodlingsreceptenterna påträffades fjädermygglarver vid alla stationer, förutom vid station 1a (bil. V). Havstulpanen (*Balanus improvisus*) samt mossdjuret *Electra crustulenta* förekom som epibionter på ett fåtal stationer.

5.4.2.1 Östersjömusslans längdfördelning

Ett områdes tillstånd kan också analyseras med hjälp av östersjömusslans längd- eller åldersfördelning. Östersjömusslan är en långlivad nyckelart, som förekommer både på grunda och djupare sand- och lerbotten. Nyrekryteringen sker i slutet av juni, och eftersom musslorna är rätt talrika och stationära återspeglar deras sammansättning ett områdes miljötillstånd (Bonsdorff *et al.* 1997b, Perus *et al.* 2001).

Vid Andersö dominerade juvenila östersjömusslor vid stationerna 3-7 medan en jämnare storleksfördelning innehållande även äldre årsklasser förekom vid stationerna 1a, 2, 9, 11 och 12 (fig. 15). Längdfördelningen återspeglades delvis i biomassan (fig. 16b). Vid station 3-11 varierade biomassan mellan 0 till $27,19 \pm 29,79 \text{ gm}^{-2}$, medan stationerna 1a, 2 och 12, längre bort från fiskodlingen uppvisade högre biomassor. Abundansen var som högst vid de minst påverkade stationerna 1a och 12, 1649 ± 771 respektive $1280 \pm 572 \text{ ind.m}^{-2}$, medan den varierade mellan 0 till $542 \pm 222 \text{ ind.m}^{-2}$ vid de övriga stationerna (fig. 16a). Vid jämförelse av längdfördelning, abundans och biomassa, kan man urskilja ett mönster i nyrekryteringen (fig. 15 och 16). Enbart enstaka äldre östersjömusslor förekommer vid stationerna nära fiskodlingen (3-7), och vid station 8 saknas arten helt. Längdfördelningsmönstret vid dessa stationer visar att nyrekryteringen har lyckats endast under

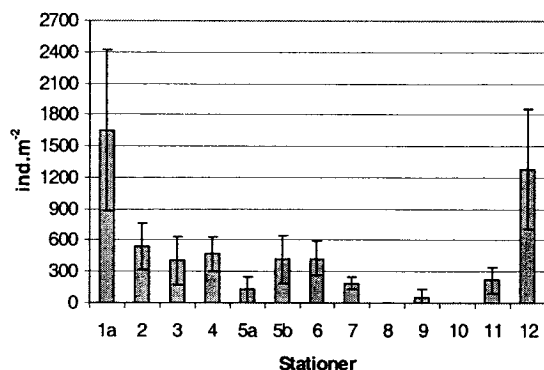
de senaste två-tre åren. Vid stationerna 1, 2, 11 och 12 är östersjömusslans population jämnare fördelad på de olika storleksklasserna, och dess samhälle är troligtvis också mera stabilt (fig. 15).



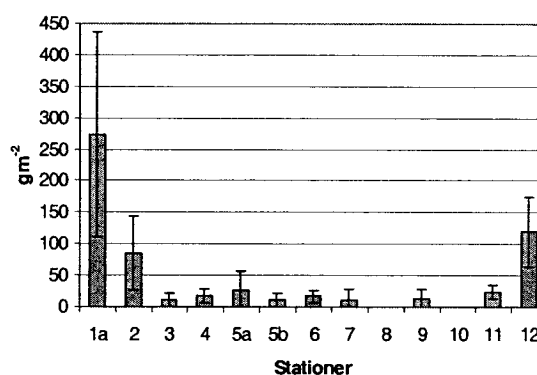
Figur 15. *M. balthica* längdfördelning (%), stationerna 1a-12, Andersö, juni 2003.

Figure 15. Length frequency (%) of *M. balthica*, stations 1a-12, Andersö, June 2003.

a)

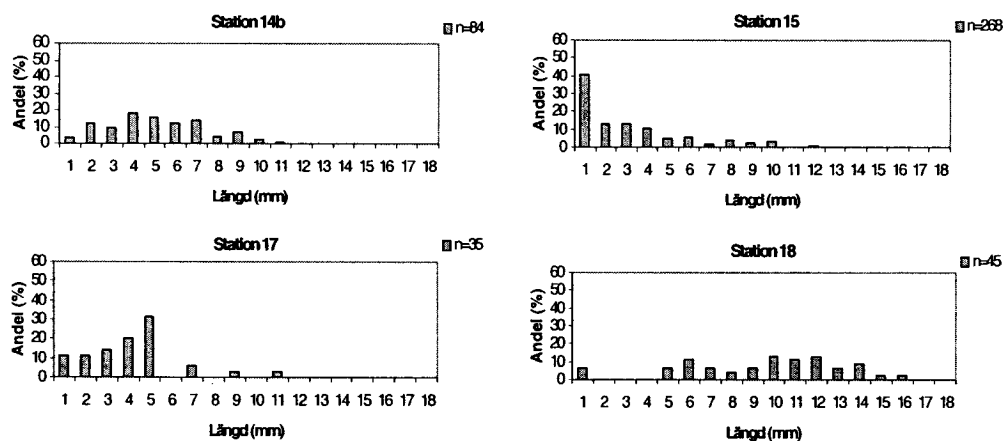


b)

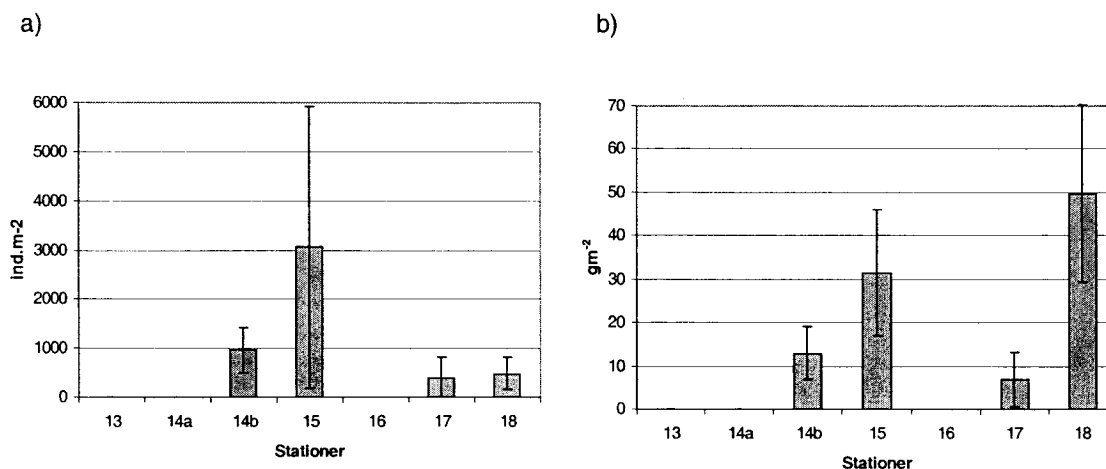


Figur 16. *M. balthica* a) abundans (ind.m⁻²) och b) biomassa (gm⁻², v/v).
Medeltal och st.avv. vid Andersö, 2003.
Figure 16. The a) abundance (ind.m⁻²) and b) biomass (gm⁻², wwt) of *M. balthica*.
Mean value and SD at Andersö, 2003.

Inga östersjömusslor påträffades vid stationerna 13 och 14a i Järsö- området. Längdfördelningen uppvisade en dominans av juveniler vid stationerna 14b till 17 (fig. 17). Östersjömusslans abundans var högst vid station 14b och 15, (969 ± 454 respektive 3057 ± 2862 ind.m⁻²), medan biomassan vid dessa stationer var lägre än vid referensstationen (18) (fig. 18). Av resultaten kan man tyda att östersjömusslans nyrekrytering har lyckats under de senaste åren vid station 14b-17, men musslor av äldre årgång saknas. Vid station 18 var beståndet var mera utspritt mellan de olika storleksklasserna (1-16 mm), och östersjömusslans biomassa var högre vid denna station än vid de övriga (49,80 ± 20,50 gm⁻²). Dock var individantalet lägre vid station 18 än vid station 14b och 15 (fig. 17 och 18).



Figur 17. *M. balthica* längdfördelning (%), stationerna 14b-18 Järsö, juni 2003.
Figure 17. Length frequency (%) of *M. balthica*, stations 14b-18, Järsö, June 2003.



Figur 18. *M. balthica* a) abundans (ind.m⁻²) och b) biomassa (gm⁻², v/v). Medeltal och st.avv. vid Järsö, 2003.
 Figure 18. The a) abundance (ind.m⁻²) and b) biomass (gm⁻², wwt) of *M. balthica*. Mean value and SD at Järsö, 2003.

7 Sammanfattning och diskussion

De undersökta recipienternas läge och morfometri skiljde sig märkbart från varandra. Diamond Fish Ab, Andersö var belägen i mellanskärgården, medan Ålands Forell Kb, Järsö befann sig i ytterskärgården. Vid Andersö dominerar en ström i nord-sydlig riktning, vilken troligtvis underlättar vattenutbytet i området, medan vid Järsö var fiskodlingens läge skyddat av omgivande öar.

Varma vattentemperaturer uppmättes sommaren 2003 vid de båda odlingarna. Dock märktes en stratifiering av vattenpelaren, speciellt vid djupare stationer. Saliniteten och siktdjupet är högre i Järsöområdet än vid Andersö, vilket är en naturlig skillnad mellan yttre och inre skärgårdsområden. Låga syrehalter kan relateras till en stagnerande vattenmassa i slutet av sommaren, då skillnaden mellan yt- och bottenvattnets temperaturer var märkbar. Överlag var dock bottenvattnets syrehalt god, och förbättrades när kraftigare vindar försakade en omblandning av vattenmassan på hösten.

Vid Andersö var halterna av totalfosfor och -kväve i vattenpelaren medelhöga till höga under sommarens provtagningar. Halten av näringsämnen hade en svag tendens att öka från fiskodlingen nedströms. Kraftigt avvikande totalfosfor- och -kvävehalter i både yt- och bottenvattnet uppmättes främst vid station 10. Stationen har ett skyddat läge i innerskärgården, och dess vattenmassa omblandas inte lätt av vindar. Därtill befinner sig stationen i en djuphåla (24 m), vilket gör att ytvattnets temperatur skilde sig från bottenvattnets med åtminstone 5°C den största delen av sommaren. Detta bidrog till de låga syrehalterna som kunde iaktas i bottenvattnet, vilka i sin tur kan försaka urlakning av fosfor från botten sedimentet.

Vid Järsö var halterna av näringsämnen i allmänhet medelhöga till höga. Stationerna 13 och 14a avviker från mönstret. Dessa stationer hade påverkats direkt av den f.d. fiskodlingen, och därtill

befinner de sig i en djuphåla, där temperaturskillnader mellan yt- och bottenvattnet samt syrebrist kan iakttas. Troligtvis förekommer urlakning av fosfor från sedimentet. Därtill förekom en kraftig algblooming i området under slutet av sommaren, som sammanföll med höga halter av totalkväve i vattenpelaren.

Halterna av klorofyll *a* är i allmänhet högre vid Andersö än vid Järsö. Station 10 har högre värden i Andersö- området än de övriga stationerna, vilket korrelerar med uppmätta näringshalter. I övrigt erhöles rätt jämna värden vid Järsö, förutom den 22.7 som följde av algbloomingen.

Resultaten från perifytoninkuberingen indikerar en högre tillväxt vid Järsö än vid Andersö. Vattenomsättningens roll för perifytontillväxten och vattenmassans tillförelse av lösdrivande alger bör ifrågasättas i kommande undersökningar. Exempelvis förekommer väldigt höga perifytonvärden under den första inkuberingsperioden vid Järsös yttre stationer (16-18) där vattenomsättningen är god. Dock avviker inte dessa stationers värden märkbart från de inre stationernas under den andra inkuberingsperioden. Perifytonfällorna vid både Andersö och Järsö var utsatta för vågsvall förorsakad av båttrafik.

Sediment- och bottenfaunaundersökningarna påvisade tydliga tecken av antropogen belastning vid stationerna nära/under de avvecklade fiskodlingarna. Station 5b vid Andersö kännetecknades av svavelväte och onedbrutna växt- och fiskrester i bottensedimentet, och kol- och kvävehalterna i sedimentet var höga vid stationerna runt fiskodlingen. Stationerna 13, 14a och 15 vid Järsö hade också väldigt höga organiska halter, samt höga kol- och -kvävehalter i sedimentet. Det bör dock beaktas att station 13 och 14a befinner sig i en djuphåla, som fungerar som en sedimentationsbassäng. Att strömmen troligtvis för med sig material från fiskodlingen längs vikens södra strand kan förklara erhållna värden vid station 15.

Vid de båda recipienterna kan man iaktta liknande trender i bottenfaunasamhällets utveckling. Antalet arter har inte påverkats märkbart, förutom under de f.d. belastningskällorna, där nya opportunistiska arter förekommer. Dock har bottenfaunans abundans och biomassa minskat vid de flesta lokaler vid Andersö, likaså vid Järsös inre stationer. Därtill erhöles en kraftig variation även inom stationerna, d.v.s. standardavvikelsen mellan de olika replikaten vid de flesta stationer var hög. En kraftig inre variation kan anses vara ett tecken på ett stressat bottenfaunasamhälle. Årstidsvariationer och naturliga fluktuationer förekommer i bottenfaunasamhällen, så de avvecklade fiskodlingarnas betydelse för minskningen av abundansen och biomassan i bottenfaunasamhället är svår att avläsa. Östersjömusslans längdfördelning påvisar dock att nyrekryteringen lyckats under senare år.

Placeringens betydelse för fiskodlingars inverkan på vattenmiljön betonas av de erhållna resultaten i denna undersökning. Om det är bättre att ett större område påverkas av fiskodlingars effekter återstår att diskuteras. Dock underlättas vattenmiljöns och bottenfaunans återhämtning om belastningen inte koncentreras till ett begränsat område med sedimentationsbotten. De indikationer som kan iakttas

angående återhämtningen vid de två fiskodlingsrecipienterna i denna undersökning är vaga, och tydliga trender i vattenmiljöns och bottenfaunasamhällets återhämtning kommer troligtvis att erhållas först efter en längre tidsperiod. Troligen kommer parametrarna att fortsättningsvis fluktuera under de kommande åren, innan en tydlig återhämtning sker.

Tillkännagivanden:

Ett varmt tack riktas till FD Katri Aarnio och FM Jens Perus för handledning och hjälp vid fältarbete, mikroskopering och rapportering. Ett stort tack riktas även till Ålands Forell Kb, för vänligt bemötande och uthyrning av båt.

8 Källor

- Ackefors H. & M. Enell, 1994. The release of nutrients and organic matter from aquaculture systems in Nordic countries. *J Appl Ichthyol* 10: 225-241.
- Anon. 1999. Kust och hav. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Naturvårdsverkets rapport 4914. Naturvårdsverket förlag, Stockholm. 134 s.
- Anon. 2001. Päälysislevänyytteiden a-klorofylli-pitoisuuden määrittäminen. Etanoluutto. Spektrofotometrinen menetelmä. Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy. Menetelmäohje. 4 s.
- Anon. 2003a. Ålands landskapsstyrelse. Förslag till handlingsprogram för vattenvården 2004-2007. Remissversion, 42 s. http://www.la.aland.fi/composer/upload/handl_prog_vattenvard.pdf
- Anon. 2003b. Instruktioner för analysrutiner och apparaturhantering. Husö biol. stat., Åbo Akademi. 32 s.
- Appelgren K. & J. Mattila, 2002. Framtagande av vattenkvalitetsnormer för den åländska skärgården. Slutrapport. Husö biol. stat., Åbo Akademi. 37 s.
- Bonsdorff E., K. Aarnio, A. Lindell, E. Sandberg, 1992. Långtidsförändringar i Åländska skärgårdsvatten – en jämförelse av bottenfaunan 1972-90. Memoranda Soc Fauna Flora Fennica 68: 1-9.
- Bonsdorff E., R.J. Diaz, R. Rosenberg, A. Norkko, G.R. Cutter Jr, 1996. Characterization of soft-bottom benthic habitats of the Åland Islands, northern Baltic Sea. *Mar Ecol Prog Ser* 142: 235-245.
- Bonsdorff E., E.M. Blomqvist, J. Mattila, A. Norkko, 1997a. Coastal eutrophication: causes, consequences and perspectives in the Archipelago areas of the Northern Baltic Sea. *Estuar Coast Shelf Sci* 44: 63-72.
- Bonsdorff E., E.M. Blomqvist, J. Mattila, A. Norkko, 1997b. Long-term changes and coastal eutrophication. Examples from the Åland Islands and the Archipelago Sea, northern Baltic Sea. *Oceanologica Acta* 20, 1: 319-329.
- Cederwall H. & R. Elmgren, 1990. Biological effects of eutrophication in the Baltic Sea, particularly the coastal zone. *Ambio* 19: 109-111.
- Eilola K, 2002 Vattenkvalitetsmodellering: Ålands skärgård. Rapport: 2002-07-31. Marin System Analys, Ocean Origo AB, Göteborg, 21 s.
- EU:s direktiv om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område (2000/60/EG)
- Gowen R.J. & N.B. Bradbury, 1987. The ecological impact of salmonid farming in coastal waters: a review. *Oceanogr Mar Biol Ann Rev*, 25: 563-575.
- HELCOMs rekommendation 18/3
Measures aimed at the reduction of discharges from marine fish farming
<http://www.helcom.fi/recommendations/rec18-3.html>
- Helminen O., 1974. Bottenfaunan i den Åländska skärgården I-IV. Specialarbete för bilaudatur i allmän biologi, Åbo Akademi, 94 s.
- Håkansson L. & R. Rosenberg, 1987. Praktisk kustekologi. Svenska naturvårdsverkets rapport, 110 s.
- Jørgensen B.B., 1980. Seasonal oxygen depletion in the bottom waters of a Danish fjord and its effect on the benthic community. *Oikos*, 34: 68-76.

Karakassis I., E. Hatziyanni, M. Tsapakis, W Plaiti, 1999. Benthic recovery following cessation of fish farming: a series of successes and catastrophes. *Mar Ecol Prog Ser*, 184: 205-218.

Kraufvelin P., B. Sinisalo, E. Leppäkoski, J. Mattila, E. Bonsdorff, 2001. Changes in zoobenthic community structure after pollution abatement from fish farms in the Archipelago Sea (N. Baltic Sea). *Mar Environ Res*, 51: 229-245.

Kåll S., 2002. Undersökning av miljöeffekter av fiskodlingar (Andersö eller Järsö) under avveckling. *Forskn. Rapp. från Husö biol. stat.*, 107: 23 s.

Lastuniemi M., 2002. Användning av perifytonfällor för bedömning av fiskodlingarnas eutrofierande effekt samt undersökning av nya kontroll- och referenspunkter för bottenfaunaprovtagning vid miljökontrollprogrammet för fiskodling på Åland. *Forskn. Rapp. från Husö biol. stat.*, 104: 38s.

Laurén-Määttä C. & R. Räisänen, 1988. Undersökning av vattenmiljön vid Brännholmens Fisk, Andersö 1988. *Forskn. rapp. till Ålands landskapsstyrelse*, 64: 31 s.

Laurén-Määttä C., 1990. Vattenkvalitet och bottenfauna kring tre åländska fiskodlingar sommaren 1990. *Forskn. Rapp. från Husö biol. stat.*, 77: 18 s.

Lindholm T., 1991. Från havsvik till insjö. *Miljöförlaget, Åbo*, 160 s.

Mattila J. & Räisänen R., 1998. Periphyton growth as an indicator of eutrophication; an experimental approach. *Hydrobiologia* 377: 15 – 23.

Pearson T.H. & R. Rosenberg, 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr Mar Biol Ann Rev*, 16: 229-311.

Perus J., Liljekvist J, Bonsdorff E., 2001. Långtidsstudie av bottenfaunans utveckling i den åländska skärgården – en jämförelse mellan åren 1973, 1989 och 2000. *Forskn. Rapp. från Husö biol. stat.*, 103: 58 s.

Ruokalahti C., 1986. Undersökning av vatten kring Brännholmens fisk, Andersö. *Forskn. Rapp. till Ålands landskapsstyrelse*, 50: 18 s.

Salo H., E. Storhammar, V. Kustula, 2000. Fiskodlingens betydelse inom Skärgårdshavets område – regionala och lokala effekter. *Meddelanden från Miljöforskningsinstitutet. Jyväskylä universitet*, 153: 39 s.

Suomalainen S., 1990. Undersökning av vattenkvalitet (år 1989) och bottenfauna (år 1988) vid Ålands Forell i Järsö, Lemland. *Forskn. Rapp. från Husö biol. stat.*, 76: 17 s.

Tovar A., C. Moreno, M.P Manuel-vez, M. Garcia-Vargas, 2000. Environmental impacts of intensive aquaculture in marine waters. *Wat. Res.* 34: 1, 334-342.

Waldh F, 2002. Water exchange in shallow water systems, Pro gradu avhandling, Rapport B331. Institutionen för geovetenskaper, Göteborgs Universitet, 50 s.

Ådjers K., 1985. Övervakningen av tre Åländska kassodlingar 1980-1985. *Forskn. Rapp. till Ålands landskapsstyrelse*, 45: 34 s.

Ådjers K., 1987. Miljöpåverkan från fiskodling i brackvatten på Åland. *Forskn. Rapp. till Ålands landskapsstyrelse*, 57: 24 s.

ÅFS 61/1996. Vattenlag för landskapet Åland.

Österman C-S., 1984. En experimentell studie av kolonisation, succession och dynamik i ett mjukbottensamhälle. Pro gradu avhandling. Institutionen för biologi, Åbo Akademi, 70 s.

BILAGA I/APPENDIX I

Motsvarande stationer i tidigare undersökningar, Andersö och Järsö.
Corresponding stations in earlier studies, Andersö and Järsö.

Denna undersökning	Helminen 1974	Adfers 1985	Ruokalahiti 1986	Adfers 1987	Lauren-Määttä & Räsänen 1988	Sandberg 1988	Lauren-Määttä 1990	Suomalainen 1990	Bonsdorff et al. 1992	Tallqvist 1995	Bonsdorff et al. 1996	Mertonen 2000	Perus et al. 2001	Lastuniemä 2002	ALS 1996-2001	Käll 2002
1a											26					1
1b								(s12)		11	27	pe 23	X ₁			2
2			1	1	1		1	(s2)		1		pe 21		pe 23		3
3			2	2	2		2	X		2		pe 20, 8	X	pe 21	8	4
4	X		5	5	5		5			X				pe 20, 8		5
5a			4	4	4		4				28					6
5b			(s6)	(s6)	(s6)		6			7	29	(pe 22, 7)		(pe 22, 7)	7	7
6			7	7	7		7									8
7			8	8	8		8		P	8	(s 30)	pe 24, 99	P	p 24, 99		9
8									S	10			(S)			10
9	P						10		S	13		pe R10, R4	Q	pe R10, R4	R4	11
10	S											pe R11		pe R11		12
11	Q								(s12)							13
12							1			1						14
13		1	1	1	1	1	1			2		pe 35, 16		pe 35, 16	16	15
14a		2	2	2	2	2	2			3		pe 36, 15		pe 36, 15		16
14b		4	4	4	4	4	4					pe 37, 102 V		pe 37, 102 V	15	17
15		3	3	3	3	3	3			(s5)		pe 38		pe 38		18
16																17
17																18

BILAGA II/APPENDIX II

Hydrografidata, Andersö (station 1a-12) och Järsö (station 13-18), 2003.
List of hydrography data, Andersö (station 1a-12) and Järsö (station 13-18), 2003.

Stat.	Dat.	Ytvatten (1 m)				Bottenvatten (1 m från bottnen)							Sammelprov		
		Secchi (m)	t °C	Sal. ‰	pH	djup (m)	t °C	Sal. ‰	pH	O ₂ %	O ₂ mg l ⁻¹	tot-P µg l ⁻¹	tot-N µg l ⁻¹	Chl-α µg l ⁻¹	tot-P µg l ⁻¹
1a	6/12	2.60	12.00	5.67	8.07	20.00	5.00	5.69	7.84	saknas	24.45	301.39	3.18	27.42	386.65
	7/21	2.10	24.00	5.54	8.24	22.00	6.60	5.85	7.33	64.60	21.03	322.37	2.60	18.13	398.97
	8/12	2.00	20.10	5.57	8.18	20.90	5.10	5.85	7.48	76.73	23.69	276.08	2.03	105.48	447.93
	9/11	3.00	14.70	5.56	8.17	19.50	8.50	5.61	7.51	72.95	42.79	232.79	1.87	18.45	298.06
	7/7	2.00	16.70	5.54	7.92	14.00	5.70	5.65	7.54	102.12	12.82		1.71		
1b	7/21	1.60	24.30	5.64	8.25	13.50	8.20	5.87	7.33	64.52	31.99	256.77	3.37	19.37	333.03
	8/4	1.50	23.80	5.60	8.42	13.00	22.50	5.68	8.36	97.11	8.40	290.74	3.82	32.11	363.00
	8/19	2.40	19.00	5.52	8.15	12.00	8.00	5.83	7.35	63.78	7.55	366.33	3.68	30.35	386.65
	9/11	2.40	15.70	5.67	8.22	14.00	10.80	5.75	7.69	95.11	9.97	193.49	2.80	38.13	381.32
	6/13	2.50	14.10	5.38	8.09	12.00	8.20	5.56	7.85	88.06	10.22	301.73	4.11	27.84	380.99
2	7/7	3.00	16.10	5.53	8.00	12.50	7.00	5.66	5.57	94.05	11.41		1.70		
	7/21	1.90	24.30	5.63	8.31	12.00	9.40	5.87	7.38	66.57	7.62	261.10	3.31	82.04	438.60
	8/4	1.50	24.10	5.62	8.29	11.50	14.50	4.89	7.31	52.18	5.31	333.36	3.40	34.66	380.65
	8/19	2.00	19.00	5.55	8.17	12.00	12.60	5.59	7.59	73.15	7.78	293.40	3.05	30.35	369.00
	9/11	2.30	15.80	5.42	8.21	12.00	12.00	5.51	7.70	75.72	8.91	259.43	2.76	60.86	363.00
3	6/13	1.90	14.80	5.38	8.04	9.70	11.10	5.58	7.95	91.35	10.05	295.07	4.28	25.25	369.33
	7/7	2.70	16.60	5.53	8.01	10.00	9.10	5.66	7.62	111.67	12.86		1.61		
	7/21	2.00	24.40	5.60	8.30	9.50	11.30	5.81	7.46	72.18	7.90	267.09	3.23	40.13	395.64
	8/4	2.15	24.00	5.75	8.40	10.50	13.20	5.60	7.32	44.12	4.62	344.35	3.58	36.72	389.98
	8/19	2.00	18.90	5.75	8.15	11.00	17.80	5.59	8.03	89.60	8.51	358.67	3.64	27.65	358.67
4	9/11	2.00	15.80	5.66	8.18	10.00	13.20	5.75	7.88	95.11	9.97	282.08	2.61	26.77	418.95
	6/13	2.00	15.10	5.40	8.02	11.00	11.40	5.65	7.91	86.81	9.49	299.73	3.82	28.18	347.02
	7/7	3.20	16.50	5.46	7.89	11.50	8.60	5.92	7.68	102.64	11.97		1.84		
	7/21	2.00	23.30	5.53	8.24	10.50	11.50	5.89	7.24	74.57	8.13	243.45	3.07	41.47	488.22
	8/4	1.50	23.80	5.59	8.38	11.00	13.40	5.81	7.29	48.48	5.06	304.72	3.33	31.95	377.32
5a	8/19	1.60	19.20	5.48	8.16	8.70	19.00	5.80	8.11	101.14	9.38	244.44	3.82	28.56	350.68
	9/11	1.95	15.80	5.48	8.24	11.00	13.20	5.52	7.91	91.76	9.62	170.84	2.68	26.06	375.66
	6/16	1.50	13.90	5.60	8.04	7.80	13.00	5.58	8.06	92.69	9.76	324.37	3.28	27.08	344.35
	7/21	2.05	24.10	5.41	8.30	8.00	14.60	5.88	7.65	90.55	9.20	301.06	3.11	29.12	447.59
	8/20	2.00	19.20	5.67	8.15	8.00	18.90	5.52	8.07	102.65	9.54	429.61	4.49	39.14	467.57
9/11	2.30	15.90	5.48	8.29	8.00	13.40	5.72	7.93	95.72	9.98	308.39	2.65	26.41	305.72	

BILAGA III/APPENDIX II

Hydrografi-data, Andersö (station 1a-12) och Järsö (station 13-18), 2003.
List of hydrography data, Andersö (station 1a-12) and Järsö (station 13-18), 2003.

Stat.	Dat.	Secchi (m)	Ytvatten (1 m)					Bottenvatten (1 m från botten)					Sammelprov			
			t°C	Sal.‰	pH	djup (m)	t°C	Sal.‰	pH	O ₂ %	O ₂ mg/l	tot-P µg/l	tot-N µg/l	Chl-a µg/l	tot-P µg/l	tot-N µg/l
5b	6/16	1.50	14.00	5.50	7.96	10.50	13.00	5.64	8.01	91.78	9.66	31.31	382.99	3.91	32.03	397.31
	7/7	4.20	16.40	5.61	7.90	10.00	8.00	5.63	7.44	102.10	11.79			1.64		
	7/21	2.70	24.00	5.69	8.29	9.50	12.50	5.87	7.54	88.19	9.39	15.13	285.74	3.08	19.37	461.91
	8/4	1.70	23.60	5.67	8.39	9.70	17.10	5.83	7.53	64.47	6.21	34.13	280.75	3.78	32.37	380.65
	8/18	2.30	18.70	5.52	8.07	10.00	18.20	5.77	7.99	92.06	8.67	26.96	357.67	3.09	25.78	252.10
	9/11	1.95	15.90	5.59	8.90	10.00	13.20	5.53	7.82	91.76	9.62	41.68	299.06	3.07	22.34	383.98
6	6/17	2.00	14.20	5.50	8.09	8.00	13.10	5.50	7.99	92.69	9.76	31.69	308.72	3.58	28.60	351.35
	7/7	4.00	16.70	5.53	8.00	8.00	11.00	5.53	8.00	110.49	12.18			2.01		
	7/21	2.30	23.90	5.47	8.27	8.10	14.70	5.64	7.65	88.61	8.98	19.50	205.48	3.03	21.21	311.38
	8/4	2.00	23.60	5.60	8.37	12.00	11.10	5.68	7.29	35.64	3.92	38.70	336.69	3.38	25.71	369.00
	8/18	1.50	18.70	5.63	7.96	8.50	18.20	5.64	8.97	98.17	9.25	26.51	358.34	3.03	39.88	403.97
	9/11	2.20	15.70	5.61	8.18	7.50	13.60	5.52	7.84	91.41	9.49	16.73	308.39	3.02	27.72	391.31
7	6/16	1.50	14.20	5.54	8.06	13.50	5.60	7.96	85.48	9.10	32.37	309.05	3.67	29.55	350.02	
	7/7	3.50	17.00	5.55	7.90	13.00	12.30	5.77	7.78	113.64	12.16			2.04		
	7/21	2.30	24.10	5.69	8.34	11.00	10.30	5.93	7.31	60.29	6.75	17.74	308.72	2.74	23.84	426.61
	8/4	1.65	23.50	5.75	8.34	15.50	9.60	5.58	7.18	23.60	2.69	54.59	386.65	3.41	32.03	353.68
	8/18	2.00	18.60	5.56	8.05	14.00	12.20	5.77	7.29	36.94	3.96	40.79	443.26	3.90	31.00	372.00
	9/11	2.20	15.90	5.66	8.26	15.50	13.00	5.72	7.80	81.75	8.61	22.11	313.71	3.26	20.48	356.34
8	6/17	1.50	14.50	5.48	8.12	15.00	11.00	5.54	7.67	74.05	8.16	44.95	189.49	3.06	33.02	402.97
	7/7	3.50	17.10	5.58	7.93	16.00	7.50	5.60	7.53	111.41	13.02			2.57		
	7/21	2.00	24.40	5.58	8.34	15.50	8.70	5.68	7.18	41.16	4.78	20.64	296.73	2.77	20.33	417.62
	8/4	1.75	23.50	5.80	8.34	15.50	9.60	5.85	7.19	20.93	2.38	44.45	420.28	3.11	37.74	353.35
	8/18	2.10	19.20	5.48	8.12	15.00	12.00	5.60	7.29	28.28	3.33	41.52	484.89	3.32	23.42	343.36
	9/11	2.20	15.80	5.63	8.26	15.00	13.20	5.73	7.83	83.82	8.78	23.61	285.74	2.95	17.44	265.43
9	6/17	1.60	14.60	5.50	8.10	15.00	12.90	5.65	7.83	85.61	9.04	47.84	376.99	3.11	26.09	359.34
	7/7	3.20	16.20	5.50	7.91	15.00	7.90	5.58	7.50	90.85	10.78			2.33		
	7/21	2.30	23.80	5.75	8.31	14.00	8.80	5.83	7.08	39.55	4.59	25.01	309.05	2.70		
	8/4	1.90	23.20	5.74	8.23	13.10	10.30	5.69	7.22	29.71	3.33	75.12	369.33	2.33	35.31	328.70
	8/19	2.30	18.90	5.76	8.11	14.50	12.60	5.77	7.27	30.86	3.28	33.93	451.59	3.50	29.44	373.99
	9/11	1.70	15.90	5.59	8.21	14.50	13.60	5.71	7.82	86.32	8.96	15.91	279.08	3.06	25.60	390.31

BILAGA IV/APPENDIX II

Hydrogratidata, Andersö (station 1a-12) och Järsö (station 13-18), 2003.

List of hydrography data, Andersö (station 1a-12) and Järsö (station 13-18), 2003.

Stat.	Dat.	Secchi (m)	Ytvatten (1 m)					Bottenvatten (1 m från botten)					Sammelprov			
			t °C	Sal.‰	pH	djup (m)	t °C	Sal.‰	pH	O ² %	O ² mg/l	tot-P µg/l	tot-N µg/l	chl-a µg/l	tot-P µg/l	tot-N µg/l
10	6/23	2.00	15.90	5.21	8.04	24.00	10.70	5.46	7.33	63.71	7.07	44.26	420.95	3.46	38.13	525.86
	7/7	1.70	19.90	5.53	8.23	20.00	11.70	5.62	7.48	84.94	9.22			3.87		
	7/21	1.70	24.60	5.57	8.28	22.00	11.70	5.65	7.10	43.94	4.77	68.01	539.51	3.26	27.26	494.88
	8/4	1.00	23.90	5.48	8.31	19.50	13.50	5.65	7.33	35.20	3.66	46.01	406.30	4.17	195.58	620.44
	8/20	2.50	19.80	5.44	8.14	24.00	12.20	5.23	7.10	11.49	1.23	142.01	592.46	5.99	38.46	405.63
	9/11	2.00	16.30	5.56	8.17	23.00	14.50	5.48	7.67	79.06	8.05	35.78	379.99	4.44	29.68	413.29
11	6/18	2.00	14.10	5.47	8.07	10.50	11.00	5.59	7.99	94.08	10.37	28.22	279.08	2.88	23.95	340.69
	7/7	4.20	16.90	5.55	8.08	10.00	11.30	5.77	7.77	113.68	12.45			1.70		
	7/21	2.90	23.60	5.92	8.31	8.70	17.00	5.91	7.76	96.17	9.28	20.68	307.72	2.11	38.58	328.37
	8/4	2.40	23.30	5.69	8.32	9.70	22.90	5.89	8.26	94.99	8.16	21.67	317.38	2.11	27.88	304.39
	8/20	3.50	18.00	5.68	8.15	10.50	18.00	5.39	8.15	103.34	9.78	21.02	351.68	2.53	21.02	335.03
	9/11	2.80	15.00	5.67	8.19	9.00	12.00	5.73	7.90	84.55	9.95	44.36	269.42	1.85	100.14	357.34
12	6/18	2.50	13.80	5.64	8.14	16.50	10.00	5.63	7.82	89.65	10.11	23.19	244.11	3.01	22.54	326.70
	7/7	3.50	14.50	5.63	7.88	16.50	6.60	5.83	7.58	87.70	10.75			1.67		
	7/21	2.00	23.20	5.86	8.34	16.50	7.60	5.71	7.31	64.67	7.73	26.34	229.79	2.00	15.06	239.78
	8/4	4.00	23.00	5.79	8.38	15.50	15.60	5.75	7.52	61.65	6.13	30.62	275.42	1.89	47.69	333.36
	8/20	4.00	18.00	5.62	8.25	16.00	11.30	5.72	7.55	77.00	8.43	17.09	264.43	2.35	19.57	317.38
	9/11	3.00	14.70	5.44	8.16	16.00	9.00	5.79	7.57	71.34	5.15	20.64	260.76	1.88	77.80	347.68
13	6/29	5.00	16.00	5.81	8.62	11.50	9.00	5.83	7.04	31.44	3.63	110.73	527.85	2.63	36.45	372.00
	7/8	5.00	17.50	6.11	8.18	11.70	14.40	6.16	7.80	102.27	10.43			2.40		
	7/22	1.50	23.60	5.88	8.58	11.10	11.90	5.86	7.02	7.55	0.82	73.26	569.82	8.65	22.89	533.18
	8/7	4.00	20.30	6.22	8.03	11.50	11.40	6.24	7.09	8.64	0.99	73.26	982.11	1.77	39.00	371.00
	8/21	6.00	19.40	6.04	8.11	11.00	13.00	6.24	7.10	20.21	2.13	88.14	345.02	2.13	37.86	262.76
	9/10	5.00	15.40	6.17	7.96	11.50	10.60	5.97	7.02	21.15	2.35	50.00	388.31	1.07	20.67	315.71
14a	6/29	4.00	15.60	5.86	7.94	11.50	9.80	6.09	7.17	69.19	7.47	69.79	343.02	1.73	115.76	390.65
	7/8	5.00	17.00	6.01	8.04	11.50	9.90	6.24	7.09	34.24	3.87			3.00		
	7/22	2.30	23.50	5.85	8.54	10.90	12.10	5.95	7.03	13.25	1.42	75.22	579.47	6.36	25.50	317.71
	8/7	4.50	19.40	6.05	8.08	11.50	12.00	6.16	8.28	31.87	3.43	180.91	699.36	1.70	79.27	392.31
	8/21	6.00	19.30	6.06	8.16	12.00	12.00	6.07	6.94	3.67	0.43	259.50	858.55	27.57	27.57	418.62
	9/10	7.50	15.50	5.91	7.97	11.50	10.80	6.20	7.05	14.45	1.60	122.44	527.19	1.15	23.41	372.00

BILAGA II/APPENDIX II

Hydrografidata, Andersö (station 1a-12) och Järsö (station 13-18), 2003.
 List of hydrography data, Andersö (station 1a-12) and Järsö (station 13-18), 2003.

Stat.	Dat.	Ytvatten (1 m)										Bottenvatten (1 m från botten)										Sammelprov	
		Secchi (m)	t °C	Sal. ‰	pH	djup (m)	t °C	Sal. ‰	pH	O ₂ %	tot-P µg/l ⁻¹	tot-N µg/l ⁻¹	Chi-α µg/l ⁻¹	tot-P µg/l ⁻¹	tot-N µg/l ⁻¹	Chi-α µg/l ⁻¹	tot-P µg/l ⁻¹	tot-N µg/l ⁻¹					
14b	6/29	4.50	15.90	5.85	8.10	7.50	14.00	6.05	7.98	97.25	11.23	28.03	281.08	1.79	29.13	310.05							
	7/8	5.00	17.30	6.10	8.18	7.50	15.40	6.10	8.03	109.39	10.93		1.56										
	7/22	2.40	23.40	5.91	8.46	7.30	21.80	5.82	8.50	121.69	10.67	33.71	366.00	8.63	20.93	441.60							
	8/7	5.00	20.20	6.17	8.24	7.50	15.10	6.22	7.66	70.77	7.11	42.66	322.37	1.84	30.47	250.44							
	9/10	8.50	15.50	6.15	8.10	7.50	15.10	6.05	7.94	93.77	9.42	20.12	261.10	0.63	18.88	317.05							
15	6/30	4.50	16.00	6.00	8.16	8.20	14.50	5.78	7.99	117.33	11.94	24.37	284.74	2.09	41.29	366.33							
	7/8	5.00	16.40	6.13	8.18	8.20	15.00	6.19	7.87	140.93	14.19		2.39										
	7/22	3.00	23.40	5.91	8.48	6.40	22.60	5.86	8.51	116.85	10.10	15.06	348.35	4.88	38.88	385.32							
	8/7	5.20	19.10	6.09	8.07	7.10	15.80	6.15	7.69	75.80	7.50	48.79	309.05	2.67	97.22	346.02							
	8/21	6.70	18.90	6.01	8.13	6.70	18.50	6.02	8.06	95.80	8.98	20.64	311.38	1.67	24.11	320.04							
16	9/10	7.00	15.50	6.07	8.10	9.00	14.40	5.93	7.76	91.29	9.31	17.25	127.55	0.90	26.38	370.33							
	6/30	4.50	16.50	5.99	8.12	9.70	12.50	5.85	7.62	87.89	9.36	53.98	388.31	2.34	30.89	317.71							
	7/8	4.20	16.90	6.16	8.25	10.00	16.40	6.19	8.18	115.66	11.31		2.75										
	7/22	3.50	22.90	5.93	8.52	8.90	20.40	5.92	8.25	107.26	9.66	110.83	396.31	4.44	34.44	895.19							
	8/7	5.00	18.10	6.15	8.00	9.50	14.50	6.46	7.47	71.34	7.01	42.47	374.33	1.29	53.21	359.01							
17	8/21	8.00	18.80	6.03	8.06	9.50	17.80	6.05	7.94	97.87	8.73	24.91	303.06	1.79	24.83	340.69							
	9/10	7.00	15.60	6.05	8.08	9.50	14.70	5.91	7.95	94.61	9.58	16.69	272.09	1.00	15.75	319.04							
	6/30	4.00	16.00	5.69	7.94	10.00	15.00	5.81	8.09	55.25	5.57	23.34	300.39	2.40	168.91	371.00							
	7/8	4.70	17.10	6.15	8.18	10.00	15.00	6.12	7.81	95.01	9.57		3.32										
	7/22	3.10	22.60	5.94	8.41	8.90	21.80	5.92	8.50	111.47	9.78	15.68	355.68	5.42	19.43	432.94							
18	8/7	5.00	18.20	6.13	7.90	9.50	17.20	6.61	7.92	88.07	8.46	30.93	305.06	1.38	66.40	357.67							
	8/21	8.00	18.60	6.03	8.14	9.50	17.60	6.01	8.08	96.54	9.20	21.74	276.08	2.02	27.57	363.67							
	9/10	7.00	15.40	5.87	8.05	9.00	15.00	6.13	7.97	98.03	9.87	16.07	294.37	1.08	17.34	305.39							
	6/30	5.00	16.10	5.79	8.15	8.50	15.10	5.77	8.03	108.82	10.94	20.68	298.73	2.24	28.87	343.36							
	7/8	5.00	16.40	6.16	8.30	9.00	16.30	6.17	8.16	120.98	11.86		2.58										
18	7/22	3.05	22.50	5.93	8.54	6.80	22.00	5.89	8.37	113.32	9.90			6.24	19.43	418.62							
	8/7	6.20	19.00	6.22	8.03	9.00	17.20	6.03	7.92	89.82	8.63	24.03	322.37	1.13	176.34	445.93							
	8/21	6.00	18.30	5.97	8.21	9.00	18.00	5.81	8.02	99.79	9.44	22.58	295.73	2.46	25.44	315.38							
9/10	7.00	15.40	6.07	8.02	9.50	15.50	6.15	7.97	99.98	9.97	15.45	294.73	0.83	20.09	342.36								

BILAGA III/APPENDIX III

Perifytonvärden, Andersö (station 1a-12) och Järsö (station 13-18), 2003.

*Results from the periphyton incubation,**Andersö (station 1a-12) and Järsö (station 13-18), 2003.*

Station	Inkub.tid	Chl-a (mgm ⁻²)	
		Medeltal	Std. avv.
1b	21.7 - 4.8.2003	1.27	0.24
	5.8 - 19.8.2003	1.13	0.04
2	21.7 - 4.8.2003	0.88	0.21
	5.8 - 19.8.2003	0.83	0.29
3	21.7 - 4.8.2003	0.75	0.05
	5.8 - 19.8.2003	0.64	0.16
4	21.7 - 4.8.2003	0.93	0.04
	5.8 - 19.8.2003	0.94	0.11
5b	21.7 - 4.8.2003	0.57	0.47
	5.8 - 19.8.2003	0.65	0.18
6	21.7 - 4.8.2003	1.15	0.57
	5.8 - 19.8.2003	1.37	0.42
7	21.7 - 4.8.2003	0.83	0.29
	5.8 - 19.8.2003	0.68	0.12
8	21.7 - 4.8.2003	1.04	0.13
	5.8 - 19.8.2003	1.29	0.40
9	21.7 - 4.8.2003	0.83	0.17
	7.8 - 21.8.2003	1.19	0.48
10	21.7 - 4.8.2003	1.10	0.20
	7.8 - 21.8.2003	0.70	0.06
11	21.7 - 4.8.2003	0.29	0.06
	7.8 - 21.8.2003	2.55	0.36
12	21.7 - 4.8.2003	0.59	0.04
	7.8 - 21.8.2003	0.95	0.10
13	22.7 - 5.8.2003	2.85	0.36
	7.8-21.8.2003	1.26	0.20
14a	22.7 - 5.8.2003	3.27	0.86
	7.8-21.8.2003	0.97	0.43
15	22.7 - 5.8.2003	2.65	0.48
	7.8-21.8.2003	1.68	0.35
16	22.7 - 5.8.2003	6.06	2.39
	7.8-21.8.2003	1.62	0.41
17	22.7 - 5.8.2003	9.10	1.78
	7.8-21.8.2003	2.79	0.44
18	22.7 - 5.8.2003	6.12	1.71
	7.8-21.8.2003	2.72	1.24

BILAGA IV/APPENDIX IV

Egenskaper hos sedimentet, Andersö (station 1a-12) och Järsö (station 13-18), 2003.
Sediment data, from Andersö (station 1a-12) and Järsö (station 13-18), 2003.

Station	Datum	Djup (m)	Sedimenttyp	Organisk halt (%)	C (%)		N (%)		C/N
					X ± Std. avv	X ± Std. avv	X ± Std. avv	X ± Std. avv	
1a	6/12	20.0	lera/gyttja	9.28	3.75 ± 0.07	0.41 ± 0.02	9.15		
	8/12	20.9		9.66 ± 0.21					
2	6/13	12.0	blålera/gyttja	6.43	3.00 ± 0.14	0.34 ± 0.01	8.82		
	8/12	12.0		6.62 ± 0.01					
3	6/13	9.7	blålera/grus	5.09	2.20 ± 0.00	0.27 ± 0.01	8.15		
	8/12	9.7		2.41 ± 0.11					
4	6/13	11.0	gyttja/lera	5.94	3.00 ± 0.00	0.34 ± 0.01	8.82		
	8/13	10.4		7.99 ± 0.53					
5a	6/16	7.8	grusblandad lera	8.84	4.10 ± 0.00	0.45 ± 0.01	9.11		
	8/20	7.8		2.58 ± 0.12					
5b	6/16	10.5	dy/gyttja	7.31	3.40 ± 0.00	0.38 ± 0.01	8.95		
	8/18	10.0		6.96 ± 0.36					
6	6/17	8.0	gyttja/lera	5.17	2.20 ± 0.00	0.25 ± 0.01	8.80		
	8/18	8.5		3.05 ± 0.42					
7	6/16	13.5	blålera	8.87	4.20 ± 0.00	0.45 ± 0.01	9.33		
	8/18	14.0		8.84 ± 0.24					
8	6/17	15.0	gyttja/lera	9.69	4.45 ± 0.07	0.49 ± 0.01	9.08		
	8/18	15.0		10.05 ± 0.07					
9	6/17	15.0	blålera/grus	3.85	2.55 ± 0.07	0.27 ± 0.00	9.44		
	8/19	14.5		2.17 ± 0.67					
10	6/23	24.0	lera/gyttja	2.90	1.20 ± 0.00	0.13 ± 0.00	9.23		
	8/20	24.0		3.79 ± 1.14					
11	6/18	10.5	lera	3.73	2.00 ± 0.14	0.23 ± 0.02	8.70		
	8/20	10.5		3.45 ± 0.25					
12	6/18	16.5	lera/gyttja	9.82	4.85 ± 0.07	0.51 ± 0.01	9.51		
	8/20	16.0		10.15 ± 0.15					
13	6/29	11.5	svart gyttja	18.86	10.20 ± 0.00	1.11 ± 0.01	9.19		
	8/7	11.5		22.31 ± 2.56					
14a	6/29	11.5	gyttja/dy	17.30	8.65 ± 0.07	0.98 ± 0.01	8.83		
	8/7	11.5		15.57 ± 0.22					
14b	6/29	7.5	sand/lera	2.95	3.40 ± 0.28	0.37 ± 0.02	9.19		
	8/7	7.5		7.88 ± 0.17					
15	6/30	8.2	sand/lera	14.96	7.35 ± 0.21	0.80 ± 0.04	9.19		
	8/7	7.1		9.39 ± 4.05					
16	6/30	9.7	hårdbotten						
	8/11	9.7							
17	6/30	10	hårdbotten						
	8/11	9							
18	6/30	8.5	grusblandad lera	7.10	3.65 ± 0.07	0.41 ± 0.01	8.90		
	8/11	8.7		2.97 ± 0.52					

BILAGA VI/APPENDIX V

Rådata, bottenfaunans abundans och biomassa. Andersö (station 1a-12) och Järsö (station 13-18), 2003.
List of species, abundances and biomass, Andersö (station 1a-12) and Järsö (station 13-18), 2003.

	Station 1a		Station 2		Station 3		Station 4		Station 5a		Station 5b	
	ind.m ⁻²	gm ⁻²	ind.m ⁻²	gm ⁻²	ind.m ⁻²	gm ⁻²	ind.m ⁻²	gm ⁻²	ind.m ⁻²	gm ⁻²	ind.m ⁻²	gm ⁻²
MOLLUSCA												
<i>Macoma balthica</i>	1649	274.09	542	86.14	404	10.87	473	17.07	127	27.19	415	10.88
<i>Cerastoderma glaucum</i>												
<i>Mya arenaria</i>					12	1.12			12	1.58		
<i>Mytilus edulis</i>												
<i>Hydrobia</i> sp.	58	0.07	127	0.37	219	0.45	196	0.29	196	0.08	46	0.06
<i>Paludetrina jenkisi</i>	12	0.10	127	0.45	69	0.14	58	0.23	12	0.08	115	0.39
<i>Theodoxus fluviatilis</i>												
CRUSTACEA												
<i>Gammarus</i> sp.												
<i>Saduria entomon</i>	12	0.41										
<i>Corophium volutator</i>												
Ostracoda	577	1.27	369	0.81	150	0.33	208	0.46	173	0.38	115	0.25
<i>laera</i> sp.												
<i>Monoporeia affinis</i>			46	0.11								
<i>Idotea</i> sp.												
<i>Balanus</i>												
<i>Trichoptera</i>												
<i>Copepoda</i>												
OLIGOCHAETA												
<i>Nereis diversicolor</i>	23	0.04					23	0.03			46	0.11
<i>Marenzelleria viridis</i>					12	0.04			12	0.17	12	0.04
<i>Pygospio elegans</i>			12	0.16	81	0.27	35	0.06			115	0.22
PRIAPULIDA					35	0.05	23	0.00				
<i>Halicryptus spinulosus</i>	35	5.49										
INSECTA												
Chironomidae			692	3.07	242	0.23	334	1.82	311	0.55	415	1.32
Chironomidae plum.			646	10.11	404	9.25	623	5.98	830	12.05	2099	13.14
Culicidae												
Ephemeridae												
BRYOZOA												
<i>Electra crustalenta</i>												
NEMERTINEA												
<i>Prostoma obscurum</i>					12	0.01	12	0.10				
Tot. indm ⁻²	2364		2561		1638		1984		1672		3414	
Tot. gm ⁻²		281.46		101.21		22.76		26.03		42.08		26.41
Tot. artantal	7		8		11		10		8		9	

BILAGA V/APPENDIX V

Rádata, bottenfaunans abundans och biomassa. Andersö (station 1a-12) och Järsö (station 13-18), 2003.
 List of species, abundances and biomass, Andersö (station 1a-12) and Järsö (station 13-18), 2003.

	Station 6	Station 7	Station 8	Station 9	Station 10	Station 11	Station 12
	ind.m ⁻²	ind.m ⁻²	ind.m ⁻²	ind.m ⁻²	ind.m ⁻²	ind.m ⁻²	ind.m ⁻²
	gm ⁻²	gm ⁻²	gm ⁻²	gm ⁻²	gm ⁻²	gm ⁻²	gm ⁻²
MOLLUSCA							
<i>Macoma balthica</i>	427	185	10.87	58	12.48	219	1280
<i>Cerastoderma glaucum</i>							119.13
<i>Mya arenaria</i>				23	9.49	12	12
<i>Mytilus edulis</i>							3.37
<i>Hydrobia</i> sp.	35	23	0.03	161	0.28	127	35
<i>Paludetrina jenkisi</i>	35	46	0.08			35	12
<i>Theodoxus fluviatilis</i>							0.06
CRUSTACEA							
<i>Gammarus</i> sp.							12
<i>Saduria entomon</i>							0.04
<i>Corophium volutator</i>							231
<i>Ostracoda</i>	81	23	0.05	12	0.03	35	0.08
<i>laera</i> sp.							2272
<i>Monoporeia affinis</i>							8.64
<i>Idotea</i> sp.							
<i>Balanus</i>				x			
<i>Trichoptera</i>							
<i>Copepoda</i>	12	12	0.01	35	0.004	23	0
OLIGOCHAETA	0	35	0.17	12	0.02	12	0.00
POLYCHAETA							0.04
<i>Nereis diversicolor</i>	12	12	0.03	12	0	12	438
<i>Marenzelleria viridis</i>							0.01
<i>Pygospio elegans</i>	23	12	0.01			12	0
PRIAPULIDA							
<i>Halicryptus spinulosus</i>							
INSECTA							
<i>Chironomidae</i>	288	185	0.1	161	0.04	115	358
<i>Chironomidae plum.</i>	311	796	9.15	115	1.88	358	115
<i>Culicidae</i>	35	12	0.0003	115	1.88	35	0.33
<i>Ephemeroidea</i>	12						1.19
BRYOZOA							
<i>Electra crustalenta</i>							
NEMERTINEA							
<i>Prostoma obscurum</i>							
Tot. indm⁻²	1269	1338	20.49	888	24.21	392	4406
Tot. gm⁻²	22.26	11	15.61	6	0.54	8	28.18
Tot. artantal	11	11	8	8	8	8	9

BILAGA V/APPENDIX V

Rådata, bottenfaunans abundans och biomassa. Andersö (station 1a-12) och Järsö (station 13-18), 2003.
 List of species, abundances and biomass. Andersö (station 1a-12) and Järsö (station 13-18), 2003.

	Station 13		Station 14a		Station 14b		Station 15		Station 17		Station 18	
	ind.m ⁻²	gm ⁻²	ind.m ⁻²	gm ⁻²	ind.m ⁻²	gm ⁻²	ind.m ⁻²	gm ⁻²	ind.m ⁻²	gm ⁻²	ind.m ⁻²	gm ⁻²
MOLLUSCA												
<i>Macoma balthica</i>			969	13,01	3057	31,56	404	6,94	484	6,94	484	49,80
<i>Cerastoderma glaucum</i>			23	6,36	46	11,35	346	5,79	35	5,79	35	5,29
<i>Mya arenaria</i>							12	1,00				
<i>Mytilus edulis</i>							6217	444,97	58	444,97	58	6,31
<i>Hydrobia</i> sp.	12	0,08	2907	7,37	1811	6,79	10969	41,26	450	41,26	450	1,23
<i>Paludetrina jenkisi</i>			58	0,05	35	0,23	35	0,12	104	0,12	104	0,54
<i>Theodoxus fluviatilis</i>					12	0,48	69	2,20				
CRUSTACEA												
<i>Gammarus</i> sp.					12		185	0,05	12	0,05	12	0,01
<i>Saduria entomon</i>							81	0,61				
<i>Corophium volutator</i>					1084	2,39	946	2,08	600	2,08	600	1,32
<i>Ostracoda</i>							138	0,06				
<i>laera</i> sp.					12	0,04						
<i>Monoporeia affinis</i>												
<i>Idotea</i> sp.												
<i>Balanus</i>												
<i>Trichoptera</i>												
<i>Copepoda</i>	12	0,03					x		12	0,05	12	0,027
OLIGOCHAETA												
<i>Nereis diversicolor</i>			12	0,005	12	0,005	23	0,01	35	0,01	35	0,0003
POLYCHAETA												
<i>Nereis diversicolor</i>			69	0,45	23	0,12	23	0,57	115	0,57	115	0,02
<i>Marenzelleria viridis</i>			23	0,09	46	0,11	35	0,02	12	0,02	12	0,02
<i>Pygospio elegans</i>			46	0,11								
PRIAPULIDA												
<i>Halicryptus spinulosus</i>												
INSECTA												
<i>Chironomidae</i>	104	0,15	12	0,002	12	0,00	12	0,00	208	0,07	208	0,34
<i>Chironomidae plum.</i>			219	0,14	634	0,15	208	0,07	288	0,07	288	5,27
<i>Culicidae</i>	35	0,001	507	3,42	150	3,59	23	0,0007				
<i>Culicidae</i>			12	0,0003								
<i>Epheremidae</i>												
BRYOZOA												
<i>Electra crustalenta</i>												
NEMERTINEA												
<i>Prostoma obscurum</i>			12	0,05	12	0,04	1257	0,55	x		x	
Tot. indm²	161		784		6909		21015		2457		2457	
Tot. gm²	0,26		31,85		56,75		506,37		70,16		70,16	
Tot. artantal	4		7		14		18		14		14	

Forskningsrapporter från Husö biologiska station:

No 98 1999 NUMMELIN, C. & J. PERUS: Hydrografi, primärproduktion, växtplankton-sammansättning, 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*)

No 100 2000 RÖNNBERG, C.: Förekomst av drivande alger och syrebrist i den nordvästra delen av Ålands skärgård (*Occurrence of drifting algal mats and hypoxia in the north-western part of the Åland archipelago, N Baltic Sea*)

No 101 2000 BERGLUND, J. & C. ROOS: Uppföljning av färjtrafikens effekter och långtidsförändringar i algevegetationen i Ålands skärgård (*The effects of ferry traffic and long-term changes on algal vegetation in the Åland archipelago*)

No 102 2001 SNICKARS, M.: Effekter av drivande alger på fisket i havsområdet mellan Askö och Herröskatan, Lemland, SE Åland (*Effects of drifting algae on fishing in the archipelago between Askö and Herröskatan, Lemland, SE Åland*)

No 103 2001 PERUS, J., J. LILJEKVIST & E. BONSDORFF: Långtidsstudie av bottenfaunans utveckling i den Åländska skärgården – en jämförelse mellan åren 1973, 1989 och 2000 (*A long-term study of changes in the zoobenthos in the Åland archipelago – a comparison between 1973, 1989 and 2000*)

No 104 2002 LASTUNIEMI, M.: Användning av perifytonfällor för bedömning av fiskodlingars eutrofierande effekt samt undersökning av nya kontroll- och referenspunkter för bottenfaunaprovtagning vid miljökontrollprogrammet för fiskodling på Åland. (*The use of periphyton growth plates in estimating eutrophication effects of fish farms and survey of new control and referens sites for investigation of benthic fauna in the monitoring program for fish farms at Åland Islands, N. Baltic Sea*)

No 105 2002 SILLANPÄÄ, H.: Grundkartering av sex sjöar med tanke på deras användning som bevattningvattentäcker. (*S study of six lakes considering their water utilization*)

No 106 2002 SILLANPÄÄ, H.: Fiskens reproduktionspotential i Engrundsfiärden, norra Åland. (*The reproduction potential of fish in Engrundsfiärden, N. Åland*)

No 107 2002 KÅLL, S.: Undersökning av miljöeffekter av fiskodlingar (Andersö och Järsö) under avveckling. (*Monitoring of environmental effects of fish farms [Andersö and Järsö] under closure*)

No 108 2002 SUOMALAINEN, K.: Utvecklande av monitoring för trådformiga alger (*Developing monitoring of filamentous algae*)

No 109 2003 SUOMALAINEN, K.: Inverkan av vägbankar på vattenmiljön – uppföljande studier (*The effects of road embankments on the water environment – a follow up study*)

No 110 2004 VILLNÄS, A.: Återhämtning av vattenmiljön efter avvecklandet av fiskodlingar (Andersö och Järsö). (*Recovery of the aquatic environment following the termination of fish farms [Andersö and Järsö]*) (Detta nummer) (*Present no.*)

ISSN 0787-5460
ISBN 952-12-1340-X

Åbo 2004
Åbo Akademis tryckeri