



Vätternvårdsförbundet

Effekter på vitmärlans reproduktion i Vänern och Vättern 2001



Rapport 67 från Vätternvårdsförbundet

Vätternvårdsförbundet

Effekter på vitmärlans reproduktion i Väner och Vättern 2001

Rapport nr 67 från Vätternvårdsförbundet*

Författare: Brita Sundelin, Eva Håkansson, Pia Sahl, Institutet för Tillämpad Miljöforskning, ITM, Stockholms universitet, 106 91 Stockholm

Layout och textbearbetning: Författarna

Omslagsbild: Vitmärla

Beställningsadress: Vätternvårdsförbundet
Länsstyrelsen i Jönköpings Län
551 86 Jönköping
Tel 036-157083
Fax 036-167183
Email: Ingrid.Mansson@f.lst.se

ISSN: 1102-3791

** Rapporterna 1-29 utgavs av Kommittén för Vätterns vattenvård. Kommittén ombildades 1989 till Vätternvårdsförbundet som fortsätter rapportserien fr o m Rapport 30*

Rapporten är tryckt på Länsstyrelsen i Jönköping 2001.
Första upplagan 1-50 ex.

Förord

Vättern anses vara ett klassiskt exempel på en sjö där mycket av föroreningarna antingen bryts ned i vattenmassan eller sedimenterar till botten. I det senare fallet blir resultatet att sedimenten blir med tiden förorenade och innehåller t ex höga halter av tungmetaller. För de organismer som har sitt livsutrymme i/på sedimentet är inte livsförhållande därför optimala.

I miljöövervakningsprogrammet för Vättern ingår det att följa bottenfaunans artsammansättning, numerär och biomassa. Dessa mått visar på en rik diversitet med stora variationer mellan åren i biomassa. Skillnaderna anses bero på huruvida planktonblomning varit riklig eller ej. I provtagningsprogrammet ingår dock ej några metaboliska studier d v s mått på hur organismerna egentligen mår, hur fortplantning lyckas mm. Under ett par års tid har Vätternvårdsförbundet undersökt just det sistnämnda tillsammans med Vänerens vattenvårdsförbund. Organismen vitmärta, som är mycket talrikt på Vätterns botten, bär sina ägg under jan-mars och genom att studera utvecklingen av embryon kan man dra vissa slutsatser om livsbetingelserna på sedimentytan.

Rekryteringen av vitmärta i Vättern är anmärkningsvärt dåligt. Tidigare har den låga rekryteringen ansetts bero på höga halter av gifter i sedimentet. Nu omvärderas den tanken något och även det låga energiinnehållet i det sedimenterande materialet anses vara en betydande faktor. Orsak och verkan är väsentliga att reda ut då beslut om miljötillstånd och vad som påverkar detta baserar sig på miljöövervakningsdata. Slutsatsen är att mekanismerna bakom rekrytering av vitmärta behöver klarläggas, fr a i Vättern.

Studien har finansierats av Naturvårdsverket.

På uppdrag av Vätternvårdsförbundet

Måns Lindell

Effekter på vitmärlans reproduktion i Vänern och Vättern

Bakgrund och syfte

Vitmärlans reproduktion i Vättern har studerats vid två tidigare tillfällen (Sundelin och Eriksson 1996 och Sundelin et al. 1999). I studien 1999 inkluderades även Vänern tillsammans med Vågsfjärden vid Höga Kusten och Rogsjön i Dalarna. Avsikten var att i sötvatten pröva användbarheten av de reproduktionsvariabler i det nationella övervakningsprogrammet i Östersjön ingår som effektvariabler för att detektera kontaminerade sediment

I studien 1999 konstaterades skillnader mellan Vänern och Vättern i form av betydligt lägre fekunditet (ägg per hona) på samtliga stationer i Vättern samt en högre andel honor med döda ägg och äggsamlingar och honor med outvecklade/obefruktade ägg (odifferentierade). Orsaken till den extremt låga fekunditeten samt observerade reproduktionsskador i Vättern var oklar och år 2001 upprepades studierna i Vänern och Vättern för att utreda om effekterna kvarstod.

Introduktion; Vitmärlans födoresurs

Vitmärlan (*Monoporeia affinis*) är en detritusätande amfipod (märlkräfta), som förekommer frekvent på sublittoral mjuka botten i Östersjön och i ett flertal djupare svenska insjöar över högsta kustlinjen (Enckell 1980). Beroende på djup, temperatur och näringstillgång har arten en generationstid på 1-3 år. Två-årig livscykel är vanligast på botten över 20m i egentliga Östersjön och södra Bottenhavet. Längre norrut är en 3-årig livscykel vanligt förekommande. I Mälaren registrerades en 2-årig livscykel på djupare botten medan en ett-årig cykel förekommer på grundare botten (Wiederholm 1973). Enligt Richard Johnson verkar en 3-årig cykel på de djupare botten i Vättern vara sannolik. Vitmärlan har genom sin höga individtätthet och geografiska utbredning en stor betydelse för produktionen på mjuka botten och är dessutom en betydande födoorganism för större ryggradslösa djur och fisk (se referenser i Sundelin och Eriksson 1998). Dess höga individtätthet, kroppsstorlek och höga lipidhalt (Hill 1992) gör den mycket viktig i transporten av kol och organiska miljögifter från sedimentet till fiskesamhällen (Dermott och Corning 1988). I detta perspektiv har under de senaste 30 åren stort intresse fokuserats på födovallet hos vitmärlan och dess närstående släkting *Diporeia sp* i de Nordamerikanska sjöarna. Åsikterna har varierat och i de tidigare studierna ansåg man att bakterier troligtvis spelade en stor roll för produktionen av *Pontoporeia affinis* (Marzolf 1965), som efter systematisk revision visat sig vara *Diporeia sp*. Alger utgör bara en liten del av tarminnehållet i *Diporeia* (Moore 1976) och man antog då att alger hade en underordnad betydelse i födan. Senare studier har emellertid delvis förkastat den stora betydelsen av bakteriekol (Goedkoop et al 1994) och kiselalgsblomningens roll för vitmärlornas tillväxt har diskuterats (Johansson et al. 1985, Quigley 1988, Dermott och Corning 1988, Gauvin et al. 1989, Johnson och Wiederholm 1990, Albashir et al. 2000). Olafsson och Elmgren (1997) har visat att vitmärlan, som livnär sig på sedimentets ytskikt är mer beroende av fytoplanktondetritus än organismer som livnär sig under det översta sedimentskiktet. Vitmärlan och *Diporeia sp* är några av få amfipoder som uppvisar ett intermitterant födointag och full tarm observerades framför allt i samband med vårbloomingen då högkvalitativ föda finns tillgänglig (Quigley 1988, Dermott och Corning 1988). Anledningen till att dessa amfipoderna kan klara sig utan eller av lågkvalitativ föda under vissa delar av året förklaras av att de lever under låga temperaturer där metabolismen är lägre och de kan då livnära sig på reservnäring i form av lipider som lagrats från vårbloomingens kiselalgsblomning. Högkvalitativ föda som kiselalger innehåller förhållandevis hög andel

fleromättade fettsyror (PUFA) (Volkman et al. 1989). Kattner et al. (1983) visade att fria icke esterifierade fettsyror (FA) utgjorde den huvudsakliga lösta acyl lipiden och ett maximum i totala samt fria fettsyror observerades i vattenfasen strax efter toppen av vårblomningen. Parrish (1987) visade att fria fettsyror (FFA) viktsmässigt svarar för 40 % av acyl lipiderna i en studie genomförd i Nordsjön och en stark korrelation registerades mellan partikulära lipidklasser och fytoplanktonproduktivitet. Ägg och embryon innehåller monoika fettsyror i högre grad än adulter och linolenic (ω 3) fettsyror förbrukas snabbare än linoleic (ω 6) fettsyror och betraktas som det viktigaste bränslet under embryogenesen (Clarke et al 1985, Clarke et al 1990). Betydelsen av FA för tillväxt och reproduktion medförde att en analys av FA i vitmärlorna genomfördes.

Material och metoder

Stationsval och Insamlingsmetodik

Under vecka 4 provtogs 4 stationer i Vänern (se Sundelin et al 1999 och Fig. 1). Under vecka 5 genomfördes provtagningen på 6 stationer i Vättern i en nord-sydlig riktning. I årets studie inkluderades ytterligare en station (station 6) vid Jungfrun för att bättre täcka upp hela sjön. Station 4 inkluderades på grund av nära lokalisering till Aspa bruk. Vid sedimentprovtagningen användes en bottenskrapa (Blomqvist och Lundgren 1996). Individtätheten var vid den tidigare studien relativt låg på några stationer i Vättern och för att erhålla ett erforderligt stort antal individer användes en bottenskrapa som medger insamling av ett högre antal individer istället för en Van Veen huggare som ger ett kvantitativt prov. Sedimentet sållades försiktigt genom 1mm såll för att inte skada amfipoderna, som vid tidigare studier i Vättern (Sundelin och Eriksson 1996, Sundelin et al 1999) visat sig vara i dålig kondition. De gravida honorna samt juveniler (1+ och 2+) togs tillvara och överfördes till Vättern- respektive Vänernvatten för senare analys av vitmärlans reproduktionsskador samt halten fettsyror.

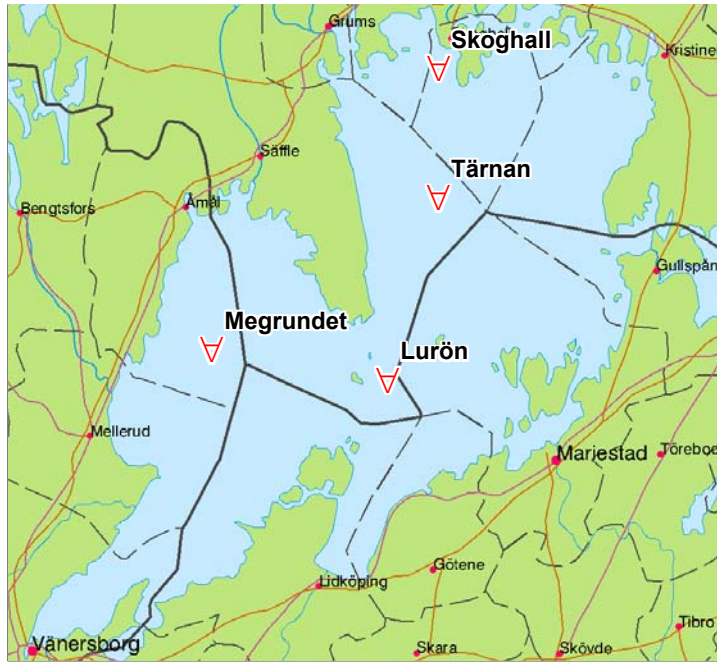


Fig. 1 och 2. Provtagningsstationer i Vänern (vänster) och Vättern (höger).

Biologisk analys

Analys av vitmärlans embryon sker företrädesvis under den senare delen av embryoutvecklingen (i slutet av januari) då det är lättare att identifiera även små förändringar från den normala utvecklingen. Embryonerna, som ligger i en avskild äggkammare (marsupium) friprepareras från den levande honan och analyserades enligt Sundelin och Eriksson (1998, se även Handboken för miljöövervakning) under ett stereomikroskop (80 x förstoring). Hos den adulta honan registreras yttre avvikelser som t.ex. parasitförekomst, samt fekunditet (ägg per hona). Embryonerna analyseras med avseende på avvikelser från normal utveckling, missbildade, utvecklade/obefruktade (odifferentierade), samt döda ägg och äggsamlingar. Om äggen inte befruktats eller hela äggsamlingen dör i ett mycket tidigt skede kvarstår resterna av äggen som en oidentifierbar lipidrest (död äggsamling). Kvalitetssäkring sker genom att olika utförare upprepar analysen av ca 50 äggkullar för att kontrollera graden av felprocent. Eftersom gravida vitmärlor från Vättern visat sig vara i dålig kondition påbörjades den biologiska analysen redan på båten i samband med insamlandet. På grund av extremt dåliga väderförhållanden kunde inte Vänernamfipoder analyseras omedelbart. Amfipoder från Vänern och ej analyserade individer från Vättern transporterades under +4°C och analyserades omedelbart vid framkomsten till laboratoriet.

Kemisk analys

Juvenila amfipoder, som på grund av storleken beräknades reproducera sig nästkommande höst, analyserades med avseende på halten fettsyror (FA). Eftersom högkvalitativ föda som kiselalger innehåller förhållandevis hög andel fleromättade fettsyror PUFA var vår hypotes att halten PUFA i amfipoderna skulle kunna ge en indikation på födotillgången i de båda sjöarna.

Innan analys förvarades djuren under -80°C i 2 månader, varför risken för oxidation av lipider och de ännu mer oxidationskänsliga fettsyror bedömdes som obefintlig (Goedkoop et al. 2000). Ett 20-tal djur slumpades och polades. Efter homogenisering analyserades duplikat från varje station Vänern och Vättern. FA i amfipoderna analyserades vid Geriatriska kliniken vid Uppsala lasarett som sina respektive metylestrar med hjälp av gas kromatografi (Hewlett-Packard 5890 GC) enligt metodik beskriven i Ahlgren et al. (1994) och Boberg et al. (1985). Proceduren innefattar tillsats av butylerad hydroxitoluene för att undvika oxidation av FA under processen. Utbytet förväntas vara 100 %. Individuella FA identifierades genom att jämföra deras retentionstider med olika kommersiellt tillgängliga standardblandningar. FA kvantifierades (mg/g torrsvikt) genom att injicera bestämda volymer av det upplösta förvägda provet i gaskromatograf och jämföra ytan av topparna med topparna av en intern standard. Toppar registrerade som mindre än 0.02 mg/g betraktades ligga under detektionsgränsen.

Statistisk analys

Eftersom sedimentsläden till skillnad från en bottenhuggare ej ger ett kvantitativt delprov från respektive provtagningspunkt eller sjö är alla beräkningar baserade på andel avvikande ägg per hona. Statistiska metoder som använts är Mann-Whitney för jämförelse mellan Vänern och Vättern, för jämförelser mellan stationer användes 2-vägs variansanalys (ANOVA), Kruskal-Wallis och Jonckhere Terpstra. För korrelationsstudier användes Pearsons test.

Resultat

Den uppskattade individtätheten var betydligt högre på stationerna i Vättern i årets studie än 1999. Den högre tätheten medförde att ett stort antal gravida honor kunde analyseras på de flesta stationer. I Vänern observerades en omvänd situation jämfört med 1999 och ett lägre individantal på stationerna registrerades i årets studie jämfört med 1999, framför allt station 1 utanför Skoghall hade ett mycket lågt antal gravida honor (2 st).

Tabell 1. Antal gravida honor analyserade på respektive station samt stationsdjup

Station	Antal honor	Djup m
Vänern 1, Skoghall	2	40-45
2, Tärnan	30	76-79
3, Lurön	40	58-62
4, Megrundet	81	76-78
Vättern 1	83	95
2	108	90
3	57	35
4	31	20
5	67	98
6	48	98

Fekunditeten (ägg per hona); var låg eller mycket låg på stationerna i Vättern (6.5 – 15.2 ägg/hona) och signifikanta skillnader registrerades mellan stationerna. Vitmärlor på station 3 på 35 m djup uppvisade den lägsta fekunditeten. I Vänern fanns inga signifikanta stationsskillnader och fekunditeten var av samma storleksordning som de vi finner i Östersjön. En jämförelse mellan Vänern och Vättern visade att medelfekunditeten var

signifikant högre i Vänern jämfört med Vättern ($p < 0.01$). Resultaten stämmer väl överens med studien 1999.

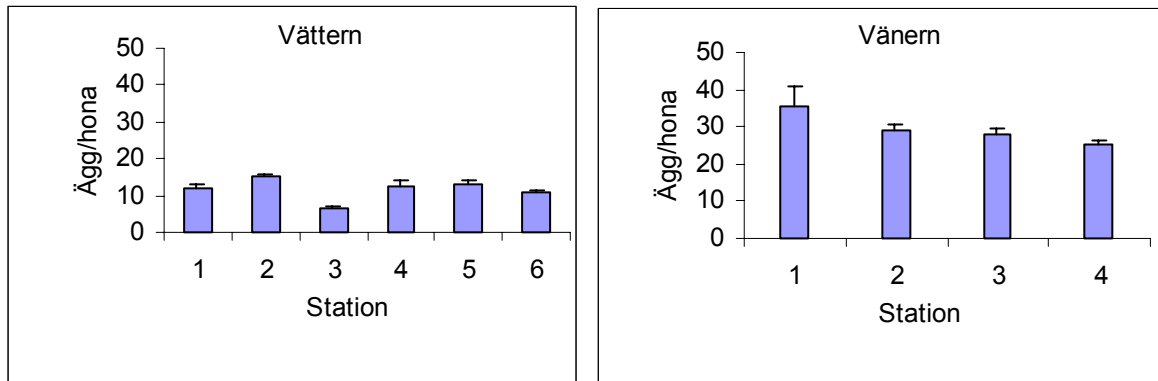


Fig. 3. Fekunditeten på de olika stationerna i Vänern och Vättern. Data baseras på medelvärde per hona \pm SE.

Odifferentierade ägg (% per hona); var lägre på stationerna i Vättern men högre på stationerna i Vänern i årets studie jämfört med studien 1999. I studien 1999 registrerades en numerär men ej signifikant skillnad i andelen odifferentierade ägg mellan sjöarna. Skillnaden mellan sjöarna var således mindre i årets studie. En signifikant skillnad registrerades emellertid mellan Vätternstationerna och vitmärslor insamlade på station 6 vid Jungfrun utanför Vadstena uppvisade den högsta andelen odifferentierade ägg. I Vänern fanns inga stationsskillnader. I både Vänern och Vättern finns en signifikant negativ korrelation mellan odifferentierade ägg och fekunditet ($p < 0.01$).

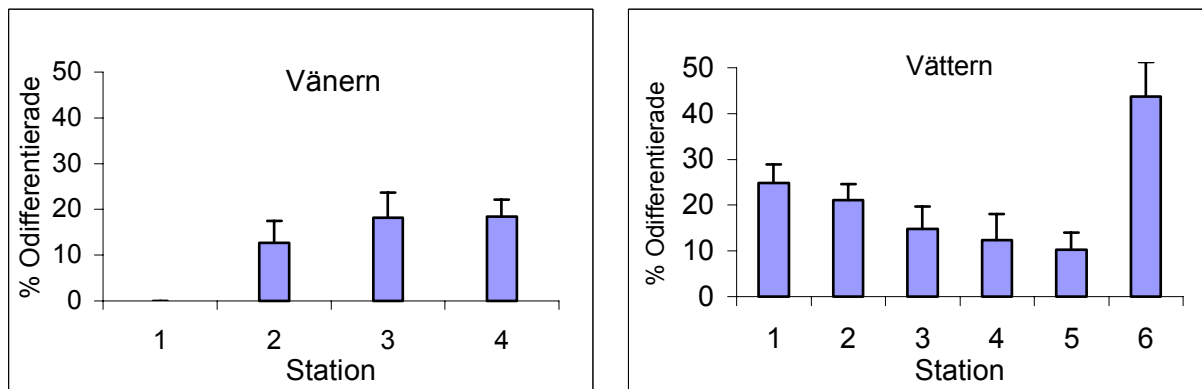


Fig. 4. Andelen odifferentierade ägg per hona på de olika stationerna i Vänern och Vättern. Data baseras på medelvärde per hona \pm SE.

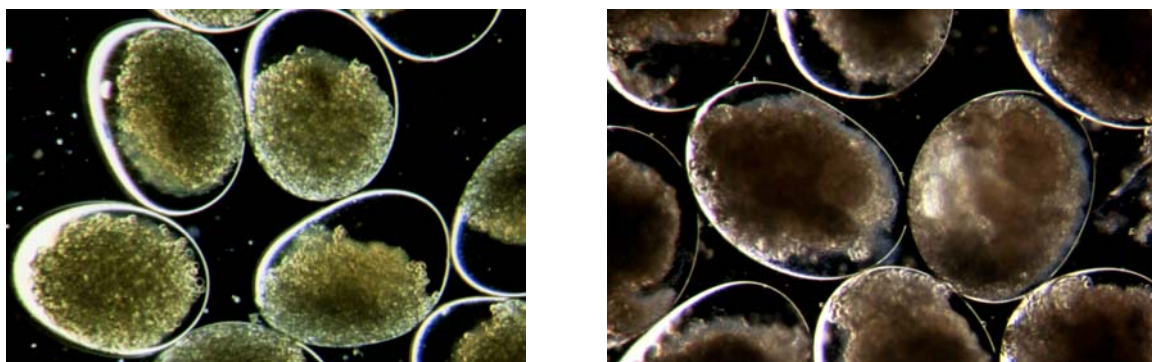


Fig. 5. Odifferentierade ägg (Vättern)

Döda ägg (% per hona); var högre i Vättern jämfört med Vänern ($p < 0.01$) i årets studie där döda ägg registrerades i en enda hona på station 4. Däremot fanns inga signifikanta stationskillnader i någon av sjöarna.

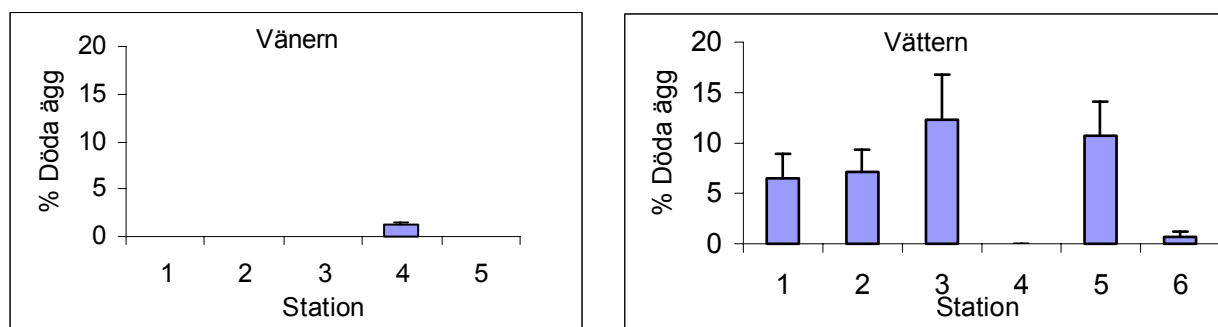


Fig. 6. Andelen döda ägg per hona. Data baseras på medelvärde per hona \pm SE.

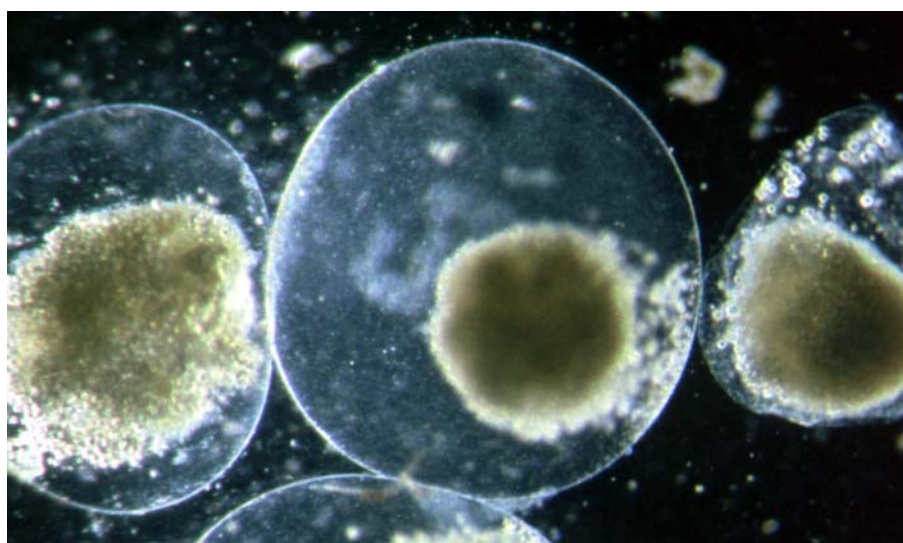


Fig. 7. Döda ägg (Vättern).

Döda äggsamlingar; hos honan observerades inte i Vänern medan en hög andel av vitmärlorna på stationer i framför allt norra Vättern hade döda äggsamlingar i äggkammaren.

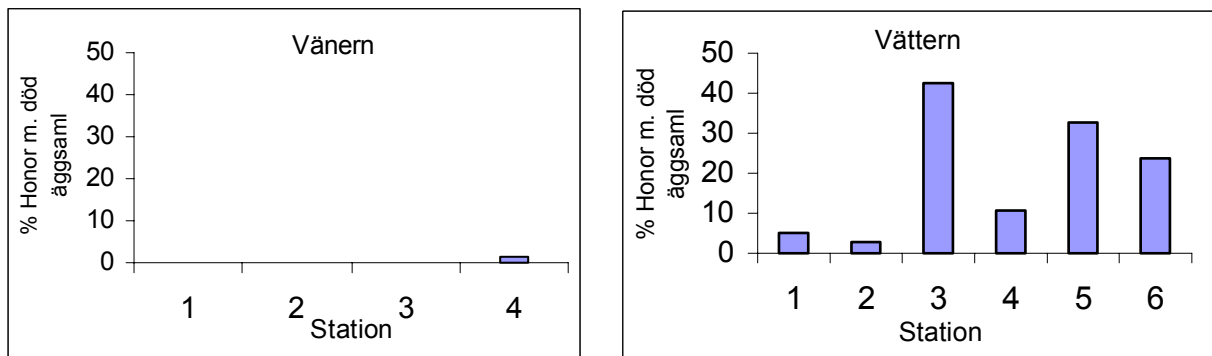


Fig. 8. Andelen honor med död äggsamling på provtagningsstationerna i Vänern och Vättern



Fig. 9. Hona med död äggsamling till vänster, normal äggsamling till höger.

Missbildade ägg (% per hona) var i medeltal signifikant högre på stationerna i Vättern jämfört med Vänernstationerna ($p=0.014$) där bakgrunds nivåer råder på 2 av 3 övervakningsstationer. Vitmärlor på Station 1 vid Skoghall uppvisade en högre andel missbildade ägg. Endast 2 honor på stationen gör emellertid detta värde mycket osäkert och det fanns inga statistiska skillnader mellan stationerna. I Vättern fanns heller inga statistiska skillnader mellan stationerna ($p=0.056$). Mycket höga frekvenser (13.6 %) registrerades på station 3 på 35 m djup i Vättern. Även om andelen missbildade embryon är högre på de flesta stationer i årets studie så stämmer mönstret väl överens med studien 1999 och de högsta frekvenserna registrerades på station 3 i båda studierna. I Vättern fanns även en negativ korrelation mellan missbildade ägg och fekunditet ($p=0.01$).

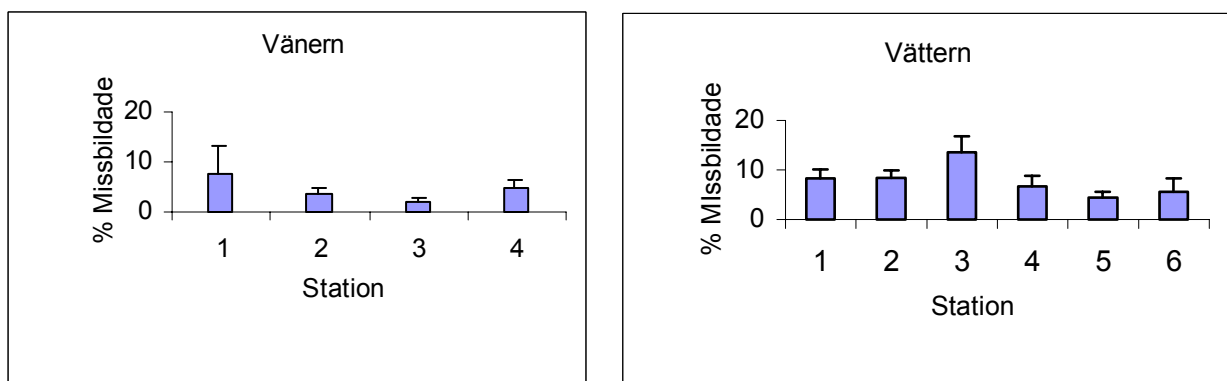


Fig. 10. Andelen missbildade embryon per hona. Data baseras på medelvärde per hona \pm SE.



Fig. 11. Missbildade embryon av vitmärsla, station 3 i Vättern

Sexuellt utvecklade honor och hannar var generellt högre i Vänern jämfört med Vättern och på Station 2 i Vänern var 50 % av honorna obefruktade och hade mogna eller omogna oocyter (ägganlag) (Fig. 13, på framsidan illustreras en hona med mogna ägganlag) som var ca 3.5 månader försenade i sexuell utveckling jämfört med normal parningsperiod. Även hannar med varierande sexuell utvecklingsgrad observerades. I Vättern förekom endast enstaka individer med försenad sexuell utvecklingsgrad. Vid studien 1999 observerades inte denna avvikelse från normal utveckling i någon av sjöarna.

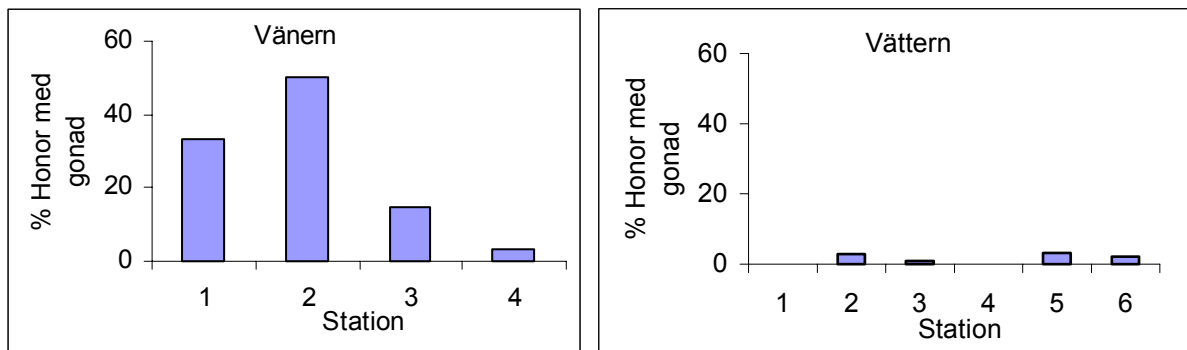


Fig. 12. Andelen honor med gonader ca 3 månader efter normal parningstid .



Fig. 13. Hona med omogna ägganlag (ligger strax under ryggskölden) till Vä. Sexuellt omogen hane till Hö. Efter sista skalömsningen är 1a antennparet längre än kroppen. Djuren är insamlade i Vänern

Fleromättade fettsyror (FA). Trots att spridningen mellan duplikaten var mycket stor fanns klara skillnader mellan halten fettsyror i vitmärlorna och totalhalten var ca dubbelt så hög i Vänerndjuren som i Vätterndjuren. Total FA koncentration i vitmärlor från Vättern var ca 30 % av koncentrationen i Väner och summan av EPA och DHA (ingår i linolenic (ω 3) familjen av FA) i Vätternamfipoder var ca 50 % av värdet för amfipoder från Väner. Några skillnader mellan stationerna var emellertid inte möjligt att detektera.

Diskussion

Låg fekunditet beror på näringsbrist

Orsaken till den mycket låga fekunditeten som registrerades hos vitmärlorna i Vättern var oklar i studien 1999. Det fanns ingen koppling till halten organiskt material i sedimenten och tidigare studier har visat att detta mått ger en mycket dålig uppfattning om näringstillgången för bottenlevande organismer. Särkilt i limniska system där den organiska halten i högre utsträckning än i marina system kan bestå av terrestriskt kol (t.ex. icke nedbrutna växtdelar med hög halt av lignin, humus och annat mindre lättillgängligt kol) kan den organiska halten vara mycket hög utan att näringstillgången för bottenlevande organismer är god. Studier i Bottniska viken har däremot visat ett mycket starkt signifikant samband mellan kol samt klorofyll A i primärproduktionen och fekunditeten hos vitmärlan (Sundelin et al 1998, Eriksson et al 2001). Diatomeér som förekommer frekvent i vårbloomingen utgör en högkvalitativ föda för bl.a bentos och till skillnad från cyanobakterier och grönalger innehåller diatomeér förhållandevis hög koncentration av fleromättade fettsyror (PUFA) (Volkman et al. 1989). Goedkoop et al. (2000) har även påvisat en säsongsvariation i halten FA hos bentos. De högsta koncentrationerna registrerades under våren. PUFA med långa kolkedjor (≥ 20 C) av linolenic (ω 3) och linoleic (ω 6) familjerna har visat sig betydelsefulla för tillväxt och reproduktion hos planktoniska kräftdjur (Brett och Muller Navarra 1997), bentiska copepoder (Norsker och Stöttup 1994, Ederington et al 1995) och bentiska evertebrater (D'Abramo and Sheen 1993, Vanderploeg et al. 1996). Särskilt eicosapentansyra (EPA 20:5 ω 3) och docosahexansyra (DHA 22: 6 ω 3) har visat sig vara viktiga indikatorer för högkvalitativ föda i plankton och EPA har visat sig vara precursor till hormoner som påverkar sexuell mognad och fertiliteten (Sargent et al. 1995). Ägg och embryon innehåller monoiska fettsyror i högre grad än adulter och linolenic (ω 3) fettsyror förbrukas snabbare än linoleic (ω 6) fettsyror och betraktas som det viktigaste bränslet under embryogenesen (Clarke et al 1985, Clarke et al 1990). En kraftig ökning av äggproduktionen hos bentiska copepoder observerades då födan utgjordes av kiselalger jämfört med ciliater och skillnaden ansågs bero på innehållet av den fleromättade fettsyran EPA (eicosapentansyra), vilken saknas i ciliater men förekommer i kiselalger (Ederington et al 1995). I årets studie, där halten fleromättade EPA och DHA var dubbelt så högt i Väner jämfört med Vättern, tyder resultaten på att vitmärlans låga fekunditet i Vättern beror av näringstillgången. Det finns även en möjlighet att tillväxten kan påverkas av en miljögiftsbelastning i Vättern där metabolismen framför allt styrs av importerat kol (Kritzberg 2000). Forrow och Maltby (2000) har funnit att amfipoderna äter mindre vid miljögiftsbelastning samt att mikroorganismerna som bryter ned terrestriskt kol påverkas av miljögifter och förklarar det som en indirekt effekt genom att mikroorganismers minskade nedbrytning av det terrestra kolet gör det mindre smakrikt och på så sätt påverkar tillväxten indirekt.

Kan näringsbrist resultera i odifferentierade och döda ägg?

Orsaken till de odifferentierade och döda äggen samt de döda äggsamlingarna som är kraftigt förhöjda i Vättern är mer osäker. Odifferentierade och döda ägg och döda äggsamlingar tycks kunna uppstå av flera orsaker. Vi har i övervakningsprogrammet funnit en koppling mellan syrebrist i bottenvatten och döda äggsamlingar hos honan och i laboratorieexperiment ökade andelen odifferentierade och döda ägg samt döda äggsamlingar hos honan vid exponering för förhöjda temperaturer samt syrebrist (Eriksson och Sundelin, in press). Vitmärklan var mer känslig under perioden för sexuell mognad än under embryogenesen. Syreförhållandena i Vätterns bottenvatten var emellertid mycket goda vid provtagningen 1999 och även om vi inte analyserat syre i bottenvattnet under hösten då vitmärklans gonader mognar är det inte troligt att syreförhållandena skulle vara dåliga under denna period eftersom sedimentet var oxiderat i hela sedimentpelaren. Det är heller inte troligt att den ultraoligotrofa Vättern skulle ha sämre syreförhållanden än Vätern, som är mer eutrof.

I studien 1999 registrerades de kraftigaste reproduktionsskadorna i form av odifferentierade ägg på de södra stationerna och framför allt station 2 söder om Visingsö uppvisade en mycket hög andel (80 %). I årets studie observerades de kraftigaste skadorna på station 3 utanför Omberg. Det faktum att reproduktionsskadorna flyttar på sig antyder att orsaken till skadorna inte i första hand är sedimentrelaterad utan skulle kunna bero på faktorer i vattenpelaren som t.ex. tillgången på föda. Det finns en negativ korrelation mellan odifferentierade ägg och fekunditet, vilket antyder att det finns ett samband. Vår hypotes är att den antagna dåliga näringssituationen på bottenarna påverkar reproduktionen i negativ bemärkelse. Vitmärklan lagrar lipider under vårblomningen som sedan lokaliseras till gonaderna under den sexuella mognaden, som påbörjas under augusti då dagslängden minskar. En låg näringsnivå eller låg kvalitet på födan skulle kunna påverka uppbyggnaden av de lipidrika gonaderna och i ett senare skede påverka embryoutvecklingen eftersom de lipider som lagrats i samband med vårblomningen senare lokaliseras till gonaderna (Quigley et al 1989), vilket betyder att embryot försörjs av upplagsnäring (triglycerider) som ursprungligen härrör från vårblomningen). Eftersom $\omega 3$ typen av PUFA, som t.ex. EPA och DHA anses vara det viktigaste bränslet för embryot (Clarke et al. 1985, Clarke et al. 1990) skulle den låga halten av FA som registrerades i Vätterns vitmärklar kunna påverka embryoutvecklingen på flera sätt och det är således möjligt att odifferentierade och döda ägg samt döda äggsamlingar är olika stadier av samma typ av skada (Eriksson och Sundelin in press).

Ökar effekterna av miljögifter vid näringsbrist?

En högre andel missbildade embryon registrerades på de flesta stationer i Vättern jämfört med Vätern. I studien 1999 var skillnaden mellan sjöarna inte signifikant vilket troligtvis beror på att individtätheten i Vättern var lägre i studien 1999 och den mycket höga andelen odifferentierade ägg medförde ett lågt antal ägg till analysen av missbildade embryon. Skillnaden mellan sjöarna antyder att belastningen av miljögifter är högre i Vättern. Till skillnad från de odifferentierade och döda äggen som inte verkar vara stationsrelaterade ser vi samma mönster vad beträffar de missbildade embryonerna och de kraftigaste effekterna observerades på station 3 i båda studierna, vilket indikerar att de missbildade äggen uppstår på grund av sedimentassocierade substanser som t.ex. miljögifter. Vi har inte analyserat sedimenten med avseende på olika typer av miljögifter och det är möjligt att Vättern är mer belastad än Vätern i detta avseende. Det är även möjligt att en viss belastning av miljögifter i kombination med lågt näringsinnehåll förstärker miljögiftseffekterna. Wiederholm et al (1987) rapporterar att bottenfaunan uppvisar en högre känslighet för kontaminanter i oligotrofa sjöar och i laboratorieexperiment minskade toxiciteten vid födotillsats. Motsägande resultat finns emellertid och vid tillsats av högkvalitativt organiskt material som alger åter

detritusätarna mer och miljögiftsackumuleringen ökade (Maloney 1996). En negativ korrelation mellan fekunditet och missbildade embryon registrerades dock i Vättern

Orsaken till försenad sexuell mognad är oklar

Orsaken till den höga andelen sexuellt omogna hannar och honor på 3 av 4 stationer i Vänern (framför allt station 2 uppvisade en mycket hög andel) är oklar. Vi har i tidigare laboratorieexperiment med sediment från Molnbyggen observerat en försenad sexuell utveckling av vitmärlan (Sundelin et al. 2000) och i en senare studie (Sundelin et al. 2001) med sediment från Molnbyggen och andra sjöar i området observerades en generellt sen mognadsgrad i samtliga sjösediment även om skillnader mellan dessa sjösediment och referenssediment från Djursjön och Siljan kunde registreras. Laboratorieexperiment med sediment från Mälaren, Vågsfjärden och Rogsjön har emellertid inte gett denna typ av effekter. Wiederholm (1973) meddelar att sommarparning inte förekommer hos populationerna i Mälaren, medan sommarparning har rapporterats från några nordamerikanska sjöar samt i Östersjön (Green 1968, Segerstråle 1967 och 1971). Segerstråle har endast observerat denna företeelse på större djup, >100 m. På 150m djup i Bottenhavet (övervakningsstation US5) där ljusperceptionen sannolikt är så låg att vitmärlan faller ur sin normala reproduktionsperiod, som normalt styrs av dagslängden, har vi i övervakningsprogrammet observerat en viss procent vitmärlor med avvikande reproduktionsperiod. Djupet på station 2 i Vänern (75 m) skiljer sig emellertid inte från station 4 där en betydligt lägre andel (3.5 %) uppvisade en försenad utveckling, varför det inte är troligt att djupet har någon avgörande betydelse. På station US5 observeras dessutom en viss andel avvikande individer varje år medan vi i Vänern inte fann några individer med försenad utveckling 1999. Det finns en möjlighet att de kraftiga översvämningarna som innebär kraftiga tillflöden till Vänern har påverkat reproduktionen av vitmärlorna. Det är anmärkningsvärt att ca 50 % av populationen på station 2 har en försenad parningstid eftersom den nya generationen kommer att kläckas under en tidpunkt då tillgången på högkvalitativ näring minskar i sedimentet.

Sammanfattning

- Fekunditeten i Vättern är betydligt lägre och signifikant skild från den i Vänern. Extremt låg fekunditet registrerades på några stationer i Vättern. En betydligt lägre koncentration fleromättade fettsyror (PUFA) i Vätterns vitmärlor jämfört med Vänerns indikerar att den låga fekunditeten beror av sämre näringsförhållanden i den oligotrofa Vättern.
- Andelen honor med död äggsamling och döda ägg är signifikant högre i Vättern än i Vänern där döda äggsamlingar inte förekommer och döda ägg i honans äggkammare endast förekommer på en station i låg frekvens.
- Andelen missbildade embryon per hona är signifikant högre på stationerna i Vättern än i Vänern där bakgrundsnivåer råder på 2 av 3 övervakningsstationer.
- En hög andel honor med mogna och omogna oocyter (ägganlag) förekommer på flera stationer i Vänern, vilket betyder att reproduktionsperioden är minst 3 månader försenad. I Vättern observerades bara enstaka exemplar med försenad sexuell utveckling på stationerna.

Referenser

Ahlgren G., Blomqvist, P., Boberg, M., and Gustafsson, I.-B. 1994. Fatty acid content of the dorsal muscle – An indicator of fat quality in freshwater fish. *J. Fish Biol.* 45: 131–157.

- Aljetlawi, A.A., Albertsson J. Leonardsson K. 2000. Effect of food and sediment pre-treatment in experiments with a deposit-feeding amphipod, *Monoporeia affinis*. J of Exp Mar Biol and Ecol 249: 263-280.
- Blomqvist S, Abrahamsson B. 1985. An improved Kajak-type gravity core sampler for soft bottom sediments. Schweiz Z Hydrol 47: 81-84
- Boberg M., Croon L-B., Gustafsson I.-B., Vessby B. 1985. Platelet fatty acid composition in relation to fatty acid composition in plasma and to serum lipoprotein lipids in healthy subjects with special reference to the linoleic acid pathways. Clinical Science 68: 581-587.
- Brett, M.T., and Müller-Navarra, D.C. 1997. The role of highly unsaturated fatty acids in aquatic food web processes. Freshwat. Biol. 38: 483–499.
- Clarke A, Skadsheim A, Holmes LJ 1985. Lipid biochemistry and reproductive biology on two species of Gammaridae (Crustacea:Amphipoda). Mar Biol 88: 247-263.
- Clarke A., Brown J H, Holmes L J 1990. The biochemical composition of eggs from *Macrobrachium rosenbergii* in relation to embryonic development. Comp Biochem Physiol 96: 505-511.
- Dermott R.M., Corning K. 1988. Seasonal ingestion rates of *Pontoporeia hoyi* (Amphipoda) in Lake Ontario. Can. J. Fish. Aquatic. Sci. 45: 1886-1895.
- D'Abramo L.R., and Sheen, S.-S. 1993. Polyunsaturated fatty acid nutrition in juvenile freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. Aquaculture 115: 63–86.
- Ederington, M.C., McManus, G.B., and Harvey, H.R. 1995. Trophic transfer of fatty acids, sterols, and a triterpenoid alcohol between bacteria, a ciliate, and the copepod *Acartia tonsa*. Limnol. Oceanogr. 40:860–867.
- Enckell P.H. 1980. Kräftdjur. – Signum. Lund
- Eriksson-Wiklund, A-K., Håkansson, E., Sundelin, B (2000). Vitmärlans embryonalutveckling. Bottniska viken 1999, In: Wikner (ed), årsrapport från den marina miljöövervakningen.
- Eriksson-Wiklund, A-K. B. Sundelin. Impaired reproduction of the amphipods *Monoporeia affinis* and *Pontoporeia femorata* as a result of moderate hypoxia and increased temperature Mar. Ecol. Prog. Ser. in press.
- Forrow D.M., Maltby L. 2000. Toward a mechanistic understanding of contaminant-induced changes in detritus processing in streams: Direct and indirect effects on detritivore feeding. Environ. Toxicol. Chem. 19: 2100-2106.
- Gauvin J.M., Gardner W.S., Quigley M.A. 1989. Effects of food removal on nutrient release rates and lipid content of Lake Michigan *Pontoporeia hoyi*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46: 1125-1130.

- Goedkoop W., Johnson R.K. 1994. Exploitation of sediment bacterial carbon by juveniles of the amphipod *Monoporeia affinis*. *Freshwater Biology* 32: 553-563.
- Goedkoop, W., Sonesten, L., Ahlgren, G. and Boberg, M. 2000. Fatty acids in profundal benthic invertebrates and their major food resources in Lake Erken – Seasonal variation and trophic indications. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57: 2267–2279.
- Green R.H. 1968. A summer-breeding population of the relict amphipod *Pontoporeia affinis* Lindström. *Oikos* 19: 191-197.
- Hill C 1992. Seasonal changes in lipid content and composition in the benthic amphipods *Monoporeia affinis* and *Pontoporeia femorata*. *Limnol Oceanogr* 37 (6): 1280-1289
- Johannsson O.E, Dermott R.M., Feldkamp R., Moore J.E. 1985. Lake Ontario long term biological monitoring program: report for 1981 and 1982. *Can Tech. Rep. Fish. Aquatic. Sci.* 1414: 208 p.
- Johnson R.K., Wiederholm T. 1990. Long-term studies of profundal zoomacrobenthos in Sweden's great lakes: implications of biotic interactions. *Ann. Zool. Fennici* 27: 291-295.
- Kattner G., Gercken G., Eberlein K. 1983. Development of lipids during sprong plankton bloom in the northern North Sea: II Dissolved lipids and fatty acids. *Mar. Chem.* 14: 163-173.
- Kritzberg E. 2000. Bakterier flagellater och mikrobiell kolomsättning I Vättern. Vätternvårdsförbundet Årstidsskrift 2000. Rapport 59.
- Maloney J. 1996. Influence of organic enrichment on thye partitioning and bioavailability of cadmium in a microcosm study. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 144: 147-161.
- Moore JM 1977. Importance of algae in the diet of subarctic populations of *Gammarus lacustris* and *Pontoporeia affinis*. *Can J Zool.* 55: 637-641.
- Norsker, N.-H., and Støttrup, J.G. 1994. The importance of dietary HUFAs for fecundity and HUFA content in the harpacticoid *Thisbe holothuriae*. *Aquaculture* 125: 155–166.
- Olafsson E., Elmgren R. 1997. Seasonal dynamics of sublittoral meiobenthos in relation to phytoplankton sedimentation in the Baltic Sea. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 45: 149-164.
- Parrish C.C. 1987. Time series of particulate and dissolved lipid classes during spring phytoplankton blooms in Bedford Basin, a marine inlet. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 35: 129-139.
- Quigley M.A. 1988. Gut fullness of the deposit-feeding amphipod *Pontoporeia hoyi*, in south eastern Lake Michigan. *J. Great Lakes Res.* 14: 178-187.
- Quigley M.A., Cavaletto J.F., Gardner W.S. 1989. Lipid composition related to size and maturity of the amphipod *Pontoporeia hoyi*. *J Great Lakes Res.* 15: 601-610.
- Segerstråle S.G. 1967. Observations of summer-breeding in populations of the glacial relict *Pontoporeia affinis* Lindström (Crustacea Amphipoda), living at the greater depths in the

- Baltic sea, with notes on the reproduction of *P. femorata* Kröyer. J Exp Mar Biol Ecol 1:55-64.
- Seegerstråle S.G. 1971. On summer-breeding in populations of *Pontoporeia affinis* (Crustacea Amphipoda) living in lakes of North America. Comm. Biologicae 44: 1-18
- Sargent, J.R., Bell, J.G., Bell, M.V., Hendersen, R.J., and Tocher, D.R. 1995. Requirement criteria for essential fatty acids. J. Appl. Ichthyol. 11: 183-198.
- Sundelin, B., A-K. Eriksson. (1995). Effekter på embryonalutvecklingen hos vitmärkla (*Monoporeia affinis*) i Vättern. Miljöövervakning Vättern, Förslag till program och undersökningstyper, Rapport nr 36.
- Sundelin, B. and Eriksson, A-K. 1998. Malformations in embryos of the deposit-feeding amphipod *Monoporeia affinis* in the Baltic Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 171: 165–180.
- Sundelin, B. A-K. Eriksson, Håkansson, E. (1998). Vitmärlans embryonalutveckling. In: Wikner (ed). Bottniska viken 1997, årsrapport från den marina miljöövervakningen .
- Sundelin, B., Eriksson, A-K and Håkansson, E. 1999. Embryonalutveckling hos vitmärkla i fyra sjöar – Väneren, Vättern, Vågfjärden och Rogsjön. Report to Swedish EPA.
- Sundelin B., Ejdung G., Eriksson-Wiklund A-K., Håkansson E., Sahl P. 2001. Effekter på vitmärkla och taggmärkla i Molnbyggen och andra sjöar i Leksands och Skinnskattebergs kommun. Rapport till NV.
- Ungerer J., Thomas P. 1996. Transport and accumulation of organochlorines in the ovaries of Atlantic croaker (*Micropogonias undulates*) Mar. Environ. Res. 42: 167-171.
- Vanderploeg, H.A., Liebig, J.R., and Gluck, A.A. 1996. Evaluation of different phytoplankton for supporting development of Zebra mussel larvae (*Dreissena polymorpha*): The importance of size and polyunsaturated fatty acid content. J. Great Lakes Res. 22: 36–45.
- Wiederholm T. 1973. On the life cycle of *Pontoporeia affinis* (Crustacea Amphipoda) in Lake Mälaren. Zoon 1: 147-151.
- Wiederholm T., Wiederholm A-M., Milbrink G. 1987. Bulk sediment bioassays with five species of fresh-water oligochates. Water Air and Soil Poll. 36: 131-154.
- Volkman, J.K., Jeffrey, S.W., Nichols, P.D., Rogers, G.I., Garland, C.D. 1989. Fatty acid and lipid composition of 10 species of microalgae used in mariculture. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 128: 219-240.