

vattenmassans biologi

Agneta Andersson¹
och Johan Wikner¹

¹ Umeå Marina Forskningscentrum,
Umeå Universitet

Inga statistiskt säkerställda förändringar kan påvisas bland de biologiska variabler som speglar näringstillgången i vattenmassan i Bottniska viken. Både växtplanktonarter och syrekonsumtion som redovisas nedan är exempel på detta. Tillsammans med stabila tidsserier av syre och närhalter tyder resultaten på en jämn näringstillgång i Bottniska vikens utsjöbassänger under övervakningsperioden.

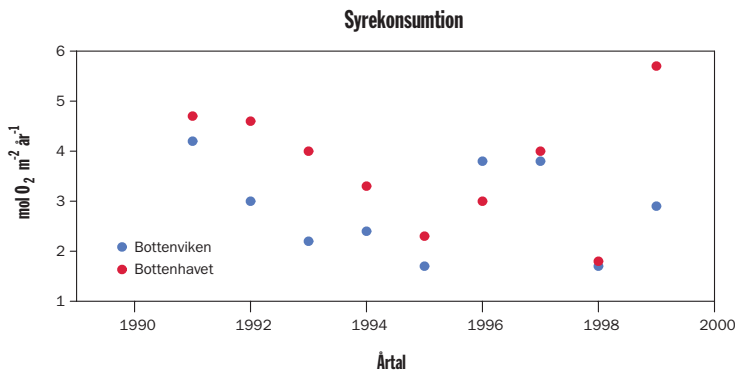
rekordhög syrekonsumtion i Bottenhavet

Syrekonsumtionen har varit stabil under åren 1991–1999 i båda havsbassängerna, och ingen systematisk förändring kan påvisas. En antydning till samvariation mellan bassängerna

på årsbasis finns, men är ännu inte statistiskt säkerställd. Samvariation mellan bassängerna har dock också visats inom år, varför en statistiskt säkerställd korrelation kan förväntas i en längre tidsserie. Syrekonsumtionen i Bottenhavet är i genomsnitt

28% högre än i Bottenviken, vilket tyder på en högre näringstillgång i den södra bassängen.

Under 1999 noterades den högsta syrekonsumtionen i Bottenhavet sedan mätningarna påbörjades. Syrekonsumtionen i Bottenhavet var



Den bakteriella syrekonsumtionen i Bottniska viken har varit stabil under mätperioden, med viss antydning till samvariation mellan Bottenviken och Bottenhavet. Högsta uppmätta värde under mätperioden för den afotiska zonen i Bottenhavet noterades 1999. Årlig konsumtion visas baserade på viktat medelvärde för vattenpelaren 20–100 m.

The bacterial oxygen consumption in the Gulf of Bothnia has been stable during the monitored period. A co-variation between the basins is implied, but is not statistically significant. The highest recorded value for the aphotic zone in the Bothnian Sea was found in 1999. Annual consumption is shown based on weighted averages for the 20–100 m water column.

fakta: vad är bakteriell syrekonsumtion?

Det ytskikt där netto-produktion av organiskt kol sker via fotosyntes kallas fotiska zonen. Vattenlagret under fotiska zonen, som kallas afotiska zonen, utgör den största vattenvolymen i havsbassängerna i Bottniska viken. En huvuddel av syrekonsumtionen under året sker här (Wikner, Hagström 1999). Syrekonsumtionen i djupvattnet härrör främst från att kolföreningar i sedimenterande material löses upp och konsumeras av bakterier. Denna konsumtion förbrukar syre, på liknande sätt som vi människor förbrukar syre då vi andas. Om vattenpelaren överstiger 40 m konsumeras mer än 90% av kolföreningarna innan de når bottenmiljön (Cho, Azam 1988, Sandberg et al. 1999).

Bakteriell syrekonsumtion kan bestämmas från produktionen av bakteriell kolbiomassa genom att känna tillväxteffektivitet (bildat bakteriekol per konsumerat kol) och respirationskvot (antal O₂-molekyler som går åt per respirerat CO₂). Bakteriella syrekonsumtionens andel av den totala syrekonsumtionen ökar med sjunkande näringsstatus, och ligger runt 50% i kusthavet (J. Wikner, opublicerade data).

statistik: syrekonsumtion

Trendanalys på årsmedelvärden integrerade över 20–100 m djup utfördes med linjär regression. Ingen statistiskt säkerställd trend kunde påvisas för någon av bassängerna ($p > 0.57$).

Korrelationsanalys mellan syrekonsumtion i bassängerna utfördes med Pearson korrelation och Bonferroni-test av signifikans ($r = 0.54$, $p = 0.13$). Parat t-test mellan bassängerna visar att Bottenhavet har en statistiskt säkerställd högre syrekonsumtion än Bottenviken under perioden ($p = 0.04$).

tabell: syrekonsumtion

Deskriptiv statistik för bakteriell syrekonsumtion i Bottniska Vikens afotiska zon (20–100 m). Data gäller årsintegrerade värden för perioden 1991–1999.

	Bottenviken (mol O ₂ m ⁻² år ⁻¹)	Bottenhavet (mol O ₂ m ⁻² år ⁻¹)
Värde 1999	2.9	5.7
Medelvärde	2.9	3.7
±CV (%)	33	33
Minimum	1.7	1.8
Maximum	4.2	5.7

fakta: hur ska växtplankton övervakas?

När HELCOMs miljöövervakningsprogram i Östersjön startade i slutet av 70-talet provtogs pelagialstationerna endast 2–4 gånger per år. Detta har visats sig ge ett otillräckligt antal växtplanktonprov för att kunna beräkna säkra årsmedelvärden. Man har därför lagt om strategin, och provtar numera de flesta pelagialstationerna med en betydligt högre frekvens, 15–20 gånger per år. Eftersom olika växtplanktonarter uppvisar en markerad årstidsvariation, så är en hög provtagningsfrekvens nödvändig för att erhålla adekvata årsmedelvärden och för att kunna följa förändringar i abundanser och artsammansättning från år till år. Andra faktorer som är viktiga att ta hänsyn till vid design av pelagial miljöövervakning är den spatiella variationen i de olika bassängerna samt provtagningsdjupet, tex djupet på den fotiska zonen. I praktiken blir det fråga om en avvägning mellan vetenskapliga argument och ekonomiska förutsättningar.

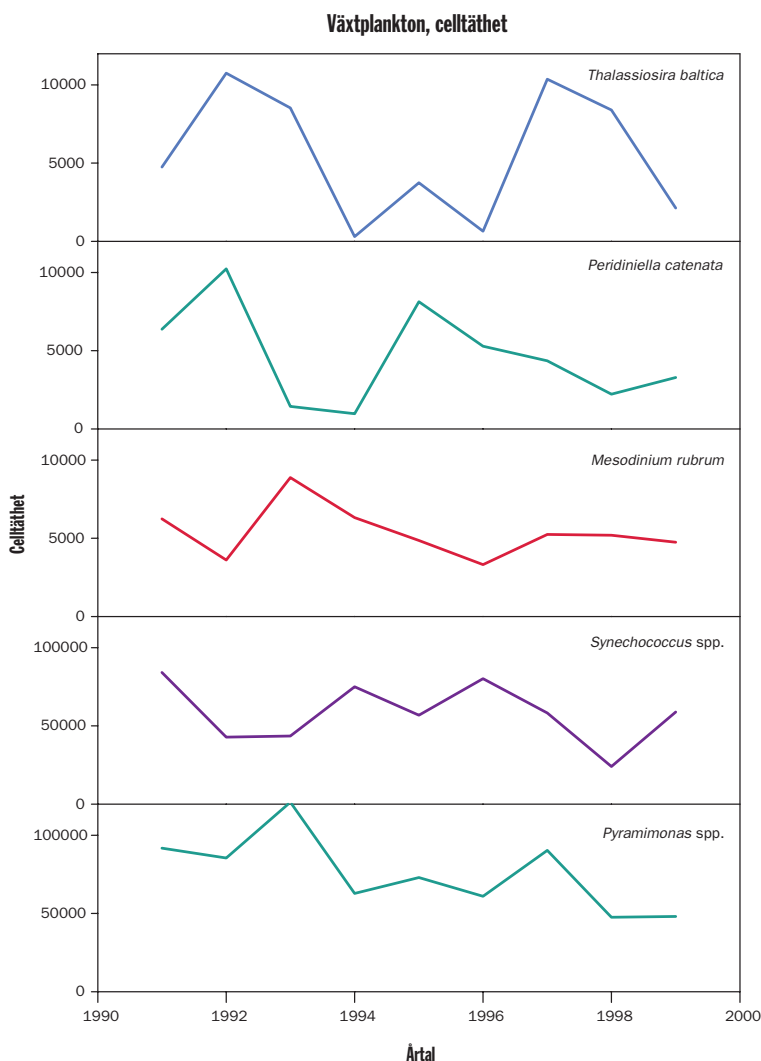
fakta: varför övervaka växtplankton?

Både internationellt och nationellt har vikten av att bevara och övervaka den biologiska mångfalden i olika miljöer påpekats. I detta sammanhang är analys av växtplanktonsamhällets sammansättning viktigt. I Östersjön har man tex under 80 och 90-talen funnit att en potentiellt toxisk växtplanktonart, *Prorocentrum minimum*, snabbt sprider sig norrut (Hajdu et al. 2000). Denna algart klarar att växa i låga salthalter, varför vi kan förvänta oss att den kommer att etablera sig även i Bottniska viken. Algen har visats orsaka blomningar i Egentliga Östersjön och kan stå för så mycket som 80–90% av den totala växtplanktonbiomassan under sensommaren. Därför finns det anledning att tro att arten kan minska den biologiska mångfalden i pelagialen.

Växtplankton är också en av de organismgrupper som direkt svarar på utsläpp av oorganiska närsalter. Man kan förvänta sig att många alger ökar i antal vid ett antropogent utsläpp av närsalter. Dessutom ökar sannolikt antalet giftiga algblomningar vid en eutrofiering. Dessa faktorer gör att växtplankton är en viktig del i den pelagiala marina miljöövervakningen.

Växtplankton visar inga signifikanta förändringar vid den pelagiala monitoringstationen i Örefjärden under åren 1991–1999. Figuren visar årsmedelvärden av några av de dominerande arterna vid denna lokal. Celltätheten redovisas i antal celler per liter för alla alger utom för *Synechococcus* spp. som anges i antal celler per milliliter. Provtagningar har utförts i det fotiska skiktet i medeltal 19 gånger per år.

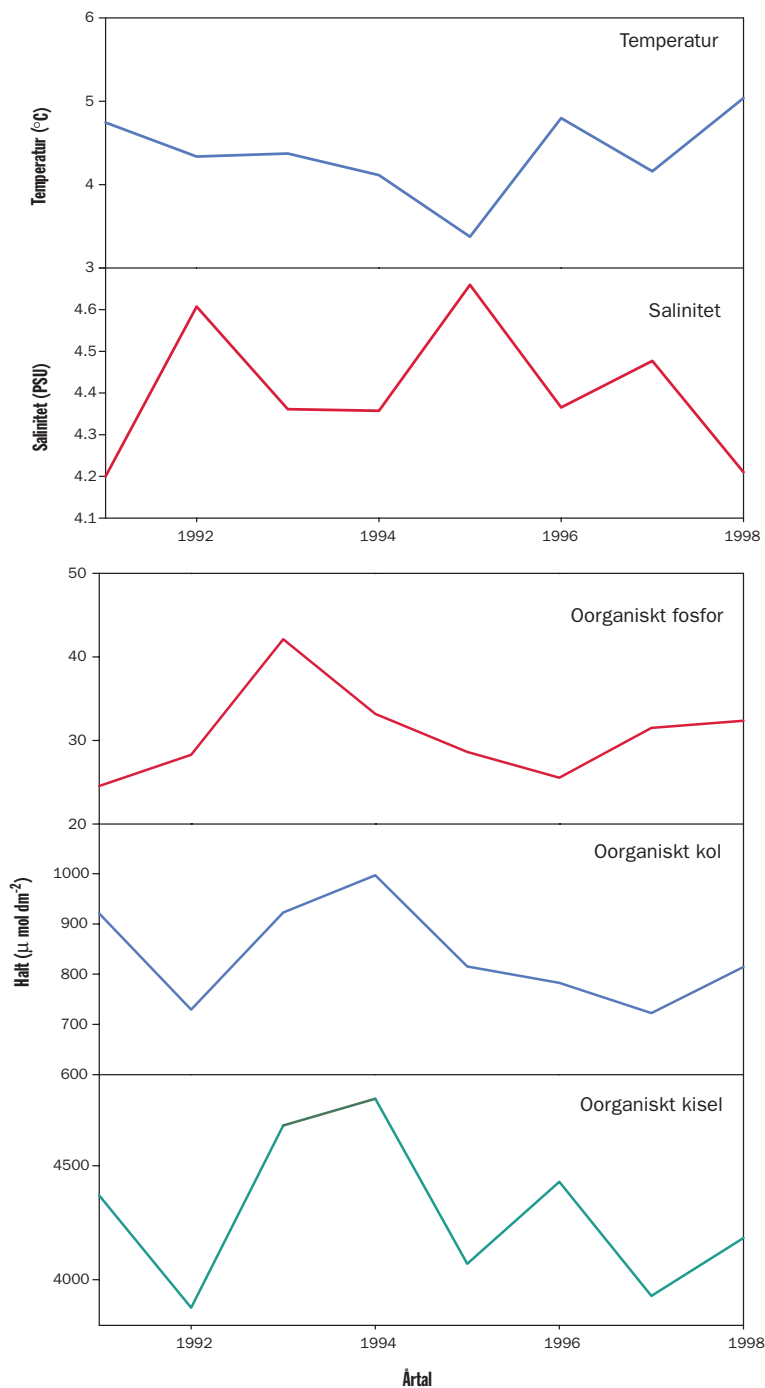
The phytoplankton show no significant changes at the pelagic monitoring station in the Öre estuary during the period 1991–1999. The figure shows annual mean values of some of the dominating phytoplankton at this station. The abundance is given in cell numbers per litre for all phytoplankton except for *Synechococcus* spp., which is presented in cell numbers per millilitre. Integrated seawater samples were collected in the photic zone (0–20 m) with a plastic hose, on an average 19 times per year.



Fysikalisk-kemiska parametrar

De fysikalisk-kemiska parametrarna visar inga signifikanta trender vid den pelagiala monitoringstationen i Örefjärden för åren 1991–1999. Figuren visar årliga medelvärden för temperatur, salthalt och oorganiskt fosfor, kväve och kisel. Provtagningar har utförts i det fotiska skiktet (0–20 m) i medeltal 19 gånger per år.

The physical-chemical parameters show no significant trends at the pelagic monitoring station in the Öre estuary from 1991–1999. The figure shows annual mean values of temperature, salinity and inorganic phosphorus, nitrogen and silica. Integrated seawater samples were collected in the photic zone (0–20 m) with a plastic hose on average 19 times per year.



1999 2 ggr högre än i Bottenviken, där ett värde nära medel för mätperioden noterades. Den högre syrekonsumtionen överensstämde med den ovanligt kraftiga minskningen av syrehalter i bottenvatten i Bottenhavet under året (se avsnittet Hydrografi och hydrokemi). Syrehalterna återhämtade sig under hösten och var i början av december på samma nivå som i början av året.

bakteriell syrekonsumtion förklarar

Den bakteriella syrekonsumtionen under försommaren var 28 µM, och minskningen i syrehalt under samma period 42 µM. Då den bakteriella syrekonsumtionen utgör ungefär hälften av den totala visade jämförelsen att den ökade syrekonsumtionen väl kunde förklara minskningen i syrehalt och de följande låga sommar-

halterna av syre i Bottenhavet.

En hypotes som skulle kunna förklara den högre syrekonsumtionen och låga syrehalter 1999 är ökad sedimentation från fotiska zonen. Sedimentationen under 1999 var dock inte högre än genomsnittet för åren 1991–1999. Medeltemperaturen under 1999 var inte heller högre än genomsnittet. Mer löst organiskt kol eller högre kvalitet av densamma,

möjlig som en konsekvens av den höga sötvattentillförseln under 1998, är andra möjliga förklaringar till den höga syrekonsumtionen. Detta kan dock ej bekräftas då löst organiskt kol ej mätts på stationen de senaste 2 åren.

växtplankton visar på stabilt tillstånd

När det gäller växtplankton har i år en närmare studie av de senaste 10 åren gjorts för data från Örefjärden. Även fysikalisk-kemiska parametrar har studerats för samma område och tidsperiod. Resultaten tyder på att inga större miljöförändringar har skett under den studerade perioden i denna del av Bottniska viken.

Som underlag till denna studie användes fem vanligt förekommande växtplanktonarter/grupper till trendanalys. Två av dessa är sk. vårblomningsarter (kiselalgen *Thalassiosira baltica* och dinoflagellaten *Peridiniella catenata*), en art har sitt maximum strax efter vårblomningen (den autotrofa ciliaten *Mesodinium rubrum*) och de två sista förekommer som talrikast under sensommaren (blågrönalgen *Synechococcus* spp. och prasino-phyceen *Pyramimonas* spp.).

täta provtagningar krävs

Vårblomningsarterna uppvisar relativt stora variationer från år till år (CV = 0,7; max/min = 10–40). En viktig faktor som påverkar den uppskattade förekomsten av vårblomningsarter är hur väl man lyckas pricka av vårblomningen vid provtagningarna. Vårblomningen sker under en relativt kort period, och under den tiden ökar växtplanktonen exponentiellt. Algerna har under vårblomningen en delningstid på ca 2–3 dagar, vilket innebär att det är svårt att hitta det absoluta maximum vid en provtagningsfrekvens på var 14:e dag. Detta kan vara en del av förklaringen till den stora mellanårsvariationen hos vårblomningsarterna. Isperiodens längd har sannolikt också stor betydelse för förekomsten av dessa alger. Den varierade från 1,5 till 4 månader per år under 1990-talet.

De övriga analyserade arterna, som är sk. sommararter, uppvisar en betydligt lägre mellanårsvariation (CV = 0,3; max/min = 2–4). Det låga årsmedelvärde för *Synechococcus* spp.

under 1998 beror sannolikt på den kalla sommaren under det året. Denna blågrön-alg har visats gynnas av relativt höga temperaturer. Inte för någon av de undersökta algerarna kan man hitta någon statistiskt säkerställd förändring under 1990-talet.

även abiotiska faktorer stabila

De fysikalisk-kemiska parametrarna uppvisar generellt en lägre mellanårsvariation än växtplankton (CV = 0,03–0,1; max/min = 1,1–1,7). Årsmedeltemperaturen var ca 4,4 °C och salthalten 4,4psu under 1990-talet. Medelhalterna av oorganiskt kväve, fosfor och kisel var också ganska konstanta under perioden. Den molära kvoten mellan oorganiskt kväve och fosfor var i medeltal 30,

vilket indikerar fosforbergämsning under den produktiva delen av året. Inte för någon av de undersökta fysikalisk-kemiska parametrarna kan någon statistiskt säkerställd långsiktig förändring hittas.

Organismerna påverkas inte enbart av abiotiska faktorer utan även av tex konkurrens och predation. Detta leder till komplexa interaktioner, och sannolikt också till större mellanårsvariationer. Närsalter, däremot, förbrukas på ett liknande sätt varje år, oavsett vilka växtplanktonarter som kommer att dominera. Detta är sannolikt förklaringen till att mellanårsvariationen är större för växtplankton än för de visade fysikalisk-kemiska parametrarna.

fakta: trendanalys växtplankton

Hur ska trender i data för olika växtplanktonarter analyseras efter man har räknat ut tex viktade årsmedelvärden? Det första man bör göra är att ta reda på den naturliga mellanårsvariationen av olika arter i ett icke påverkat havsområde. Utifrån mellanårsvariation beräknas sedan den minsta förändring som man kan upptäcka med en önskad statistisk styrka. Vanligtvis används värdet 80% för den styrka man vill uppnå, tex inom en 10-årsperiod. Vid kuststationen i Örefjärden har pelagial miljöövervakning nu utförts i drygt 10 års tid. För växtplankton motsvarar den lägsta linjära trend som statistiskt kan säkerställas 9–21% ökning/minskning per år (se tabell nedan). Motsvarande storlek på detekterbara linjära trender för fysikalisk-kemiska parametrar varierar mellan 1 och 6%.

tabell: växtplankton

Variationskoefficient och max/min för årsmedelvärden samt detektionsgränsen för trendanalys. Provtagningar har utförts i det fotiska skiktet i medeltal 19 gånger per år under 1991–1999.

VÄXTPLANKTON:	CV	MAX/MIN	DETEKTERBAR TREND (% FÖRÄNDRING/ÅR)
<i>Thalassiosira baltica</i>	0,7	36	21
<i>Peridiniella catenata</i>	0,7	11	21
<i>Mesodinium rubrum</i>	0,3	3	9
<i>Synechococcus</i> spp.	0,3	4	9
<i>Pyramimonas</i> spp.	0,3	2	9
ABIOTISKA FAKTORER:			
Temperatur	0,1	1,5	3
Salinitet	0,04	1,1	1
Tot P	0,1	1,3	3
Fosfat	0,2	1,7	6
Tot N	0,03	1,1	1
Oorganiskt kväve	0,1	1,4	3
Silikat	0,1	1,2	3