

hydrografi och hydrokemi

Karin Borenäs¹ och
Elisabeth Sahlsten¹

¹SMHI, Oceanografiska enheten,
Göteborg

Den rekordvärme och de stora regnmängder som utmärkte det svenska vädret år 2000 kom till stor del att påverka de hydrografiska och hydrokemiska förhållandena i Bottniska viken. Speciellt under senare delen av året var ytvattnet ovanligt varmt i såväl Bottniska viken som i Egentliga Östersjön. Både vid kusten och i utsjön var det som varmast i vattnet i början av augusti med ytvärden på 18 °C respektive 15–16 °C.

låga ytsalthalter

Regnandet i juli och senare delen av hösten (se avsnittet »Väder, tillrinning och is« i denna rapport) ledde till stora utflöden av färskvatten, vilket syns särskilt tydligt i kuststationens (B3) mätserie av ytsalthalten. Under andra halvåret ligger värdena under det normala, med lägsta noteringar i början av augusti och i slutet av året, då salthalter på 2–3 enheter uppmättes. I utsjön minskade ytsalthalten något under året i såväl Bottenviken som Bottenhavet. Man kan dock inte se någon direkt koppling till de perioder då utflödena var ovanligt stora. Utveckling följer i stället den långsiktiga trend med minskade salthalter som noterats i Östersjön under de senaste 20–25 åren.

utflöde av närsalter till kustzonen

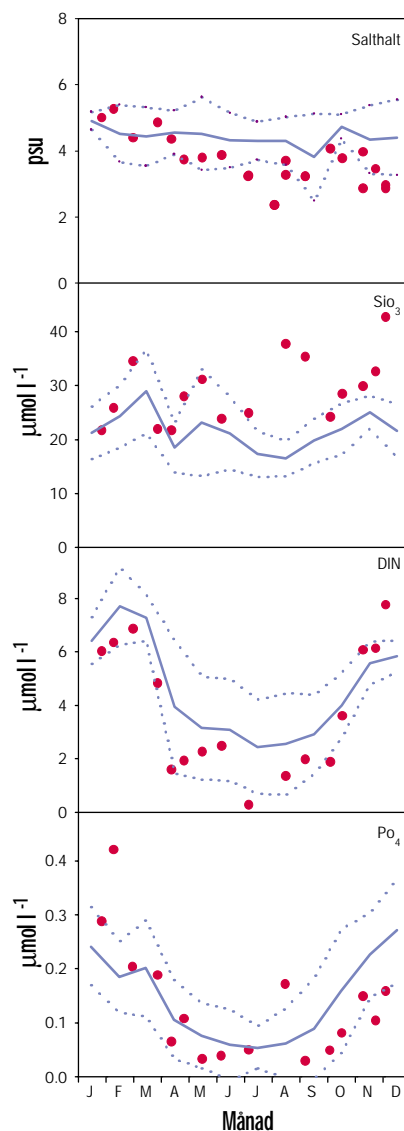
Det stora utflödet från land medförde en ökad uttransport av lösta närsalter, främst silikat, till Bottniska viken. Speciellt märks detta på kuststationen, där silikalthalterna under året 2000 generellt var högre än medelvärdet för perioden 1986–1995. Tydliga toppar i silikathalt kan också korreleras till de lägsta noteringarna i salthalt i ytvattnet under sensommaren och vintern. Däremot tycks inte oorganiskt kväve (DIN) ha tillförts kustvattnet i ökad grad. Snarare är koncentrationerna av oorganiskt kväve i ytvattnet genomgående lägre



SVEN HALLING/WATEROBILD

De stora mängder nederbörd som föll under året gav främst effekter i kustområdena. Låga salthalter i ytvattnet observerades vid kuststationen (B3) i början av augusti och i slutet av året. Silikalthalterna var förhöjda under året jämfört med medelvärdena för perioden 1986–1995, speciellt under sensommaren och vinter. Halterna av löst oorganiskt kväve (DIN) var generellt låga under året, medan en fosfattopt uppmättes under sensommaren.

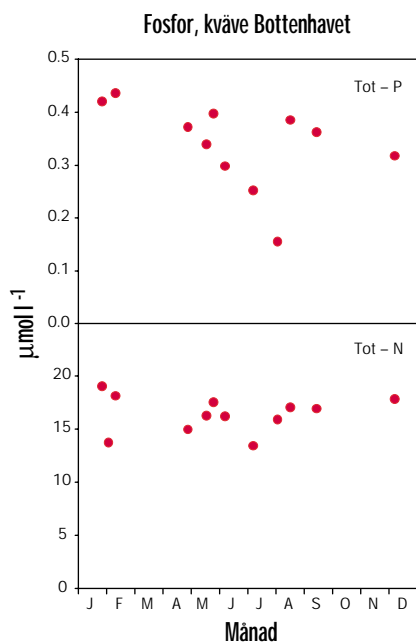
Low salinities were observed in the surface water of the coastal station (B3) in the beginning of August and at the end of the year. The concentration of silicate was raised during the year compared to the average from the period 1986–1995, especially during late summer and winter. The values for dissolved inorganic nitrogen were generally low during the year, while a peak in phosphate was detected during late summer.



än långtidsmedelvärdet, med undantag för en förhöjning i slutet av året. Halterna av oorganiskt fosfat var under den produktiva perioden av året genomgående lägre än långtidsmedelvärdet. En eventuell effekt av den ökade tillrinningen från land kan dock ses som en förhöjd halt under sensommaren, då normalt fosfathalterna ligger mycket lågt, nära detektionsgränsen.

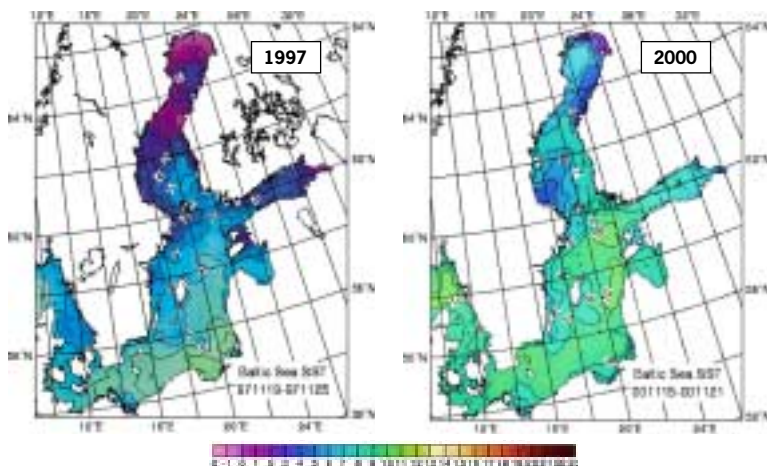
I utsjön, däremot, kan inte samma

effekter av ökad tillrinning urskiljas som i kustzonen. De totala halterna av fosfor och kväve i ytvattnet i Bottenhavet (C3) uppvisade generellt ett överskott på kväve, jämfört med det balanserade s.k. Redfield-förhållandet på 16:1 (N:P) för optimal tillväxt av planktonalger. Totalhalterna av fosfor fluktuerade mera, procentuellt sett, över året än totalhalterna av kväve.



Koncentrationerna av totalt fosfor (Tot-P) i utsjön (C3) fluktuerade mera över året än totalhalterna av kväve (Tot-N). Förhållandet mellan ämnena tyder på ett underskott av fosfor.

The off-shore (C3) concentrations of total phosphorus (Tot-P) were more fluctuating over the year than were the total nitrogen (Tot-N). The ratio between the elements indicates a shortage of phosphorus.



Ytvattentemperaturerna var ovanligt höga i Bottniska viken och i Egentliga Östersjön i slutet av året. Värdena var i november till och med högre än under motsvarande period 1997, trots att sommartemperaturerna det året var mycket höga. (Från BOOS, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie.)

The temperature of the surface water was unusually high in the Gulf of Bothnia and in the Baltic Proper at the end of the year. Also shown is a comparable situation from year 1997 exhibiting much lower temperatures, despite very high summer values that year. (From BOOS, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie.)

vattenmassans biologi

Johan Wikner¹
och Agneta Andersson¹

¹Umeå Marina Forskningscentrum,
Umeå Universitet

Under 90-talet har växtplanktonproduktionen i norra Bottenhavets kustzon (Örefjärden) minskat med 14 % per år_{S2}. Fjölårets produktion om 0.88 mol kol m⁻² år⁻¹ var den lägsta noterade sedan mätningarna började, strax under den tidigare lägsta noteringen 1988. Tillgången på föda för både plankton- och bottendjur i kustzonen bör därmed för närvarande vara tydligt lägre än i början av 90-talet i detta område. Även i Bottenviken kan en statistiskt säkerställd minskning om 7 % per år påvisas, medan ingen minskning kan visas i Bottenhavets utsjö_{S2}.

ingen övertygande förklaring

Ingen övertygande förklaring till den minskande växtplanktonproduktionen har kunnat hittas. Den årliga ljusmängden till det översta vattenskiktet har minskat under de senaste tre åren, och ljusmängden år 2000 var den lägsta som noterats i Örefjärden. En hypotes är att de höga sötvattentillflödena under 1998 och 2000 bidragit till att begränsa ljusstillförseln till vattenmassan, och därmed hämmat växtplanktonproduktionen (se temartikel i denna rapport). Även den globala ljusinstrålningen år 2000 var lägre än genomsnittet. Lägre ljusinflöde kan dock inte ensamt förklara den nedåtgående trenden.

Växtplanktonproduktionen har varierat anmärkningsvärt mycket under mätperioden, där skillnaden mellan extremvärdena vid kusten är en faktor 5. Dessa variationer bedöms i dagsläget som naturliga.

klorofyllhalten stabil under 1990-talet

För perioden 1991–2000 kan inga signifikanta förändringar av klorofyllhalten påvisas i Bottenviken, Örefjärden eller i Bottenhavet_{S3}. Detta tyder på att växtplanktonbiomassan i dessa havsområden har varit stabil under de senaste 10 åren.

Värblomningarna är generellt sett

svaga i Bottenviken, beroende på den kraftiga fosforbegränsning som inträffar tidigt under produktiva säsongen. I Bottenviken når maximala klorofyllhalten normalt inte upp till $3 \mu\text{g liter}^{-1}$.

Vid kuststationen i Örefjärden, däremot, finner man ofta tydliga vär-

blomningar, med klorofyllvärden upp till ca $6 \mu\text{g liter}^{-1}$. Fosforhalterna är vid denna station högre, vilket är förklaringen till att klorofyllvärdena är högre än i Bottenviken. Vissa år, exempelvis 1994 och 1999, uteblev dock även här de markerade värblomningarna. Orsaken till detta kan

tex vara skillnader i närsaltstillgång mellan olika år. Det kan också helt enkelt bero på att provtagningar inte genomförts under den relativt korta tid som värblomningsmaximat pågår. Vid utsjöstationen i Bottenhavet uppträder alltid en tydlig värblomning, med klorofyllhalter upp

fakta: växtplanktonproduktion

Växtplanktonproduktionen utgör den huvudsakliga basen för näringsväven i havsmiljön. I Bottenhavet kommer 90 % av energi och kol från växtplanktonens upptag av solljus och koldioxid. Däremot kan löst organiskt kol i älvvatten bidra i betydande omfattning till energi- och kol-försörjningen i älvmynningsområden (sk. estuarier) (Sandberg, et al. 2001). I älvmynningsområdet Örefjärden beräknas exempelvis 80 % av koltillförseln till systemet komma från löst organiskt kol i älvvattnet.

Den högsta växtplanktonproduktionen hittas i Bottenhavets utsjö, medan produktionen vid kusten var drygt 60 % av utsjöns i genomsnitt⁵¹. Växtplanktonproduktionen i Bottenvikens utsjö är endast 1/3 av den i Bottenhavet.

Produktionen av växtplankton mäts genom att följa upptaget av radioaktivt märkt karbonat som tillsätts proverna (Andersson et al. 1996). Karbonaten står i jämvikt med koldioxid som tas upp av växtplanktonen. Genom att också känna halten koldioxid i vattnet kan det totala koldioxidupptaget hos växtplanktonen beräknas. Växtplanktonen bygger in den upptagna koldioxiden i organiska föreningar som används för att bygga upp ny cellmassa.

De redovisade data bygger på inkubering *in situ*, där proverna hänger på rätt djup under inkuberingstiden om 3 timmar. Från och med år 2001 kommer en metod baserad på mätning av växtplanktonens ljusrespons i en inkubator att tillämpas. Mätningar utförs på sju djup vid de 18 tillfällen som stationen besöks varje år.

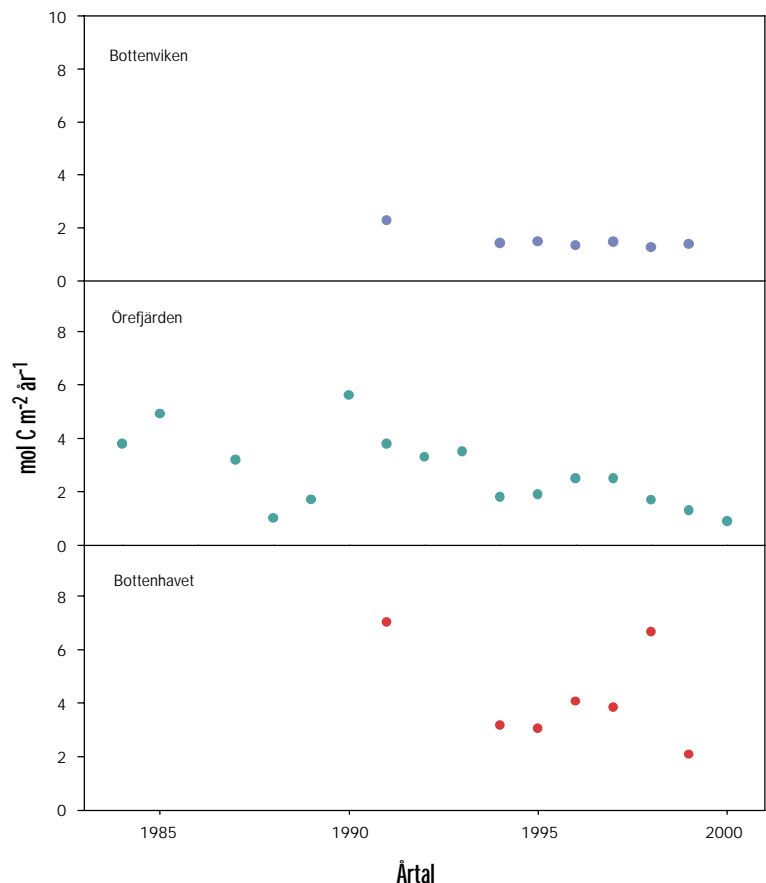
statistik: vattenmassans biologi

- S1 Produktionsnivåerna vid de tre områden var signifikant skilda åt enligt ett parat t-test ($p < 0.016$).
- S2 Trendanalys på årsmedelvärden integrerade över medeldjup utfördes med linjär regression. Test av data indikerade normal fördelning av årsmedelvärdena. En statistiskt säkerställd trend kunde påvisas för Örefjärden, $p = 0.019$ (1987–2000) och $p < 0.001$ (1990–2000). Även för Bottenviken (stn. A13) fanns ett signifikant negativt samband ($p = 0.026$, 1991–1999), medan ingen trend kunde påvisas i Bottenhavet (stn. C1).
- S3 Trendanalys utfördes med linjär regression på tidsviktade årsmedelvärden. Materialet visade inga signifikanta förändringar vare sig vid Bottenviksstationen (A13), Örefjärden (B13) eller Bottenhavetsstationen under undersökningsperioden, 1991–2000 ($p > 0.05$ för alla stationer).

En minskande trend i växtplanktonproduktion har observerats under mätperioden vid norra Bottenhavskusten och i Bottenviken. Figuren visar årlig växtplanktonproduktion i Bottniska viken baserad på 18 provtagningar per år.

A decreasing trend has been observed during the period at the coast of the northern Bothnian Sea and in the Bothnian Bay. The figure shows annual phytoplankton production in the Gulf of Bothnia based on 18 samplings per year.

Växtplanktonproduktion



tabell

Skillnader i växtplanktonproduktion ($\text{mol kol m}^{-2} \text{år}^{-1}$) mellan stationerna i Bottenviken och Bottenhavets utsjö (1991–1999), samt Örefjärden (1987–2000). Inga mätningar av växtplanktonproduktion gjordes på utsjöstationerna under år 2000.

Differences in phytoplankton production ($\text{mol kol m}^{-2} \text{år}^{-1}$) between the Bothnian bay and Sea (1991–1999), and the Öre estuary (1987–2000). No estimates of phytoplankton production was done at the off-shore station during the year 2000.

	Bottenviken	Örefjärden	Bottenhavet
År 2000	-	0.9	-
Medel	1.4	2.7	4.3
±SD	0.9	1.4	1.9
Min.	1.3	0.9	2.1
Max.	2.3	5.6	7.0

fakta: klorofyll a

Klorofyll a är ett essentiellt pigment som finns hos alla växtplankton. Klorofyllkoncentrationen mäts för att få en uppfattning om hur stor totala mängden växtplanktonbiomassa är under olika delar av året. En omvandlingsfaktor, som varierar mellan 5 och 70 beroende på säsong, kan användas för att omvandla mängden klorofyll till växtplanktons kolbiomassa (Andersson och Rudehäll 1993).

till $7 \mu\text{g liter}^{-1}$. De oorganiska när-saltshalterna är här mer balanserade, och liknar den kvot algerna själva består av (Redfield-kvoten).

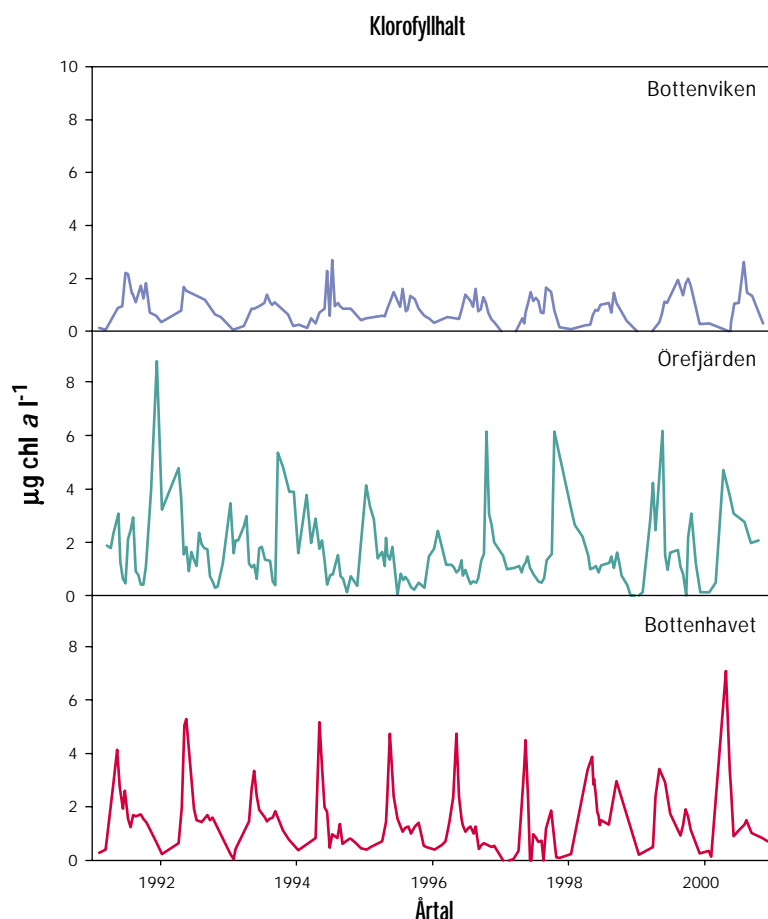
För Bottenviksstationen var medel-

halten för år 2000 $1,0 \mu\text{g liter}^{-1}$, för Örefjärdsstationen $2,1 \mu\text{g liter}^{-1}$ och för Bottenhavetsstationen $2,2 \mu\text{g liter}^{-1}$. Detta stämmer väl överens med den generella trenden att mängden

klorofyll, och därmed också mängden växtplankton, ökar från norr till söder i Bottniska viken. Orsaken till detta är sannolikt den bättre när-saltstillgången, framför allt fosfor, längre söderut. För hela undersökningsperioden (1991–2000) var medelhalten av klorofyll $0,9 \mu\text{g liter}^{-1}$ vid Bottenviksstationen, $1,6 \mu\text{g liter}^{-1}$ vid Örefjärdsstationen och $1,7 \mu\text{g liter}^{-1}$ vid Bottenhavetsstationen. Vid samtliga 3 stationer var medelhalten av klorofyll för år 2000 alltså något högre jämfört med medelhalten för 1991–2000.

höstblomningar av blågrönalger

Under sensommaren och hösten år 2000 förekom upprepade blomningar av blågrönalger vid norra Bottenhavets kust. Dessa bestod huvudsakligen av *Aphanizomenon* sp. med mindre inslag av *Nodularia spumigena* (max 5%). *Aphanizomenon* sp. har hittills aldrig visats vara toxisk i Östersjön eller Bottniska viken, medan *Nodularia spumigena* ibland utvecklar toxin. Den första rapporten kom i augusti och gällde ett område i södra Bottenhavet och Ulvödjupet. Nästa rapport kom i mitten av oktober från kustområdena utanför Hörnefors och Örnsköldsvik. Prov från Hörneforsområdet skickades till Statens Veterinärmedicinska Anstalt för analys, men visades inte vara toxiskt. I mitten av november rapporterades återigen om algbloomingar i Bäckfjärden och Skagshamn i Örnsköldsviks kommun samt i Hörneforsområdet.



Klorofyll a-halterna uppvisar inga signifikanta förändringar under åren 1991–2000 vid stationerna A13 i Bottenviken, B3 i Örefjärden i norra Bottenhavet och C1 i Bottenhavet. Havsvattenprov togs med slang från 0-20 m djup i medeltal 16 gånger per år vid varje station.

The chlorophyll a concentrations showed no significant changes from 1991 to 2000 at the A13 station in the Bothnian Bay, the B3 station in the Öre estuary in the northern Bothnian Sea and the C1 station in the Bothnian Sea. Seawater samples were taken from 0-20 m depth by using a plastic hose on average 16 times per year at each station.