Östersjöns blågrönalger

– viktiga kvävekällor

Blågrönalger, eller cyanobakterier som de egentligen heter, har en unik förmåga att omvandla luftens kvävgas till mer användbar form. Genom denna process tillför de kväve i form av näring, både till sig själva och till resten av ekosystemet. Denna förmåga är förstås otroligt viktig, men ställer också till problem i våra redan övergödda vatten. Därför försöker man nu genom intensiva studier ta reda på mer om hur blågrönalger fungerar och hur mycket kväve som tillförs av dessa organismer.

TEXT: SUSANNA HAJDU, ULF LARSSON OCH JAKOB WALVE,
STOCKHOLMS UNIVERSITET

▲ Blågrönalgen Nodularia blommar för fullt.

Det finns tre vanligt förekommande blågrönalgsläkten i Östersjön som är kända för att fixera kväve: *Aphanizomenon, Nodularia* och *Anabaena*. De två förstnämnda förekommer i stora mängder, medan Anabaena oftast förekommer sparsamt. Dessa släkten dominerar bland växtplankton under en kort period på sommaren, vanligen i juni-augusti, och ger då ett stort bidrag till den totala kvävetillförseln till havet.

Tillför mer kväve än man trott

Hur mycket kväve dessa blågröna alger tillför Östersjön är fortfarande osäkert. Nya beräkningar visar att det kan röra sig om mellan 180 000 och 430 000 ton kväve per år i Egentliga Östersjön. Denna mängd motsvarar 25-50 procent av den årliga kvävetillförseln via floder och nederbörd, vilket är betydligt mer än man tidigare beräknat från direkta mätningar av kvävefixeringen. På grund av denna stora kvävetillförsel är det viktigt att ta hänsyn till hur de blågröna algerna påverkas när man vidtar åtgärder för att begränsa övergödningen av Östersjön.

De blågröna algerna ska dock inte enbart ses som ett problem. Den gödning av vattnet de orsakar under sommaren, då behovet av kväve är som störst, räcker uppskattningsvis för att försörja 30-90% av sommarens nettoproduktion. Detta sker under en period då bl.a. fiskyngel växer till sig och kan därför vara avgörande för fiskproduktionen i Östersjön.

Lagrar fosfor tidigt på säsongen

Ny forskning visar att Aphanizomenon lagrar upp stora mängder av näringsämnet fosfor i cellerna tidigt på säsongen. Denna fosfor används för tillväxt under sommaren när fosfortillgången i vattnet är låg. Cellernas fosforinnehåll minskar när algerna växer och är lägst när de är som mest förekommande, vanligen i juli-augusti.

Även fosforinnehållet i Nodularia minskar vid tillväxt och blir slutligen mycket lågt. Hur Nodularia kommer åt fosfor är däremot en gåta. Till skillnad från Aphanizomenon förekommer de nästan inte alls i vattenmassan när det finns gott om fosfor, utan dyker upp mitt i sommaren när ytvattnet i stort sett tömts på fosfor. Kanske är det så att de övervintrar i sedimentet där det finns gott om fosfor som de kan ta med sig när de flyter upp. Eller så är de bättre konkurrenter om den fosfor som hela tiden recirkuleras.

Dessa nya kunskaper visar att blågrönalgerna använder mycket mindre fosfor under sommaren än man tidigare

räknat med. Det är viktigt att ta hänsyn till i de modeller som beskriver hur Östersjön påverkas av utsläpp av näringsämnen. Det låga fosforinnehållet i blågrönalgcellerna vid slutet av blomningen tyder också på att deras tillväxt begränsas av tillgången på fosfor. De skiljer sig därför från andra alger i Östersjön som huvudsakligen är kvävebegränsade. För att minska övergödningen av Östersjön måste därför både kväve- och fosfortillförseln reduceras.

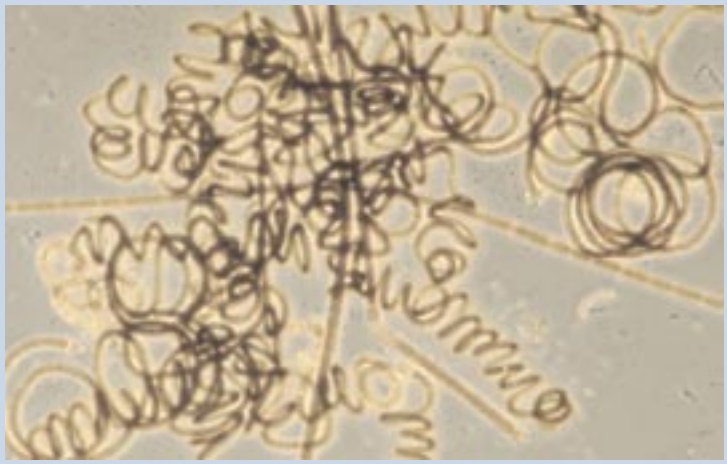
Blågrönalger även i öppna Bottenhavet

De kvävefixerande arterna finns framförallt i havsområden där kvoten mellan oorganiskt kväve och fosfor är låg under vintern. Mängden kvävefixerare ökar således ju längre söderut man kommer samtidigt som fosformängden ökar och bristen på kväve blir allt större (figur 20).

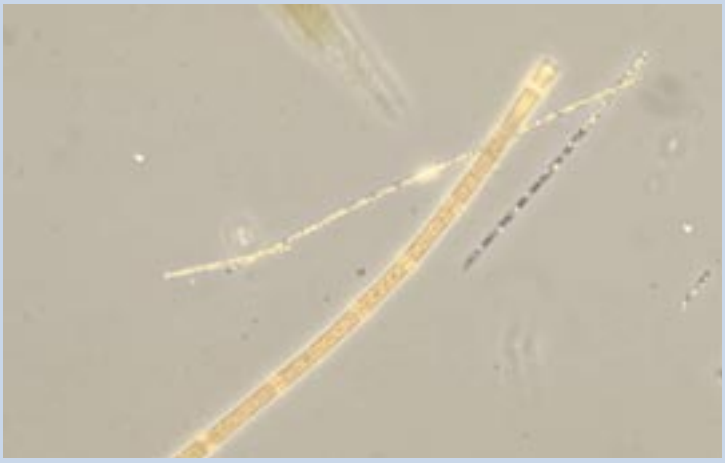
Data från de senaste tio åren visar dock att Aphanizomenon periodvis förekommer i stora mängder också i öppna Bottenhavet. Detta kan bero på att koncentrationen av fosfor ökat i Bottenhavets djupvatten. Kvävetillförseln genom blågröna alger kan därför också vara högre i Bottenhavet än man tidigare trott.

Blågrönalger i närbild

▲ Aphanizomenon uppträder normalt i såna här tjocka buntar i Östersjön. Buntarna är 0,5–10 mm långa och består av mängder av tunna (ca 4 µm breda), enkel-filament av celler. Den krulliga figuren nära centrum är en Nodulariatråd. Bildens bredd är ca 2mm.

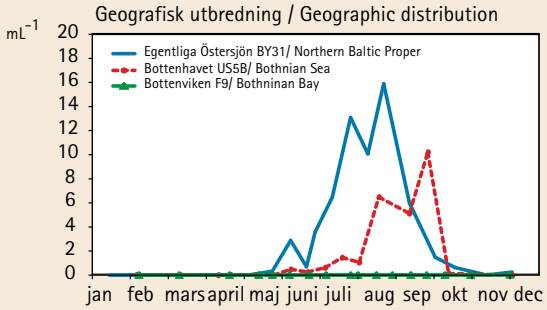


▲ Nodulariatrådar, både raka och spiralformade, sitter ofta löst samlade i stora flockar som kan bli flera centimeter stora. Bildens bredd är ca 1mm.



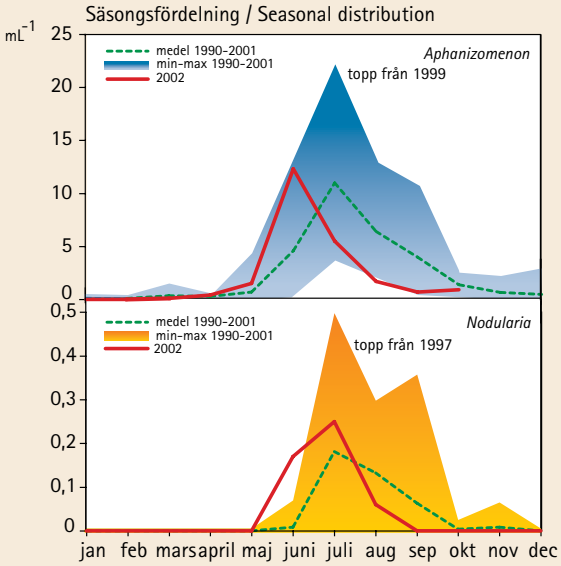
▲ Konserverat prov med enkla trådar av Aphanizomenon (tunna trådar) och Nodularia (tjock tråd). Heterocysterna, de specialiserade celler där kvävefixeringen sker, syns som regelbundna band på Nodularian. De sitter relativt tätt jämfört med Aphanizomenon som oftast bara har 1–2 heterocyster per tråd.

Blågrönalgerna i Östersjön



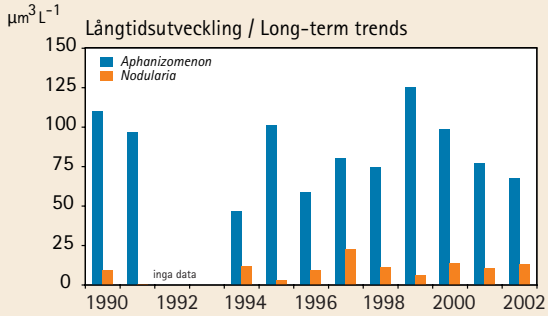
▲ Figur 20. Blågrönalgerna blir allt vanligare ju längre söderut i Östersjön man kommer. Detta exempel visar hur Aphanizomenon fördelade sig på olika stationer under 1991.

N_2-fixing cyanobacteria increase southward in the Baltic Sea. The figure shows the abundance of *Aphanizomenon* at various stations in 1991.



▲ Figur 21. Månadsmedelvärden för de två vanligaste kvävefixerande blågrönalgerna. En varm vår och sommar 2002 gav en ovanligt tidig blomning. Data från intensivstationen BY31 i norra Egentliga Östersjön. Notera de olika skalorna på y-axeln.

Monthly mean values of *Aphanizomenon* and *Nodularia* abundance in 2002 compared to monthly mean values for 1990–2001 at station BY31 in the northwestern Baltic Proper.



▲ Figur 22. Säsongsmedelvärde beräknat på integrerade värden 0–20 m för sommarsäsongen juni–september, från station BY31. Man kan inte se någon tidsmässig förändring i relationen mellan arterna.

Long-term trends at the high-frequency sampling station BY31 (Landsort Deep). Mean value (June–September) of biovolume in integrated samples (0–20 m). The biomass ratio of the two dominant species shows no change with time, as has been suggested from studies in other areas.

Nodularia syns, men Aphanizomenon dominerar

Blomningar av blågröna alger återkommer varje sommar i Östersjön. Långtidsdata visar att Aphanizomenon finns i större mängder från juni till september medan Nodularia är mest talrik under juli-augusti (figur 21). Trots att Aphanizomenon dominerar under större delen av sommaren, är det framför allt Nodularia som människor och satelliter ser. Det beror på de två arternas olika krav på omgivningen.

Båda arterna reglerar sin position i vattenmassan med hjälp av gasblåsor i cellerna. Nodularia, som växer bra vid hög temperatur, starkt ljus och små närsaltsmängder håller sig gärna nära vattenytan under varma och soliga dagar. Under blåsiga dagar blandas den däremot ner i vattenmassan och syns inte.

Aphanizomenons förmåga att lagra fosfor och att kunna växa vid låga temperaturer, låg salthalt och i dåligt ljus gör däremot att den börjar växa ganska tidigt på säsongen. Den tål också att blandas djupare ner i vattenmassan om skiktningen är svag och klarar sig, till skillnad från Nodularia, bra med salthalten ända upp i Bottenhavet.

Aphanizomenon producerar således betydligt mer biomassa än den mer kräsna Nodularian under sommarsäsongen som helhet (figur 22). Om man däremot beräknar deras biomassa bara under högsommaren i de översta tio metrarna kan förhållandet bli det motsatta.

Ny forskning visar också att giftigheten hos Nodularia kan bero på det faktum att artens tillväxt sammanfaller med väldigt låga närsalthalter i ytvattnet. Nodularia är nämligen mest giftig när cellerna har brist på närsalter, framförallt på fosfor.

Blomningen som kraschade

Den totala mängden fosfor i Egentliga Östersjön har ökat med ca 20% från 1995 till 2000 beroende på utbredd syrebrist och en mycket stabil salthaltskiktning. Dessa stora mängder fosfor har lagrats i djupvattnet och riskerar på sikt att medföra ökade koncentrationer även i ytskiktet, vilket i sin tur kan öka blomningarna av kvävefixerande blågrönalger.

Den kraftiga algblomningen under sommaren 2002 föregicks mycket riktigt av höga fosfatkoncentrationer under vårvintern, vilket sannolikt bidrog till dess mäktighet tillsammans med den ovanligt varma våren och sommaren. Data från intensivstationen BY31 vid Landsortsdjupet visar att både Aphanizomenon och Nodularia började växa mycket tidigt på säsongen.

Redan i juni var båda arterna betydligt rikligare förekommande än vanligt och halterna i juni nådde långt över långtidsmedelvärdet (figur 21). För Nodularia blev även julivärdet högre än medel. Enligt satellitbilderna nådde

algblomningen sin maximala utbredning redan i mitten av juli. Koncentrationen av Nodularia var högst runt Gotland, men blomningen började och varade längst i norra Egentliga Östersjön där vattentemperaturen var högre och vädret lugnare än söderut.

Till skillnad från rekordåret 1997 observerades dock inga stora ytansamlingar senare än mitten av augusti, trots rekordhöga vattentemperaturer och soligt väder. Sommarmedelbiomassan av Nodularia spumigena blev visserligen högre än långtidsmedelvärdet, men betydligt lägre än 1997 (figur 22).

Nodularia gynnades under de extremt varma somrarna 1994, 1997 och 2002 och förhållandet mellan de två arterna var då till Nodularias fördel. Svenska kvantitativa data från 0-20 meters djup, beräknade som medelvärde för sommaren, visar däremot ingen tidsmässig förändring i relationen mellan arterna.

Källor:

Granéli, E., C Legrand, P. Carlsson, S. Y. Maestrini, C. Hummert, M. Reichelt, G. Johnsen, M. Johansson, J. Pallon, B. Luckas and E. Sakshaug. 2001. *Nitrogen or phosphorus deficiency favors the dominance and toxin content of harmful species in summer Baltic Sea phytoplankton.* Baltic Sea Science Congress, Stockholm, Sweden Abstract Volume pp. 41

Hajdu, S. 2002. *Phytoplankton of Baltic environmental Gradients: Observation on potentially toxic species.* PhD Thesis. Dept. of Systems Ecology, Stockholm University, Stockholm, Sweden 49 p.

Larsson, U., Hajdu, S., Walve, J. and R. Elmgren. 2001. *Baltic nitrogen fixation estimated from the summer increase in upper mixed layer total nitrogen.* Limnol. Oceanogr. 46(4): 811-820.

Walve, J. 2002. *Nutrient limitation and elemental ratios in Baltic Sea plankton. PhD Thesis.* Dept. of Systems Ecology, Stockholm University, Stockholm, Sweden 42 p.

HELCOM 2002. *Environment of the Baltic Sea area 1994-1998.* Baltic Sea Environment Proceedings No. 82 B. Baltic Marine Environment Protection Commission, Helsinki Commission. 215 pp.

English summary

Diazotrophs – an important nitrogen source

In the Baltic Sea the abundance of nitrogen-fixing cyanobacteria increases southward with an increasing amount of P and decreasing amount of N. New calculations show that cyanobacterial N_2 fixation in the Baltic Proper is higher than previously thought, between 180 – 430 thousand tonnes N/year. The upper limit estimate is almost as high as the entire riverine load and twice the atmospheric load of N. N_2 fixation is sufficient to sustain 30-90% of the pelagic net community production in summer, and thus important for the nourishment of pelagic zooplankton and fish. Present estimates of N_2 fixation in the Bothnian Sea are probably also too low, as *Aphanizomenon* abundance has been periodically high.

P has a critical role in controlling the dynamics of cyanobacterial blooms. The P stored in *Aphanizomenon* biomass in spring and early summer contributes significantly to their growth during the bloom. Low P content in both *Aphanizomenon* and *Nodularia* cells at the biomass peak strongly indicates that P controls their growth. The toxic *Nodularia* occurred mainly when phosphate concentration was low, and P deficiency may trigger the toxin production of this species.

In the northwestern Baltic Proper *Aphanizomenon* is abundant from June to September, and *Nodularia* during July and August, and *Aphanizomenon* produce a considerably higher biomass than *Nodularia*.

In 2002, N_2-fixing cyanobacteria reached unusually high amounts already in June, following high winter P concentrations in the water mass and sunny weather during spring and early summer. However, the extensive bloom declined rapidly in August and the summer mean biomass of the two dominating species was lower than in 1997, the highest value on record.

Since 1990 the biomass relation between *Nodularia* and *Aphanizomenon* has not changed, as has been suggested in other studies.