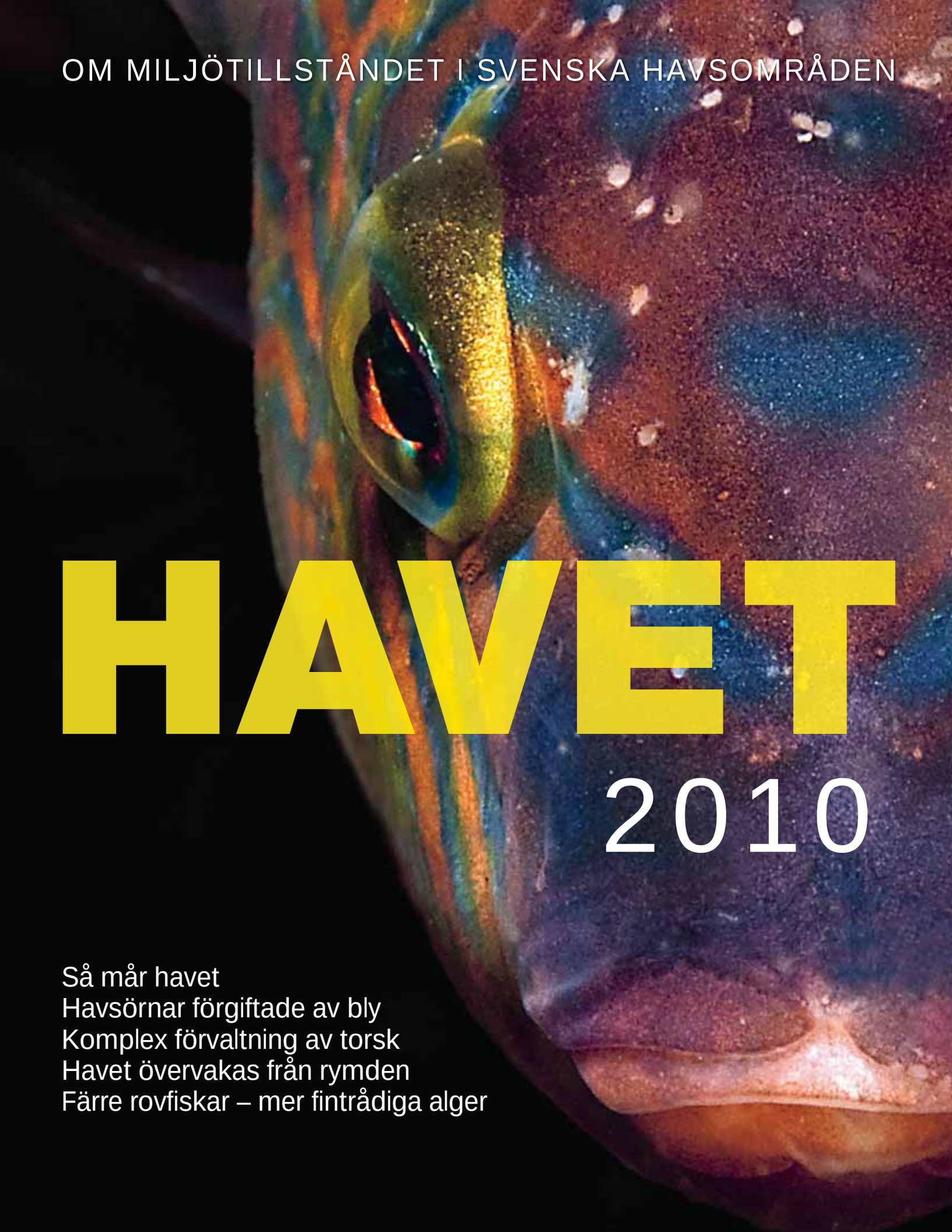


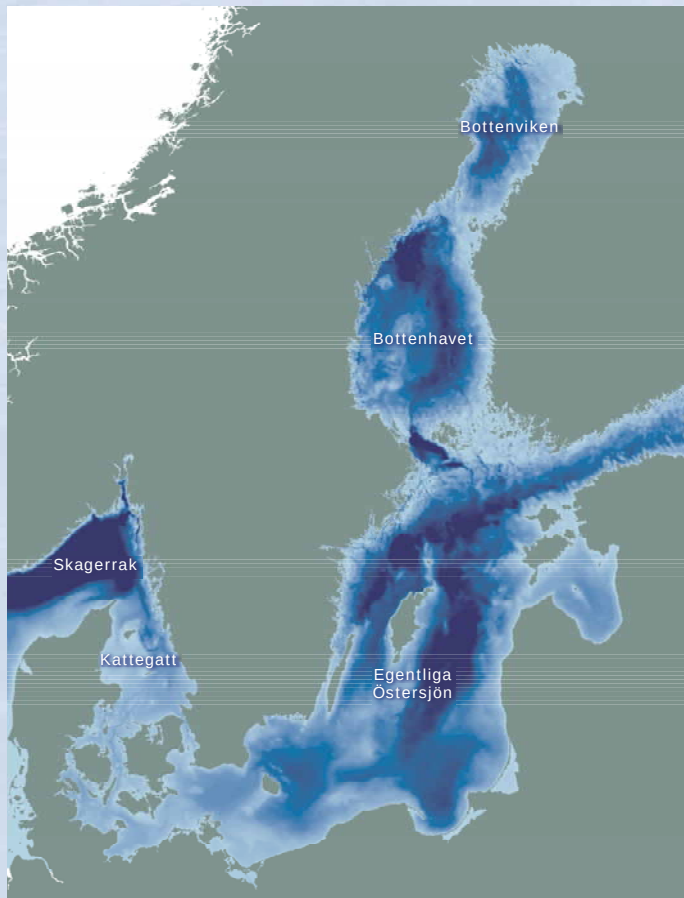
A close-up photograph of a fish's head, showing a large, detailed eye with a dark pupil and a reddish-orange iris. The fish's scales are iridescent, displaying a mix of green, blue, and gold colors. The background is dark and out of focus.

OM MILJÖTILLSTÅNDET I SVENSKA HAVSOMRÅDEN

HAVET

2010

Så mår havet
Havsörnar förgiftade av bly
Komplex förvaltning av torsk
Havet övervakas från rymden
Färre rovfiskar – mer fintrådiga alger



HAVET – om miljötillståndet i svenska havsområden ges ut av Naturvårdsverket och Havsmiljöinstitutet. Havsmiljöinstitutet är ett samarbete mellan Umeå universitet, Stockholms universitet, Linnéuniversitetet och Göteborgs universitet.

Rapporten utkommer årligen och kan laddas ned eller beställas kostnadsfritt på Internet: www.havet.nu

Redaktion

Kristina Viklund, huvudredaktör, kristina.viklund@havsmiljoinstitutet.se
 Ulrika Brenner, ulrika.brenner@havsmiljoinstitutet.se
 Annika Tidlund, annika.tidlund@havsmiljoinstitutet.se
 Marie Svård, marie.svard@havsmiljoinstitutet.se

Författarna ansvarar själva för innehållet i artiklarna.

Styrgrupp

NATURVÅRDSVERKET

Gunilla Ejdung
 Sverker Evans
 Tove Lundberg

HAVSMILJÖINSTITUTET

Enheten vid Umeå universitet

Kristina Viklund
 Johan Wikner

Enheten vid Stockholms universitet

Ulrika Brenner
 Tina Elfving
 Annika Tidlund

Enheten vid Linnéuniversitetet

Jonas Nilsson
 Stefan Tobiasson

Enheten vid Göteborgs universitet

Mats Lindegarth
 Per-Olav Moksnes
 Marie Svård

Grafisk form och original: Maria Lewander/Grön idé

Omslagsfoto: Tobias Dahlin/Azote. Skärsnultra (*Symphodus melops*) som vaktar sitt revir.

Tryck: DanagårdLITHO, 2010.

Upplaga: 7000 ex.



ISSN 1654-6741

ISBN 978-91-620-1281-6 (Naturvårdsverket)

ISBN 978-91-633-6946-9 (Havsmiljöinstitutet)

www.havsmiljoinstitutet.se

www.naturvardsverket.se

Ovanligt samarbete i myndighetsvärlden

JA, DÅ VAR DET DAGS IGEN. För oss redaktörer präglar produktionen av HAVET-rapporten vår tillvaro under en stor del av året. Att till slut få hålla rapporten i sin hand, bläddra i den, och därefter ta hand om alla beställningar, är verkligen en tid av tillfredsställelse. Roligast av allt är att ta emot läsarnas uppskattning i form av brev, e-postmeddelanden och telefonsamtal.

EN ENKEL RUNDFRÅGNING bland miljötjänstemän som arbetar med marina frågor visar att HAVET-rapporten är användbar och uppskattad. Vi är dock medvetna om att det finns möjlighet att ta ett steg vidare, så att den i ännu högre grad uppfyller önskemål om att ge en fullständig bild, en koncentrerad sammanfattning och en stringent tillståndsbedömning. Inte minst behöver den tvärvetenskapliga analysen av orsakerna till miljösituationen utvecklas.

SAMARBETE ÄR DET ORD som beskriver arbetet med HAVET-rapporten bäst. Själva grunden till rapporten är ett samarbete mellan Naturvårdsverket och Havsmiljöinstitutet. Naturvårdsverket ansvarar för all insamling och analys av en mängd olika parametrar i alla Sveriges havsområden, och ser till att alla inblandade utförare av miljöövervakning tillsammans rapporterar till redaktionen. Havsmiljöinstitutets enheter bidrar med miljöanalytisk kompetens, sammanställer sammanfattningen som inleder rapporten och ansvarar för det redaktionella arbetet. Naturvårdsverkets roll när det gäller rapporten kommer under kommande år att tas över av en ny myndighet för havs- och vattenmiljö. Produktionen av denna rapport tillsammans med Havsmiljöinstitutet har utpekats som en viktig uppgift för den nya myndigheten, och vi ser fram emot nya spännande utmaningar när det gäller detta för myndighetsvärlden ovanliga samarbetsprojekt.

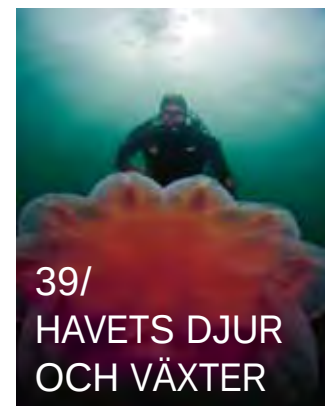
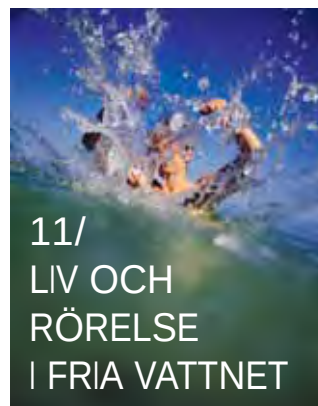
I ÅRETS RAPPORT belyser flera artiklar betydelsen av inflöden från Nordsjön till Östersjön. Frekvensen av dessa inflöden har varit låg under senare tid, vilket påverkar inte bara syreförhållanden utan även indirekt halterna av näringsämnena kväve och fosfor, skiktningen av vattenmassan och reproduktion av torsk. Dessa inflöden är en viktig pusselbit i diskussionen kring övergödning, blomning av cyanobakterier och fiskförvaltning i främst Egentliga Östersjön. HAVET-rapportens olika avsnitt visar på behovet av en ingående analys och syntes av kunskapsläget inom detta komplicerade område.

Även miljögiftssituationen kopplar till politiska beslut, och man kan med all önskvärd tydlighet se att resoluta åtgärder faktiskt har effekt. Kunskapsläget varierar för olika ämnen, och det tillkommer hela tiden nya ämnen som borde övervakas.

OM DETTA OCH MYCKET MER går att läsa i årets upplaga av HAVET-rapporten. Att värna om vår havsmiljö står högt på den politiska agendan, och förhoppningsvis utgör rapporten en viktig del i arbetet mot ett levande hav i balans.

Trevlig läsning
Redaktörerna

Innehåll



Så mår havet 2010 – sammanfattning	4
Havsmiljöns tillstånd ur miljömålsperspektiv	6

Blir stormarna färre?	12
🔍 <i>Meteorologi och hydrologi</i> ...	13
Brunifiering av våra vatten	15
🔍 <i>Belastning på havet</i>	17
Inflöden viktiga för Östersjön ...	19
🔍 <i>Oceanografi</i>	22
Växtplanktonproduktion	26
🔍 <i>Pelagial biologi</i>	30
Blågrönalger i Östersjön	35

Ett år för biologisk mångfald ...	40
🔍 <i>Vegetationsklädda bottenar</i> ...	44
När syret återvänder	46
🔍 <i>Makrofauna mjukbotten</i>	50
Regionala provfiskeområden	52
🔍 <i>Kustfisk bestånd</i>	56
Svensk torsk i tid och rum	57
🔍 <i>Utsjöfisk</i>	60
Rovfisk påverkar vegetation	62

Så läser du HAVET 2010

Rapporten HAVET ges ut varje år för att erbjuda en regelbunden uppdatering av hur tillståndet i våra svenska havsområden ser ut. Utgångspunkten är den nationella miljöövervakningen, vars marina del presenteras i kapitlet Fakta om nationell miljöövervakning.

Rapporten inleds med en sammanfattande beskrivning av de olika havsområdenas aktuella tillstånd samt statusen i relation till miljömålen. De följande kapitlen är grovt indelade efter ämne, och innehåller både tematiska artiklar och årligen återkommande tillståndsbedömningar med fördjupande artikeltexter.

Ljusgröna sidor, märkta med ett förstöringsglas, markerar sådan årlig statusbedömning utifrån den nationella miljöövervakningen.

Figurerna visar, om inget annat anges, medelvärden med 95 % konfidensintervall samt eventuellt signifikanta trendlinjer. I många figurer har värdena också relaterats till vattendirektivets statusklasser, där färgerna representerar de olika tillståndsklasserna.

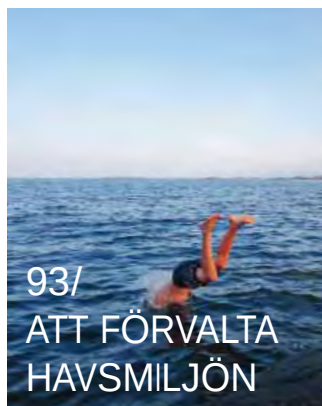


Bedömningsgrundernas tillståndsklasser

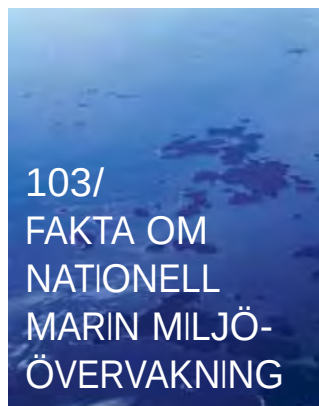




65/ MILJÖGIFTER OCH DERAS EFFEKTER



93/ ATT FÖRVALTA HAVSMILJÖN



103/ FAKTA OM NATIONELL MARIN MILJÖ- ÖVERVAKNING



111/ ADRESSER TILL HAVSMILJÖ- SVERIGE

PAH-halter varierar	66	Vart tar alla data vägen?	94	Belastning på havet	104	Adresser till havsmiljösverige	111
Åtgärder får effekt	68	Kosterhavets nationalpark	96	Fria vattenmassan	105	Havsmiljöansvariga i kustlänen	111
🔍 Miljögifter i biota	70	Miljöövervakning från rymden	100	Vegetationsklädda bottenar	105	Kontaktpersoner för miljöövervakningen	112
Döda bottenar håller miljögifter ..	73			Makrofauna mjukbotten	105	Kontaktpersoner för övriga artiklar i Havet 2010 ...	112
🔍 Miljögifter i sediment	74			Metaller och organiska miljögifter	106		
Biologiska effekter	77			Kustfisk	108		
🔍 TBT-effekter	81			Utsjöfisk	109		
🔍 Kustfisk hälsa	83			Embryonalutveckling hos vitmärta	109		
🔍 Vitmärslans embryon	84			Säl och havsörn	110		
Havsörnar dör av blyförgiftning	85						
🔍 Havsörnens reproduktion ...	88						
Gråsäl som indikator	89						
🔍 Sälpopulationer	92						

SÅ MÅR HAVET 2010

KATTEGATT S

- 8 Övergödning: Syreförhållandena i Kattegatt har förbättrats de senaste decennierna, men trots detta har tillståndet för bottenlevande djur försämrats och visar idag endast måttlig status. Orsaken är oklar. På flera kustlokaler har dock en återhämtning skett det senaste året. Statusklassningen för växtplankton är måttlig.
- 8 Miljögifter: Halterna av TBT och hormonstörningar hos snäckor minskar i kontrollområden.
- 8 Fiske: På grund av överfiske har beståndet av torsk i Kattegatt minskat till ett historiskt minimum. I Öresund, där trålförbud råder sedan många år, är däremot beståndet starkt och torsken storväxt. Rekryteringen av ål är på historiskt låg nivå i hela landet och arten hotas av utrotning.

SKAGERRAK S

- 8 Övergödning: I öppet hav ses inga negativa effekter av övergödning medan situationen är otillfredsställande i Skagerraks kustvatten. I instängda fjordområden råder ofta syrebrist. Mattor av fintrådiga alger är fortfarande vanliga i grunda vikar. Ingen återhämtning av förlorade ålgräshabitat har skett. De senaste 10 åren har djuputbredningen av algen skräppetare minskat dramatiskt.
- 8 Miljögifter: Halterna av organiska miljögifter och tungmetaller i djur och sediment är generellt lägre i Västerhavet jämfört med Östersjön, och uppvisar i de flesta fall god status. I Skagerrak fortsätter effekterna av det giftiga ämnet TBT från båtbottnfärger att minska.
- 8 Fiske: Flertalet av de stora matfiskarna i Västerhavet är starkt reducerade av fisket, och beståndens fortlevnad i svenska vatten är hotad. Trålfisket hotar också att lokalt utrota flera arter av rockor och större bottenlevande djur. Förlusten av stora rovfiskar från kustekosystemen i Skagerrak antas vara en bidragande orsak till att grunda vikar fylls av fintrådiga alger och att ålgräset försvinner.

EGENTLIGA ÖSTERSJÖN S

- 8 Övergödning: Statusen hos bottenlevande djur i provtagna områden är generellt god, medan statusen för växtplankton endast är måttlig. På djupare bottnar är utbredningen av syrefria områden stor, sett i ett historiskt perspektiv. Ökad syrebrist medför att halten fosfor ökar och halten kväve minskar i vattenmassan. I kustområdet uppvisar de bottenlevande växterna fortsatt god status, och utbredningen av blåstång har ökat i de norra delarna av Egentliga Östersjön.
- 8 Miljögifter: Halterna av organiska miljögifter och tungmetaller i djur och sediment är fortsatt förhöjda, och uppvisar dålig status i flera fall. Många av de klassiska miljögifterna, såsom PCB och DDT, har minskat dramatiskt sedan 70-talet. Några ämnen visar oroande ökande trender, bland annat HBCD och PFOS. Blyförgiftning från ammunition har identifierats som ett potentiellt problem för havsörn i hela Östersjöområdet.
- 8 Fiske: Torskbeståndet öster om Bornholm har ökat sedan 2005, men är fortfarande på en historiskt låg nivå. Förlusten av torsk de senaste decennierna antas ha lett till ett ekosystemskifte i Östersjöns utsjöområde, där skarpill ökat och djurplankton minskat.

BOTTENVIKEN S

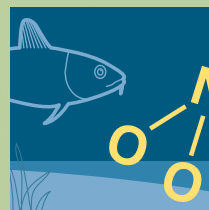
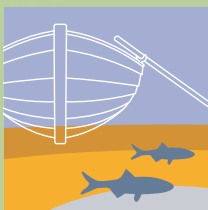
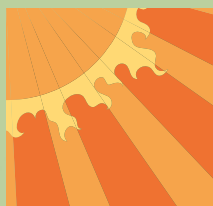
- 8 Övergödning: Närings- och syresituationen är god i det öppna havsområdet medan enstaka kustområden med direkta utsläpp tycks vara påverkade av övergödning. Abundansen av vitmärla är fortfarande låg.
- 8 Miljögifter: Halterna av dioxin och perfluorerade ämnen i organismer är för höga, medan PCB och HCB numera förekommer i acceptabla halter. I sedimenten förekommer förhöjda halter av arsenik, kobolt och zink. Beståndet av vikaresäl tillväxer endast hälften så snabbt som förväntat. Orsaken är oklar, men miljögifter kan inte uteslutas som förklaring.
- 8 Fiske: Sikbestånden har minskat sedan 1990-talet i hela Bott-niska viken. Beståndet av öring är mycket svagt. En viktig orsak antas vara att ung öring fångas som bifångst i sikfisket. Beståndet av siklöja i norra Bottenviken har efter en återhämtning åter minskat på grund av en svag rekrytering de senaste åren.

BOTTENHAVET S

- 8 Övergödning: Näringsituationen i utsjön bedöms som normal, även om fosfathalterna visar en ökande trend och syrehalterna minskar. Förändringarna antas bero på inströmmande djupvatten från Egentliga Östersjön. Förhöjd näringsnivå råder i några inneslutna kustområden med direkta utsläpp.
- 8 Miljögifter: Halterna av dioxin i fet fisk är fortfarande generellt förhöjda. I fet konsumtionsfisk överstiger halterna ofta EU:s gränsvärde. I sedimenten bedöms halterna av arsenik och zink vara för höga. Havsörnens reproduktion i Bott-niska viken ligger på en nivå strax under referensnivån.
- 8 Fiske: Abborrbeståndet är starkt och strömmingens lekbiomassa är stabil sedan tjugo år. Gråsälens minskade späcktjocklek är ett möjligt tecken på näringsbrist orsakad av mager bytesfisk. Rekryteringen av vild lax har ökat de senaste åren.

Havsmiljöns tillstånd ur miljömålsperspektiv

PER-OLAV MOKSNES, TINA ELFWING, STEFAN TOBIASSON & JOHAN WIKNER, HAVSMILJÖINSTITUTET



Illustrationer: Tobias Flygar



Det övergripande målet med svenskt havsmiljöarbete är att uppnå en god miljö, där havets resurser kan nyttjas uthålligt av oss människor. För att rätt förvaltningsåtgärder ska kunna genomföras behövs en noggrann beskrivning av miljötillståndet, liksom var störningar förekommer och deras orsaker. De miljömål som riksdagen beslutat om är ett viktigt redskap för att arbetet ska kunna genomföras strukturerat och effektivt.

I detta avsnitt sammanfattas de viktigaste tillståndsbedömningarna under de miljömål som har relevans för havsmiljön. Avsnittet bygger primärt på resultaten som redovisas i rapporten, men även resultat från forskningslitteratur och andra rapporter har vägts in.

GIFTER I MILJÖ



■ Kemikalieanvändningen ökar, och en stor andel ämnen når förr eller senare havet. Många ämnen har en långsam nedbrytning, vilket gör att halterna i miljön kommer att vara ett problem under lång tid. Särskilt problematiskt är det med utsläpp till det grunda och inneslutna Östersjön, där det begränsade vattenutbytet ger en mindre utspädning jämfört med utsläpp i andra havsområden. Uppmätta halter i biologiskt material är också generellt högre i Östersjön än i Västerhavet. Ett undantag är vissa perfluorerade ämnen, PFOSA. Dessa är relativt lättnedbrytbara, varför de höga halterna i Västerhavet indikerar närliggande, okända utsläppskällor.

Många av de klassiska klorerade miljögifterna har högst halter i Egentliga Östersjön, med nivåer som avtar norrut. Samma mönster gäller för bromerade flamskyddsmedel. Dioxinnivåerna däremot, är högst i Bottenhavet, speciellt när prover på konsumtionsfisk tas. Halterna

bedöms ligga på oroande höga nivåer, och i fet konsumtionsfisk överskrider de ofta EU:s gränsvärde. En konsekvens av detta är att Sverige och Finland endast får sälja sådan fisk på den inhemska marknaden och till icke-medlemsländer.

I näringskedjans topp

Långlivade ämnen anrikas ofta i arter högt upp i näringskedjan. Havsörn och säl var tidigare starkt hotade av PCB och DDT. I takt med att insatta åtgärder har resulterat i minskande halter så har bestånden återhämtat sig. Det finns dock flera signaler på att situationen fortfarande är allvarlig för dessa rovdjur, men idag av andra skäl. Ett stort antal havsörnar har konstaterats ha kraftigt förhöjda halter av bly, trots att blyhalterna i miljön minskar. Sannolikt beror detta på att många örnar utnyttjar skjutet vilt som föda. Funna rester av blyhagel och kulsplitter stärker detta antagande.

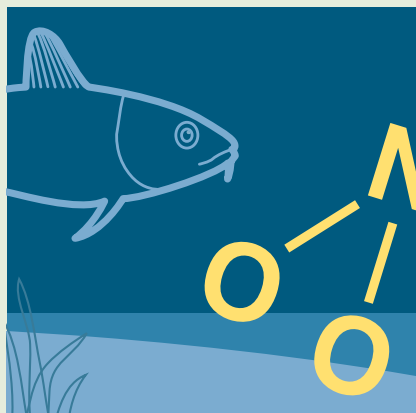
Sillgrissla är en lämplig art för att övervaka föroreningar i Östersjön. Den flyttar ofta inte längre än till södra Egentliga Östersjön på vintern och äter huvudsakligen skarpsill och strömming. Dess ägg har ett relativt högt fetthinnehåll, vilket gör dem lämpliga för analyser av fettlösliga miljögifter. Analyser av det bromerade flamskyddsmedlet HBCD visar att halterna ökar med cirka tre procent per år i sillgrisslägg. Ökande halter av detta ämne har också uppmätts i unga gråsäl. Det långlivade impregneringsmedlet PFOS visar också oroande höga halter i både fisk och sillgrisslägg.

Positivt och negativt

För de flesta ämnen har vi mycket begränsad kunskap om vad de har för effekter i miljön. Dessutom dyker nya och okända miljögifter upp. Inom effektövervakningen studeras olika arter, och vi kan tidigt få signaler om att något inte står rätt till.

En positiv utveckling de senaste åren är att TBT från båtottenfärger och relaterade skador på snäckor från västkusten generellt sett har minskat i frekvens. Motsvarande övervakning i Östersjön behöver ytterligare några år på sig innan uttalanden om förändringar kan göras.

Kräftdjuret vitmärka, som lever i Östersjöns bottensediment, kan ge indikationer på miljögiftbelastning, eftersom dess embryon uppvisar missbildningar då de utsätts för miljögifter. Dessa missbildningar har minskat på referensstationerna i norra Bottenhavet och Egentliga Östersjön, vilket skulle indikera en minskad sammanlagd belastning i dessa områden de senaste åren. Återkomsten av säl och havsörn är de riktigt stora positiva effektförändringarna, men det finns fortfarande oroande tecken. Ett sådant är att havsörnen längs Bottniska vikens kust får färre ungar per kull än i andra områden. Även gråsäl uppvisar tecken på nedsatt hälsa, såsom tarmsår och minskat späcklager, men det är oklart om detta beror på miljögifter eller storskaliga ekosystemförändringar. Abborren från referensstationen i Kvädöfjärden fortsätter att uppvisa ökning av avgiftningsevenzym i levern. Orsaken är ännu inte klarlagd. S



■ På 1960- och 1970-talen vidtogs kraftfulla åtgärder mot fosforutsläpp från reningsverk och industrier. Detta har lett till stora förbättringar i många havsvikar och skärgårdar. Under 1990-talet infördes kväverening vid större kustnära reningsverk från norska gränsen till Norrtälje. Samtidigt intensifierades åtgärdsarbetet mot kväveförluster från jordbruksmark i södra Sverige. Trots dessa ansträngningar har inte närsaltbelastningen till våra havsområden eller uppmätta halter i öppet hav minskat i motsvarande grad. I Egentliga Östersjön anses det senare bero på att syreförhållanden i stor utsträckning påverkar halterna av både fosfor och kväve.

Syrebrist påverkar närsalter

Ytan med syrefria bottenar i de djupare delarna av Östersjön har fördubblats det senaste decenniet, vilket inte tycks kunna förklaras av ökade halter av närsalter eller ökad primärproduktion. Huvudorsaken anses vara en minskning av stora saltvatteninbrott, som behövs för att syresätta vattnet i Östersjön. Vid syrebrist frisätts fosfor från sediment, medan kväve lämnar systemet som kvävgas. De höga fosforhalter och minskade kvävehalter som observerats i Egentliga Östersjön det senaste decenniet bedöms därför till stor del bero på ökad syrebrist i djuphållorna. Den ökade mängden tillgängligt fosfor gynnar cyanobakterier, och kan ha bidragit till att dessa arter har ökat i delar av Egentliga Östersjöns kustvatten.

Den ökade utbredningen av syrefria områden i Egentliga Östersjön anses också förklara varför syrehalterna mins-

kat i Bottenhavet de senaste decennierna, eftersom Bottenhavets djupvatten bildas av syrefattigt vatten som strömmar in från norra Egentliga Östersjön.

Varierande kustförhållanden

Trots att arean av de syrefria bottenarna ökat i Östersjön har utvecklingen varit positiv i flera kustområden de senaste åren. I Bottniska viken är den ekologiska statusen huvudsakligen god eller hög. I Egentliga Östersjön är tillståndet måttligt eller sämre i huvuddelen av kustvattenförekomsterna. Växtplankton har i många fall varit avgörande för tillståndsklassningen, medan både mjukbottendjuren och makrovegetationen uppvisar övervägande gott tillstånd vid kusten. Blåstångens utbredning ökar i de norra delarna, och arten finns nu på alla övervakningslokaler för första gången sedan 1974, vilket indikerar en förbättrad vattenkvalitet. I grunda, instängda vikar är dock algmattor fortfarande vanligt förekommande, vilket tyder på övergödning. I Blekinge har ingen återhämtning skett av blåstång efter den kraftiga minskningen i utbredning på 1990-talet.

I Västerhavet är den ekologiska statusen huvudsakligen måttlig eller sämre. I Kattegatt bedöms exempelvis mjukbottenfaunan fortfarande endast ha måttlig status på en majoritet av provtagningslokalerna, efter en minskning av arter och biomassa det senaste decenniet. Orsaken till nedgången är oklar. Ett positivt tecken är dock att en majoritet av de kustnära lokalerna i Halland nu visar god status för mjukbottenfauna. I Skagerraks utsjöområden ses inga negativa effekter av övergödning, medan situationen är otillfredsställande i kustvattnen. Instängda fjordområden har fortfarande problem med syrebrist, och kustvegetationen visar tydliga tecken på övergödning.

Övergödning och överfiske

En av de tydligaste effekterna av övergödning är ökad förekomst av snabbväxande alger längs kusten och ökad grumlighet i vattnet. I Bohuslän har exempelvis vegetation längs kusten genomgått en storskalig förändring de senaste decennierna. Utbredningen av fintrådiga algmattor

har ökat dramatiskt, och utbredningen av ålgräs har mer än halverats. Huvudorsaken bedöms vara ökad närsaltsbelastning i kustområdet som gynnat snabbväxande alger och försämrat ljustillgången för ålgräset. Nya studier tyder dock på att även överfiske kan ha bidragit till situationen. När stora rovfiskar försvinner från kusten uppstår en trofisk kedjereaktion som minskar algbetande kräftdjur och gynnar tillväxten av fintrådiga alger. Även i grunda vikar i Östersjön kan detta vara en förklaring till omfattande utbredning av fintrådiga alger. För att komma till rätta med problemen kan det därför behövas åtgärder både för att minska övergödning och överfiske.

Sämre status i Helcom-bedömning

Inom miljöövervakningen mäts och bedöms ett flertal variabler som kopplar till övergödning, såsom halter av näringsämnen, växtplankton, fastsittande vegetation, syreförhållanden och djursamhällets sammansättning på djupare bottenar. Eftersom variablerna kan påverka varandra eller påverkas av andra faktorer än ökad närsaltsbelastning måste en samlad bedömning göras av övergödningssituation för att kunna sätta in lämpliga åtgärder. En svårighet med att få en internationellt enhetlig bedömning av Östersjöns tillstånd är att olika länder idag använder olika bedömningsgrunder. I ett försök att harmonisera detta har Helcom, tillsammans med experter från deltagande länder, utvecklat det gemensamma bedömningsverktyget Heat. Bedömningarna baseras på referens- och avvikelsevärden som antagits av de deltagande experterna. Principerna för dessa är enhetliga inom Helcom-området, men värdena är anpassade för respektive havsbassäng. Klorofyll *a* är den enda variabel som varit tillgänglig för många områden, och har därför fått stor betydelse i bedömningen. Klassningarna i Heat ger genomgående en sämre status för de flesta bassänger i jämförelse med svenska bedömningar. Endast Bottenviken och nordöstra Kattegatt ges godkänd nivå. **S**

ETT RIKT VÄXT- OCH DJURLIV



■ Miljöövervakningen i våra havsområden är ett viktigt redskap i arbetet med att uppnå och följa upp ovanstående mål.

Fisket ett hot

Det kommersiella fisket utgör ett av de största hoten mot biologiskt mångfald i svenska hav. Enligt Artdatabanken är idag 24 svenska fiskarter rödlistade, och nästan samtliga av dessa är överfiskade kommersiella arter eller arter som fångas som bifångst vid bottentrålning. Många av våra mest uppskattade matfiskar är akut eller starkt hotade i svenska vatten. Det gäller bland annat ål, torsk, bleka, kolja, långa, pigghaj, havskatt och hälleflundra. De flesta av de storväxta haj- och rockarter som fångas som bifångst är också starkt hotade, och slätrockan är redan nationellt utdöd.

Fiske med bottentrål ger även negativa effekter på bottenfauna, framför allt på större, långlivade organismer såsom många korall- och svampdjur. Kunskap om förekomst och skydd av speciellt känsliga arter är nödvändig för att

undvika bestående skador på den biologiska mångfalden. Nya studier tyder på att överfiske kan förändra näringsväven i kustekosystemen så att snabbväxande alger gynnas, vilket tillsammans med övergödning leder till att ålgräs och tång försvinner från kusten.

Kustvegetation viktig

I kustekosystem är stora alger och sjögräs viktiga för den lokala biodiversiteten, eftersom de ger en livsmiljö för många fastsittande växter och djur och ger skydd åt kräftdjur och fiskar som annars inte kan överleva i området. Dessa miljöer och den biologiska mångfald de rymmer är idag hotade i flera områden.

I Bohuslän har utbredningen av ålgräs minskat med cirka sextio procent sedan 1980-talet. Då ålgräset försvinner och ersätts av oöväxt sedimentbotten minskar diversiteten av alger, kräftdjur och fiskar dramatiskt i området. Eftersom ålgräs utgör en viktig uppväxtmiljö för bland annat torsk och ål ger förlusten också negativa effekter för arter som redan hotas av överfiske. Ännu har ingen återhämtning av de förlorade bestånden skett. De senaste tio åren har även utbredningen av den stora brunalgen skräppetare minskat kraftigt på klippbottenarna i Bohuslän och längs norska sydkusten. När taren försvinner ersätts den av fintrådiga alger med minskat djurliv som följd. En liknande utveckling har skett längs Blekingekusten, där blåstången försvann från stora områden under 1990-talet. Inte heller här har någon betydande återhämtning skett.

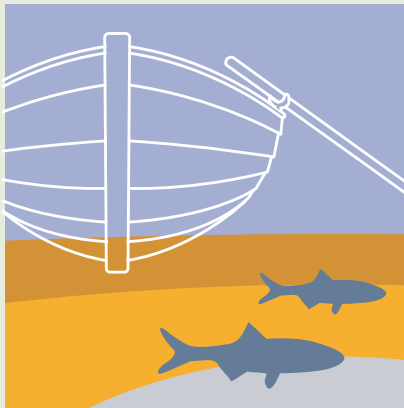
Genetisk mångfald

Genetisk mångfald innebär att arten eller populationen har en stor mängd genetiska varianter på grund av lokala anpassningar eller historiska processer. I Östersjön hittas exempelvis många marina arter som anpassats till den låga salthalten, såsom blåstång, ålgräs, blåmussla och torsk. Dessa Östersjöpopulationer skiljer sig genetiskt från samma art i Västerhavet, och om de försvann skulle de inte på kort sikt kunna ersättas med individer från Västerhavet. Populationerna i Östersjön uppvisar oftast lägre genetisk variation än de i Västerhavet, vilket gör dem mer sårbara för förändringar. Ett exempel på en sådan sårbar population är knubbsål i Kalmarsund.

Ett annat exempel på betydelsen av genetisk mångfald är torsken. Nya studier visar att torsken i de svenska havsområdena består av flera separata populationer som anpassat sig till lokala miljöförhållanden, och som alla har sina unika lekplatser. Längs västkusten har det tidigare funnits många lokala kustpopulationer av torsk i fjordarna, men många har utrotats av överfiske innan man insåg att de skiljde sig genetiskt från Nordsjötorsken. Idag är torsken fredad i flera fjordsystem i ett försök att bevara de återstående kustpopulationerna.

Eftersom en förlust av genetisk variation är mycket svår att reparera är det bästa sättet att bevara den genom skydd. Östersjöns populationer utgör ofta en unik genbank som gör dem extra skyddsvärda, även om de är relativt små. S

HAV I BALANS SAMT LEVAND KUST OCH SKÄRGÅRD



■ Ett hav i balans är starkt förknippat med förekomst av livskraftiga bestånd av fisk och skaldjur. Dessvärre är många svenska fiskarter så starkt överfiskade att både fisken och fisket är hotat. Dessutom visar studier att medelstorleken av de flesta kommersiellt fiskade arter har minskat till mindre än hälften under de senaste fyrtio åren. Beståndet av torsk i Öresund utgör ett undantag. Där har trålförbud rått sedan många år, och torskarna är storväxta och talrika.

Nya studier tyder på att överfisket inte bara påverkar fiskbestånden, utan kan få effekter på hela ekosystem. Forskning visar att minskningen av torsk kan ha lett till ett ekosystemsifte i Östersjöns utsjöområde, som inneburit att skarpsill ökat och djurplankton minskat, vilket i sin tur kan försvåra torskens återväxt. Andra studier tyder på att förlusten av stora rovfiskar från kustekosystemen har lett till en trofisk kedjereaktion som tillsammans med övergödning lett till att ålgräs och tång försvunnit från stora arealer. Eftersom ålgräs och tång utgör viktiga uppväxtmiljöer för stora rovfiskar såsom torsk, kan en negativ spiral skapas där överfiske minskar utbredningen av fiskens uppväxthabitat, vilket i sin tur minskar fiskbestånden ytterligare.

Ekosystemförvaltning

För att komma tillrätta med dessa problem måste svenska kust- och havsområden förvaltas som hela ekosystem. Åtgärder bör sättas in både för att återfå stora rovfiskar och för att minska

utsläppen till våra havsområden. För detta krävs en samordning av miljö- och fiskeriförvaltningen där fisken ses som en viktig del av den marina miljön. Den nya myndigheten för havs- och vattenmiljö kan vara ett steg i den riktningen.

För att få en levande kust och ett nyttjande av havet på ett uthålligt sätt krävs också nya sätt att förvalta fisket. Införandet av områden med begränsat fiske i vissa kustområden och totalt fiskeförbud i sydöstra delen av Kattegatt är sådana exempel. Likaså införandet av selektiva redskap och större maskstorlek vid trålfiske efter torsk. Bildandet av marina reservat kan vara ett annat sätt att främja ett hållbart nyttjande. Landets första marina nationalpark i Kosterhavet är ett unikt exempel på hur man kan kombinera ett långsiktigt brukande med bevarandemål. **S**

BEGRÄNSAD KLIMATPÅVERKAN



■ Vattentemperaturen har ökat i Västerhavet och Egentliga Östersjön sedan början av 1990-talet. Detta påverkar tillväxt och utbredning av många olika arter.

Tänglaken, som är en kallvattenfisk, har under senare år blivit mindre vanlig och växer långsammare. Abborren, som trivs i varmt vatten, växer snabbare. Vikarsälen är beroende av is för sin fortplantning och förväntas få minskad tillväxt vid ett varmare klimat. En ökande mängd löst koldioxid i vattnet sänker pH. Detta kan få negativa konsekvenser för de organismer som är beroende av att inlagra kalk, vilket innefattar en majoritet av havets djur och många växtplanktonarter.

Betydelsefull salthalt

I ytvattnet har salthalten minskat i alla havsområden förutom Skagerrak sedan slutet av 1980-talet. Hur salthalten kommer att förändras av klimatföränd-

ringen beror dock till stor del på hur nederbörd och frekvens av saltvattensinbrott förändras. Flera modellscenarier visar på en sötare framtid, men det finns också forskare som hävdar att det kan bli saltare i Östersjön. Salthalten är avgörande för artsammansättningen i Östersjön, som idag är en unik blandning av arter med både salt- och sötvattensursprung. Salthalten har också stor betydelse för hur effektivt djupvattnet syresätts och därmed syrebristens omfattning.

Den sammanlagda effekten av klimatförändringen på såväl enskilda arter som ekosystemet som helhet är svårbedömd i dagsläget. **S**



LIV OCH RÖRELSE I FRIA VATTNET

Blir stormarna färre?
Brunifiering av våra vatten
Inflöden viktiga för Östersjön
Växtplanktonproduktion
Blågrönalger i Östersjön

Blir stormarna färre?

SVERKER HELLSTRÖM, SMHI

Under år 2009 lyste stormarna runt Sveriges kuster med sin frånvaro. Detta skulle kunna tänkas vara en effekt av ett förändrat klimat, men dataunderlaget är för litet för att säkert dra sådana slutsatser. Teoretiska beräkningar av stormfrekvensen visar möjligen en svag nedåtgående tendens, men det stormfria året 2009 kan också vara en tillfällighet.

■ Under år 2009 inträffade den längsta kända stormfria perioden i svenska farvatten. Från den 25 november 2008 fram till 24 december 2009 rapporterade ingen svensk kuststation ett enda tillfälle med stormvindar. Hittills under detta sekel har ytterligare två nästan lika långa stormfria perioder förekommit, nämligen 5 mars 2000 till 16 februari 2001 och 15 november 2005 till 26 oktober 2006. Eftersom storm-

frekvens är en av de faktorer som man förväntar sig kommer att påverkas av de pågående klimatförändringarna, kan man fråga sig om de uteblivna stormarna är en effekt av ett förändrat klimat.

Temperaturkontraster ger oväder

Varmare atmosfär och havsvatten leder troligen till ökad mängd vattenånga i atmosfären och därmed frigörelse av större

FAKTA

Geostrofisk vind

Vind har mätts sedan en mycket lång tid tillbaka, men dessa mätningar är inte jämförbara över tiden. Dels finns en rad tekniska svårigheter med att mäta vindens hastighet, dels har mätarna av praktiska skäl placerats på olika höjd. Vinden har även påverkats tydligt av närliggande hus, kullar och vegetation, och mätinstrumenten har flyttats eller bytts ut.

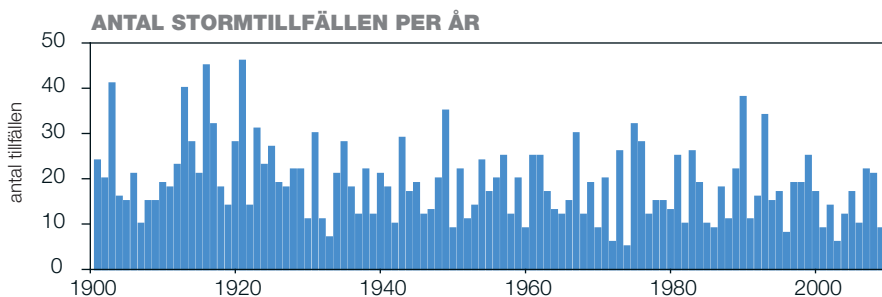
Ett sätt att ändå få en uppfattning om hur vinden kan ha varierat över en längre period är att utgå från lufttrycksobservationer och beräkna den så kallade geostrofiska vinden. Det är ju bland annat skillnader i lufttryck som ger upphov till vind, och dessa mätningar har varit mycket stabila under lång tid. Det finns andra faktorer som kan göra att den geostrofiska vinden inte stämmer helt överens med den verkliga vinden, men på våra breddgrader fungerar dessa beräkningar ändå relativt väl.

energi i samband med kondensationsprocesser. I tropikerna kan ovädersfrekvensen påverkas av sådana processer. På våra breddgrader kan möjligtvis småskaliga oväder öka, främst sommartid.

Men de storskaliga ovädren och lågtrycken på våra breddgrader är framför allt drivna av temperaturkontrasten mellan pol och ekvator. Denna kommer troligen att minska eftersom polerna i framtiden väntas värmas upp snabbare än mer ekvatorsnära trakter. Detta borde ha en dämpande effekt på stormfrekvensen.

Vindhastighet beräknas från lufttryck

För att närmare undersöka om stormfrekvensen förändrats i Sverige har vi gått tillbaka drygt 50 år i SMHI:s årsböcker, där observationer av höga vindhastigheter finns publicerade. Metoden för att mäta vindhastighet har dock ändrats under den tiden. Det visar sig tyvärr att det endast är under de senaste 15 till 20 åren som vindhastigheterna har mätts med så pass enhetliga och objektiva metoder att direkta jämförelser av vindobservationer är meningsfulla.



➤ Antal stormtillfällen, det vill säga tillfällen där vindstyrkan överskridit 25 meter per sekund, i området Göteborg-Visby-Lund. Vindstyrkan är beräknad utifrån stabila lufttrycksmätningar (geostrofisk vind) och ger en mer pålitlig bild av utvecklingen jämfört med direkta mätningar av vindstyrkan. Figuren visar inga drastiska förändringar i tid.

För att över längre tidsperioder få en mer realistisk uppfattning om förändringar i vindklimatet måste man använda en indirekt metod. Till skillnad från mätningar av vindhastighet finns sedan lång tid tillbaka goda observationer av lufttryck. Eftersom vindhastigheten är beroende av skillnader i lufttryck kan man utnyttja dessa skillnader för att beräkna den geostrofiska vinden, vilket är en teoretiskt genomsnittlig vindhastighet beroende av lufttrycksgradienten.

Den geostrofiska vinden för området Göteborg-Visby-Lund visar inga drastiska förändringar i stormfrekvensen, men man kan ana en svagt avtagande trend. Den långa stormfria perioden under år 2009 passar in i detta mönster, men kan som enskild företeelse naturligtvis också vara en tillfällighet. S

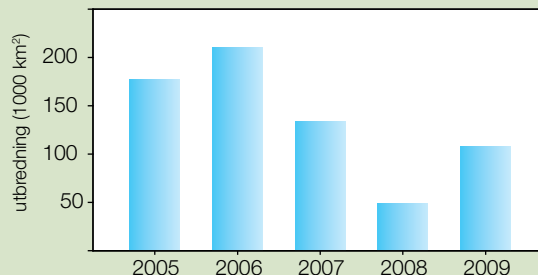
Meteorologi och hydrologi

Gunn Persson & Amund E.B.Lindberg, SMHI

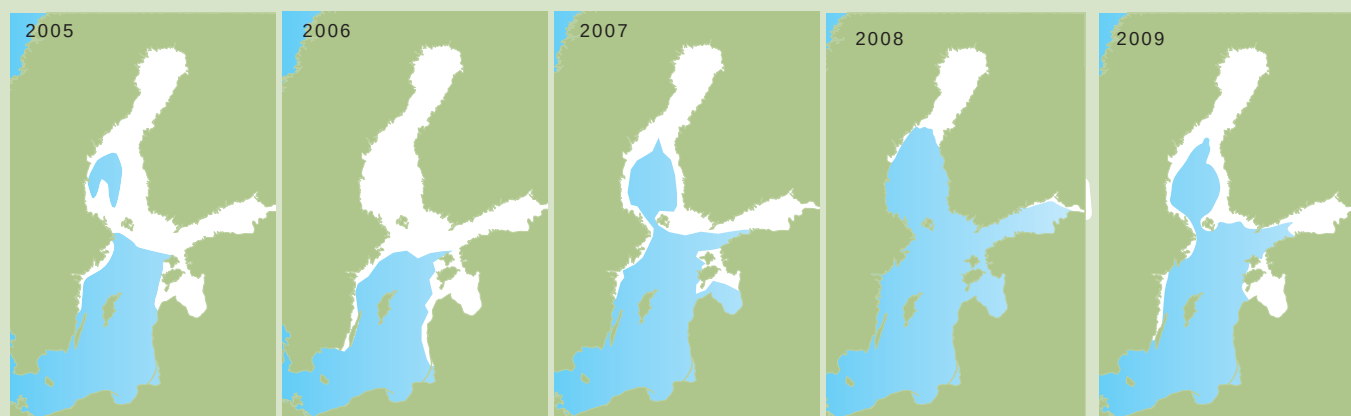


Isutbredningen i Östersjöregionen (inklusive Skagerrak och Kattegatt) har minskat. Samtliga år förutom 2006 var isutbredningen mindre än medelvärdet för perioden 1900 – 2009. Isutbredningen 2008 var den minsta uppmätta sedan 1900, då mätningarna startade. ↵

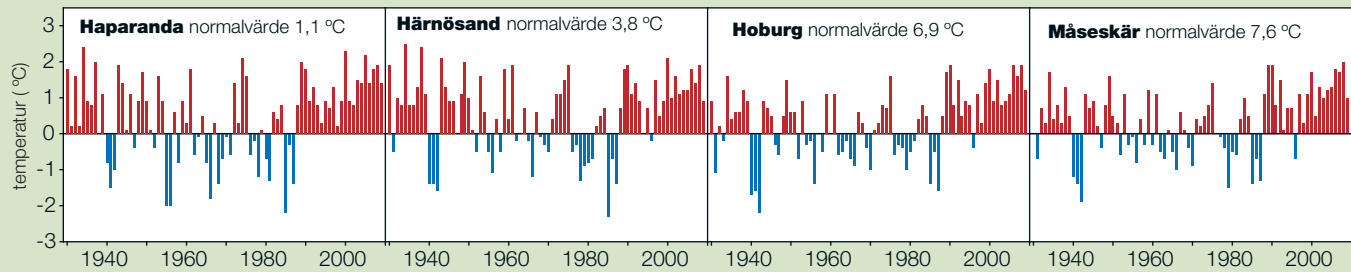
ISUTBREDNING



MAXIMAL ISUTBREDNING

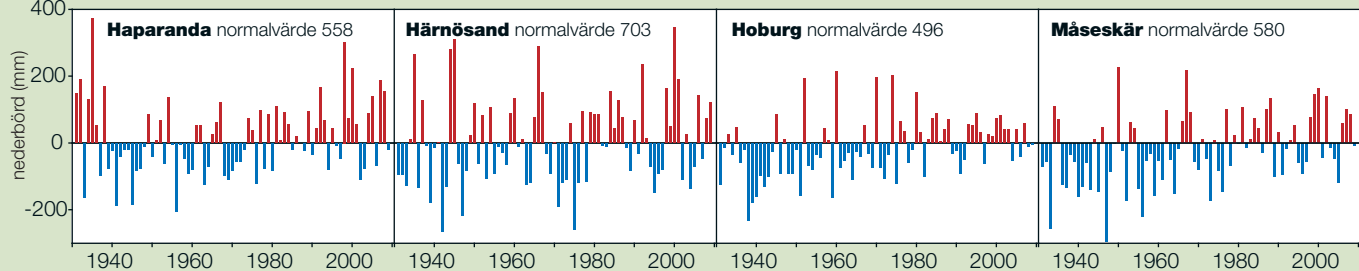


ÅRSMEDELTEMPERATUR



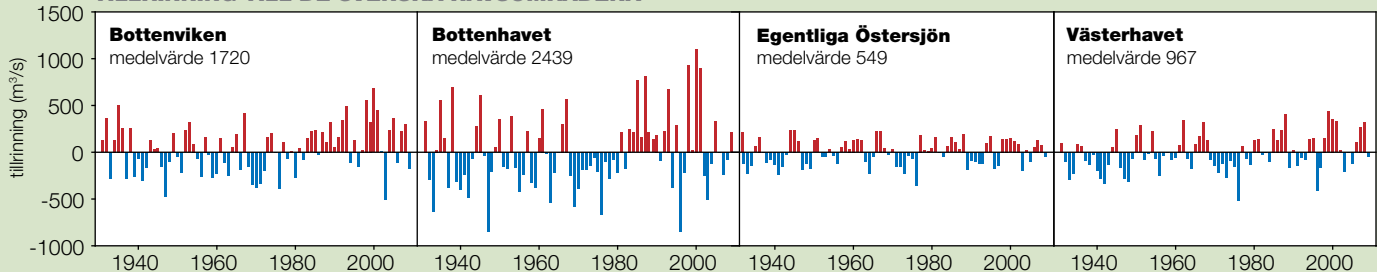
➤ För landet som helhet var 2009 det trettonde året i rad med varmare förhållanden än medelvärdet för 1961–1990. Trenden mot varmare förhållanden är tydlig, men variationen mellan år, inom år och mellan platser är stor. För många av SMHI:s stationer, exempelvis Haparanda och Härnösand, uppmättes de varmaste åren på 1930-talet.

ÅRSNEDERBÖRD



➤ Trenden för nederbörd är mindre tydlig än för temperatur, men de riktigt torra åren har blivit mindre vanliga. För de flesta stationer längs Sveriges kust var nederbörden 2009 nära eller något högre än medelvärdet 1961–1990. Längs södra kusten och Bottenviken var årsnederbörden lägre än medelvärdena. För Härnösand var 2009 dock ett av de 20 blötaste åren sedan 1901.

TILLRINNING TILL DE SVENSKA HAVSOMRÅDENA

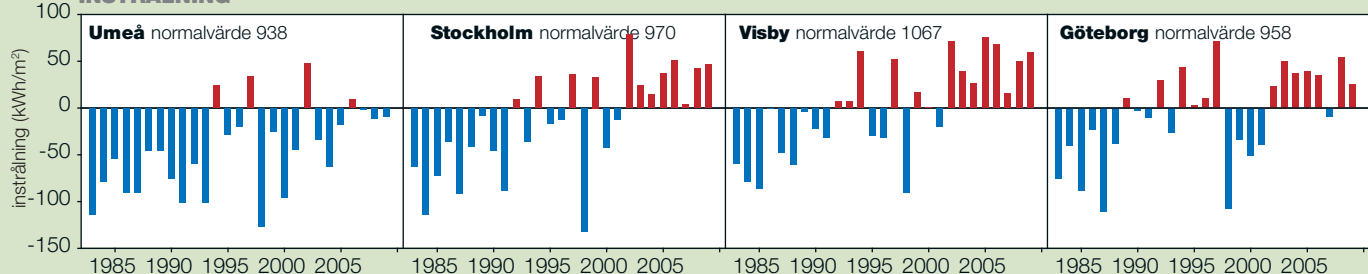


➤ Mängden vatten som rinner från Sveriges landyta till de omgivande havsområdena varierar kraftigt mellan år. Den är främst relaterad till årsnederbörden. År 2000 var det våtaste året, och då tillfördes mer än dubbelt så mycket vatten till havet jämfört med det torra året 1976.

Bottenhavet mottar drygt 40 procent, Bottenviken cirka 30 procent, Egentliga Östersjön cirka 10 procent och Västerhavet knappt 20 procent av vattenflödet. Den ringa tillförseln till Egentliga Östersjön speglar att sydöstra Sverige är torrare än de västra delarna. Nederbörden kommer oftast in från väster och avmattas åt öster.

Bottenhavet mottog år 2009 en tillrinning som var 10 procent högre än årsmedelvärdet för 1961–1990. För övriga bassänger var tillrinningen lägre än respektive årsmedelvärde. För perioden juli–december var tillrinningen 25 till 30 procent över medelvärdet för Bottenhavet och Västerhavet. Den relativt höga tillrinningen orsakades av en regnig period.

INSTRÅLNING



➤ Solinstrålningen över Sverige har ökat sedan 1980-talet. Den är vanligen störst längs kusterna, och Visby uppvisar ofta högst antal uppmätta soltimmar. Det förklaras av att molnigheten är den viktigaste faktorn för variationen i instrålning. Generellt sett ligger ett solrikt år tio procent över och ett solfattigt år tio procent under långtidsmedelvärdet. 2000-talet har hittills uppvisat en rad år med relativt hög instrålning. Ökningen är tydligast i södra Sverige. Mätserien är dock kort, och det går inte att säga om ökningen fortsätter i framtiden.

I figurerna visas årsvärdenas avvikelse från medelvärdet 1961–1990, av meteorologer vanligen benämnt normalvärde enligt internationell överenskommelse. Temperatur, nederbörd och instrålning visas för SMHI:s mätstationer längs den svenska kusten. Solinstrålningsvärdet för Göteborg 2009 är ett modellberäknat värde. Tillrinningen avser den samlade tillförseln av vatten från land. Beräkningen görs utifrån mätningar och modellberäkningar för att kunna representera hela landytan.

Brunifiering av våra vatten

LARS SONESTEN, SLU

På flera håll i världen har man sett att inlandsvattnen har blivit brunare. Denna brunifiering orsakas av humusämnen som dominerar det lösta organiska materialet i våra vatten. I Sverige sker en ökad uttransport av organiskt kol till våra havsområden. Detta kan till viss del förklaras av klimatförändringar, men det är troligen en kombination av orsaker som ligger bakom.

■ Ökande halter av löst organiskt material har under de senaste två decennierna noterats för många sjöar och vattendrag i både den norra delen av Europa och i Nordamerika. Detta har resulterat i brunifiering av våra inlandsvatten. Orsaken är de bruna humusämnen som är nedbrytningsprodukter från framförallt växter på land. Dessa dominerar det naturliga lösta organiska material som finns i inlandsvatten i framförallt barrskogsregioner. Flera olika teorier har lagts fram om varför denna utlakning av humusämnen från våra marker ökar. Bland annat anses klimatförändringar och ett minskat atmosfäriskt nedfall av svavel och kväve kunna ligga bakom denna ökade uttransport. Sannolikt är det en kombination av flera olika orsaker som ligger bakom fenomenet.

Brunare även i Sverige

I Sverige är det främst i den södra delen av landet som detta fenomen har iakttagits. Detta överensstämmer med den statistiskt säkerställda ökningen av den flödesnormaliserade totala mängden organiskt kol till ett flertal av de svenska havsområdena från mitten av 1990-talet. I två områden, Bottenviken och Skagerrak, är den ökade belastningen inte statistiskt säkerställd,



Foto: Stefan Löfgren, SLU



➤ En ökad mängd humusämnen i vatten ger en brunare färg. Denna brunifiering av inlandsvatten har konstaterats på flera håll i världen.

FÖRÄNDRINGAR I VATTENFÖRING	1969–2009			1995–2009		
	Vattenföring	TOC	TOC norm	Vattenföring	TOC	TOC norm
Bottenviken	++					
Bottenhavet			-			+
Östersjön		++	+++			++
Öresund						+
Kattegatt	++		--			+
Skagerrak		++	+++			
Alla områden	++					+

➤ Statistiskt säkerställda förändringar i vattenföring och belastning av totalmängden organiskt kol (TOC) under tidsperioderna 1969–2009 respektive 1995–2009. Kolumnen TOC norm har flödeskorrigerats. Analyser för monoton trend gjorda med Mann-Kendall (Programvara Multitest). Ökande respektive minskande belastning symboliseras med +/- . $p < 0,05$ = +/-, $p < 0,01$ = ++/--, $p < 0,001$ = +++/---

men i båda fallen så är ökningarna nästan säkerställda.

Om man däremot tittar på förändringar i belastning av organiskt material över hela tidsperioden från 1969 ser man en säkerställd ökning för Skagerrak och Egentliga Östersjön, medan belastningen på Bottenhavet och Kattegatt har minskat.

Konsekvenser av brunifiering

Ökande mängder av humusämnen i våra vatten innebär bland annat att transporten av ämnen kopplade till dessa humusämnen, som fosfor och många metaller, ökar. Det kan i förlängningen betyda att belastningen på havsmiljön av olika metaller ökar. Till viss del vägs det upp av att biotillgängligheten för metaller många gånger minskar när de är bundna till humusämnen.

Ökande halter av humusämnen i vattnet skapar dessutom problem i våra vattenverk, då de kan orsaka tillväxt av mikroorganismer i ledningsnätet. För att motverka detta kan man antingen filtrera råvattnet eller behandla det kemiskt för att minska hälso-riskerna. **S**

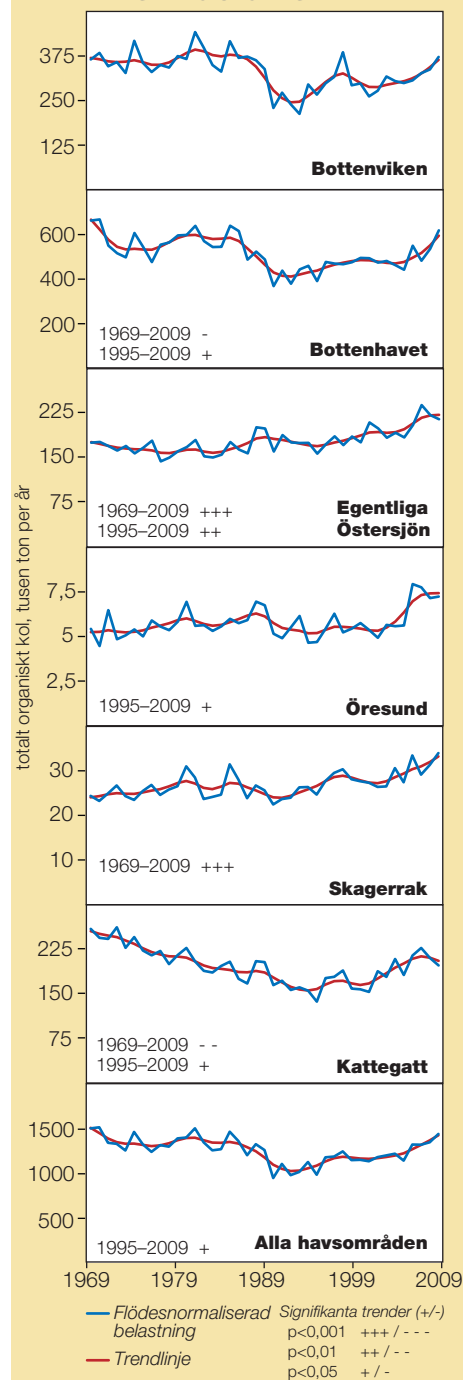
LÄSTIPS:

Monteith m.fl. 2007. *Dissolved organic carbon trends resulting from changes in atmospheric deposition chemistry*. Nature 450:22. s 537–541.

Löfgren m.fl. *Vattens färg – Klimatbetingad ökning av vattens färg och humushalt i nordiska sjöar och vattendrag*. <http://publikationer.slu.se/Filer/SLUsvensk.pdf>

Pirzadeh och Collvin 2008. *Blir vattnet i skånska sjöar och vattendrag allt brunare?* Länsstyrelsen i Skåne län, Miljöavdelningen Rapport 2008:11. ISBN: 978-91-85587-98-8

BELASTNING ORGANISKT MATERIAL



➤ För att kunna se underliggande tendenser till förändrad belastning kan belastningen flödeskorrigeras. På så sätt tar man bort effekterna av att vattenavrinningen varierar med tiden. Den flödeskorrigerade belastningen av organiskt material har ökat till flertalet av våra havsområden sedan mitten av 1990-talet, vilket även gäller den totala belastningen till havet som helhet. Ser man däremot till hela undersökningsperioden från 1969 så ökar belastningen av organiskt material endast till två av områdena, Östersjön och Skagerrak, medan den tenderar till att minska till Bottenhavet och Kattegatt.



Foto: Mikael Hjerpe/Stockphoto

Nederbörden styr

Figurerna på nästa sida visar att uttransporten av närsalter från de svenska landområdena är mycket stabil, vilket beror på att den i hög grad styrs av vattenavrinningen. Nederbördsrika år förs större närsaltsmängder ut i havet, medan mängderna är mindre under torra år. Inga tydliga tendenser till ökande eller minskande närsaltsbelastning kan ses under de fyra decennier som övervakningen pågått.

Nederbörden under 2009 var jämförelsevis normal över större delen av landet, med undantag för de allra sydligaste och nordligaste delarna som hade ovanligt låg nederbörd. Följaktligen var även vattenflödet ut till Öresund och till Bottenviken lägre än normalt, vilket resulterade i ovanligt låga närsaltstransporter till dessa havsområden. I den mellersta delen av landet orsakade kraftiga sommarregn att avrinningen ökade något, vilket gjorde att medelvattenföringen var förhållandevis normal.

För den totala fosforbelastningen för hela landet finns en svag, men statistiskt säkerställd, minskning sedan 1995. Kvävebelastningen uppvisar däremot ingen statistiskt säkerställd förändring under samma period, med undantag för en viss

ökning till Skagerrak. Belastningen av löst organiskt material har med undantag för Bottenviken och Skagerrak ökat sedan 1995.

En effekt av åtgärder?

Under flera decennier har olika åtgärder satts in för att minska närsaltsbelastningen på våra vatten. Är den minskning av den totala fosforbelastningen vi nu ser en effekt av dessa åtgärder? Sannolikt inte, eftersom den största belastningen sker till Bottenviken och Bottenhavet där åtgärdsutrymmet är mycket litet, eftersom den belastningen till stor del anses vara naturlig. Dessa två områden är dessutom de enda havsområden som i den statistiska analysen är nära att ge statistiskt säkerställda belastningsminskningar för fosfor, medan övriga områden visar långt ifrån säkerställda förändringar.

Hur kan då den totala fosforbelastningen visa en statistiskt säkerställd minskning, trots att ingen förändring till de olika havsområdena är säkerställd? Detta beror sannolikt på den utjämnande effekt av mellanårsvariationen som den totala belastningen får. En högre upplösning på underlagsmaterialet ger en högre variation vilket gör det svårt att statistiskt säkerställa eventuella förändringar.

Tar tid att se resultat

Att inga tydliga effekter syns av de olika åtgärder som har satts in har flera förklaringar. En anledning kan vara att transporten av organiskt material har ökat. I det organiska materialet finns fosfor och kväve bundet, och den ökade transporten skulle därmed kunna maskera eventuella effekter av insatta åtgärder. Även tröghet i både mark och vatten gör att det tar tid, i vissa fall mycket lång tid, innan effekter av åtgärder kan skönjas fullt ut. Däremot har åtgärderna i många fall haft en positiv effekt på närområdet i såväl inlandsvatten som kustområden. Närsaltsbelastningen och situationen i våra vatten skulle sannolikt vara värre om vi inte hade vidtagit dessa åtgärder.

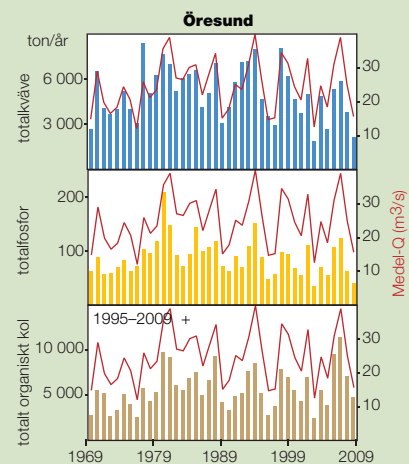
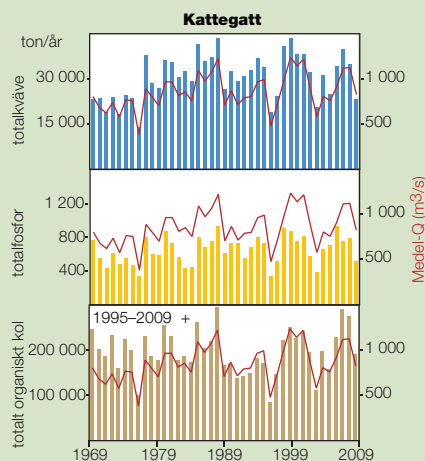
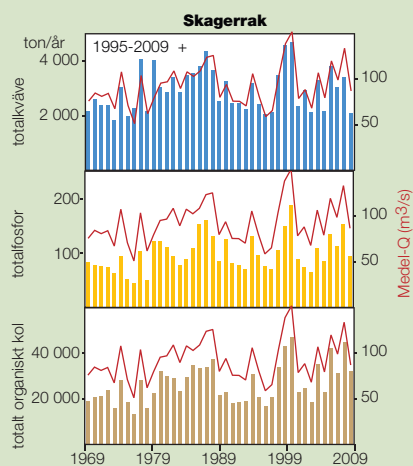
LÄSTIPS:

På Naturvårdsverkets hemsida, www.naturvardsverket.se kan du läsa mer om övervakningsprogrammet Flodmynnningar, samt hitta den årliga rapporten Sötvatten.

SMHI, Vattenåret 2009. Faktablad nr 45.

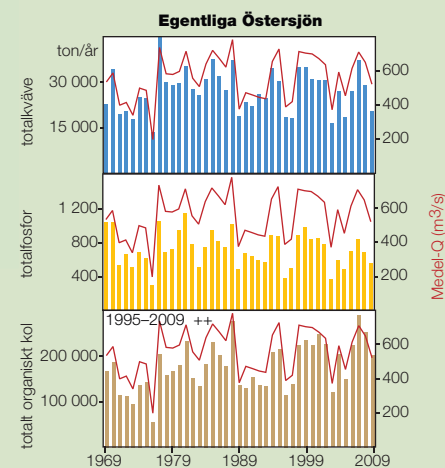
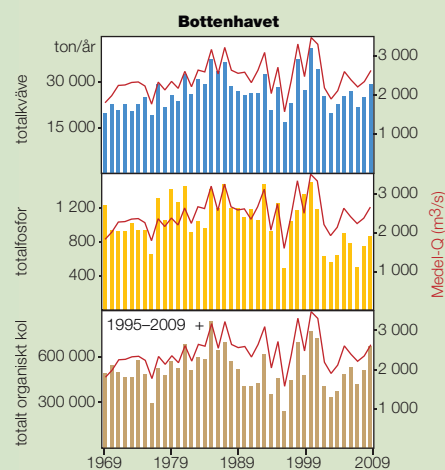
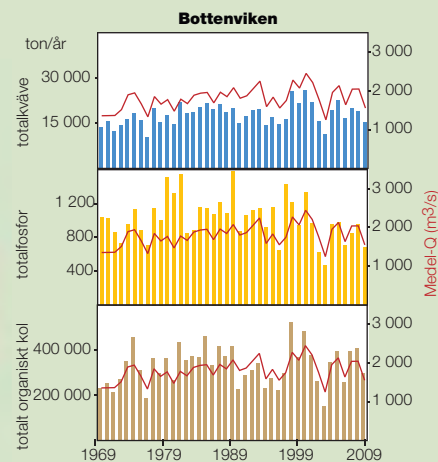
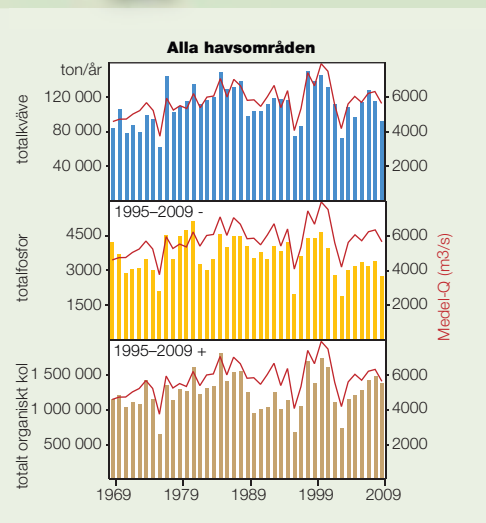
Statistiska analyser av tidsserier med programvarorna Multitest och Multitrend. <http://www.ida.liu.se/divisions/stat/research/Software/index.en.shtml>

BELASTNINGEN PÅ HAVET



Signifikanta trender (+/-)
 $p < 0,001$ +++ / ---
 $p < 0,01$ ++ / --
 $p < 0,05$ + / -

↗ Stapeldiagrammen visar den årliga belastningen av kväve, fosfor och totalmängden organiskt kol via vattendragen på de olika havsbassängerna samt på havet totalt. Årsmedelvattenföringen (röd linje) uppvisar generellt sett en stor mellanårsvariation.



Kvävebelastningen har inte förändrats nämnvärt sedan 1995. Den totala fosforbelastningen har minskat något sedan 1995. Den flödesnormaliserade belastningen av löst organiskt material (mäts som totalmängden organiskt kol, TOC) har med undantag för Bottenviken och Skagerrak ökat sedan 1995. All belastning styrs till stor del av vattenföringen.

Inflöden viktiga för Östersjön

LARS ANDERSSON, SMHI

Inflöden av salt, syrerikt vatten är viktiga för tillförsel av syre till Östersjöns djupvatten. Under senare år har dock stora inflöden uteblivit. Detta har bidragit till den svåra situation som nu råder, med omfattande utbredning av syrefria bottenar i Egentliga Östersjön. Detta får konsekvenser för exempelvis torskens möjlighet till reproduktion.

■ Östersjön är ett av världens största brackvattenhav, och står i kontakt med Västerhavet och Nordsjön via tröskelområdena Stora- och Lilla Bält samt Öresund. Den djupaste förbindelsen mellan Västerhavet och Östersjön ligger i den sydligaste delen av Bälthavet, med ett tröskeldjup på 18 meter. I Öresund är tröskeldjupet mindre, drygt 8 meter. Normalt sett ström-

mar vatten ut från Östersjön på grund av ett överskott av sötvatten via flodtillrinning och nederbörd. Vid vissa vädersituationer kan dock salt vatten från Västerhavet strömma in i Östersjön.

Störst effekt vintertid

Mellan 65 och 75 procent av inflödet passerar de danska Bälten. Eftersom denna transportväg är relativt lång, måste inflödet pågå under minst en vecka för att vattnet skall nå in i Östersjön. Under denna tid hinna vattnet också spådas ut av det sötare Östersjövattnet.

På grund av mindre djup rinner inte lika mycket vatten genom Öresund. Detta vatten har dock kortare väg till djupområdet i Arkonabassängen, och blir mindre utspädd än det vatten som rinner genom Bälten.

Inflödena tillför syrerikt vatten till Östersjöns djupvatten. Störst effekt på syreförhållandena har de inflöden som inträffar vintertid, eftersom kallare vatten kan lösa mer syrgas.

Flera trösklar

Den första bassängen det inströmmade vattnet når är Arkonabassängen. Vattnet rinner utefter botten, och blandas till viss del ut med det ovanliggande sötare vattnet. När Arkonabassängen fyllts upp, strömmar vattnet vidare genom sundet mellan Sverige och Bornholm in i Bornholmsbassängen. Vattendjupet söder om Bornholm är för litet för att något djupvatten skall kunna rinna denna väg.

Efter hand fylls även Bornholmsbassängen upp med djupvatten, och vattnet

FAKTA

Livsviktigt syre

Syre är nödvändigt för allt högre liv i havet. Det tillförs ytvattnet genom utbyte med atmosfären samt genom algers fotosyntes. Normalt sett är ytvattnet mättat med syre.

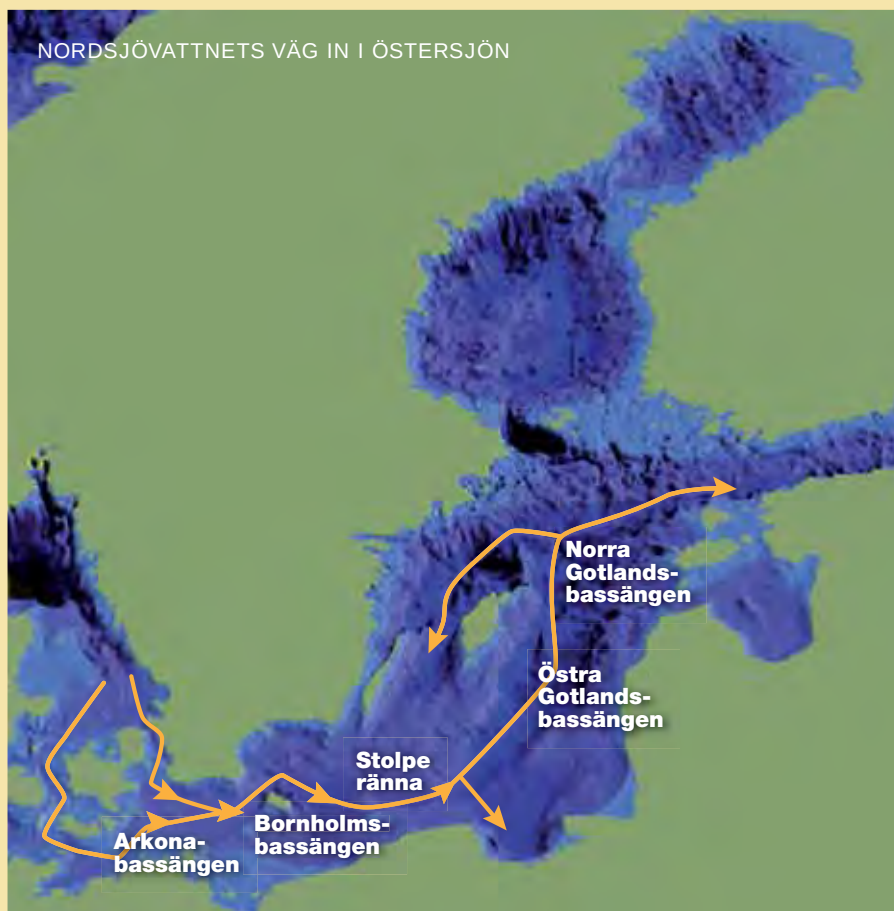
I djupvattnet förbrukas syre genom att organiskt material bryts ned, medan tillskott endast kan ske genom tillförsel av nytt vatten eller vertikal omblandning. Vid brist på syre uppstår svavelväte genom mikrobiell nedbrytning av organiskt material, där sulfat utnyttjas som syrekälla. I stället för att ange halten av svavelväte används i många fall begreppet "negativt syre", vilket motsvarar den mängd syre som skulle åtgå för att åter oxidera svavelvätet.

Gränsen för akut syrebrist, då syreberoende organismer flyr eller dör, ligger på cirka 2 milliliter per liter.



I Öresund är tröskeldjupet bara drygt 8 meter.

Foto: Jacek Oleksinski/Stockphoto



Vid vissa vädersituationer kan salt vatten från Västerhavet strömma in i Östersjön. Inflödena tillför syrerikt vatten till Östersjöns djupvatten. Det tar upp emot ett år för vattnet att nå de centrala delarna av Östersjön. ➔

strömmar sedan vidare österut över Stolpe tröskel, genom Stolpe ränna och vidare in i Egentliga Östersjöns djupare delar. Cirkulationen i bottenvattnet sker motsols runt Gotland. Efter passagen genom Stolpe Ränna strömmar en del av vattnet söderut över en mindre tröskel och fyller upp Gdanskbukten, medan resten av vattnet rinner norrut över en tröskel till Östra Gotlandsbassängen.

Skålförmig bassäng

Endast riktigt stora inflöden förmår ersätta bottenvattnet i Östra Gotlandsbassängen och sedan påverka förhållandena längre in i Egentliga Östersjön. De flesta inflöden har, när de nått hit, blivit så utspädda att de lagras in på en mellannivå i närheten av haloklinen.

Östra Gotlandsbassängen består i huvudsak av en stor skålförmig bassäng. Det finns en tröskel mellan centrala Östra Gotlandsbassängen och dess nordligaste del, Färödjupet. Norra Gotlandsbassängen sträcker sig från inre delen av Finska viken i öster till Landsort i väster. Havsbotten i

detta område är mycket kuperad, med ett flertal djuphål. Just utanför Landsort ligger Östersjöns största djup, Landsortsdjupet. I norr avgränsas Norra Gotlandsbassängen mot Ålands hav av ytterligare en tröskel. Även i sydväst finns en tröskel mellan Norrköping och Gotska Sandön som avgränsar Norra Gotlandsbassängen från den västra. Västra Gotlandsbassängen är som djupast i norr, och grundar sedan ut söderut, för att avgränsas mot Bornholmsbassängen av de grunda trösklarna Hoburgs- och Midsjöbankarna.

Långsam process

Det tar lång tid för vattnet att transporteras från Nordsjön till Gotlandsbassängen. Ungefär en månad efter att vattnet börjat strömma in genom sunden kan man se effekterna i Bornholmsbassängen. I de centrala delarna av östra Gotlandsbassängen ses inflödet efter cirka ett halvt år, och innan vattnet hunnit runt till de södra delarna av västra Gotlandsbassängen har det gått mer än ett år.

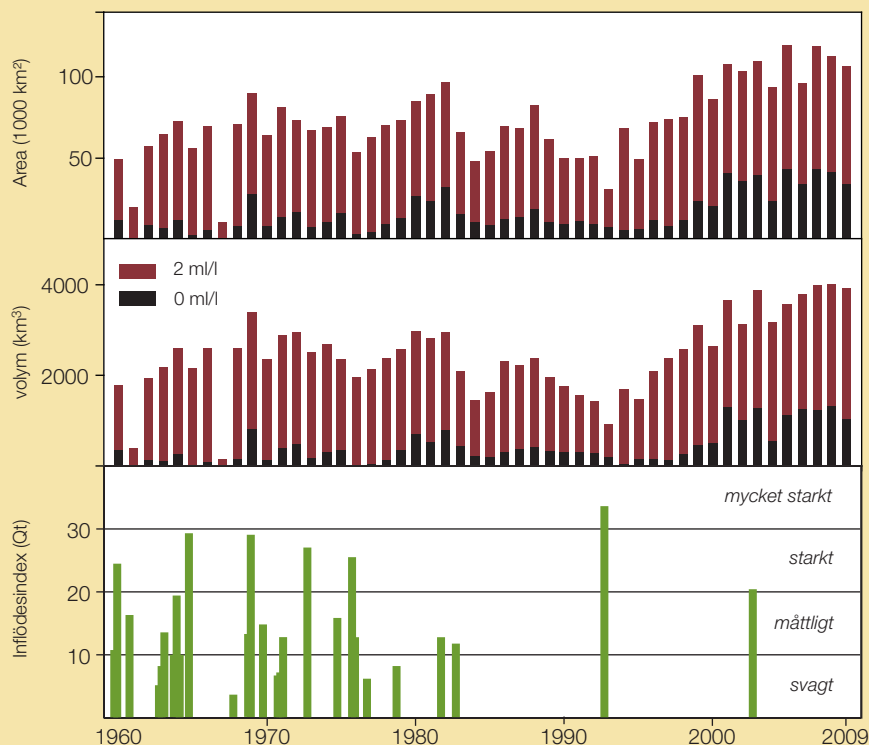
Stort inflöde med kortvarig effekt

Det senaste stora inflödet till Östersjön inträffade under vintern 1993/1994. Det medförde att syrgasförhållanden märkbart förbättrades, och 1994 noterades den minsta utbredningen av syrefria botten sedan slutet på 1960-talet. Åren 1994 och 1995 var endast ett fåtal djupområden helt syrefria. Förhållandena försämrades dock snabbt, eftersom det inflödande vattnet med hög salthalt och låg temperatur stabiliserade skiktningen, vilket försämrade vattenutbytet mellan övre och undre vattenlager. Dessutom uteblev nya stora inflöden.

Ett relativt stort inflöde inträffade 2003 och ett flertal mindre inflöden har förekommit under 2000-talet, men dessa har inte påverkat bottenvattnet i de centrala och norra delarna av Egentliga Östersjön. Istället har det inflödande vattnet lagrats in på intermediärt djup.

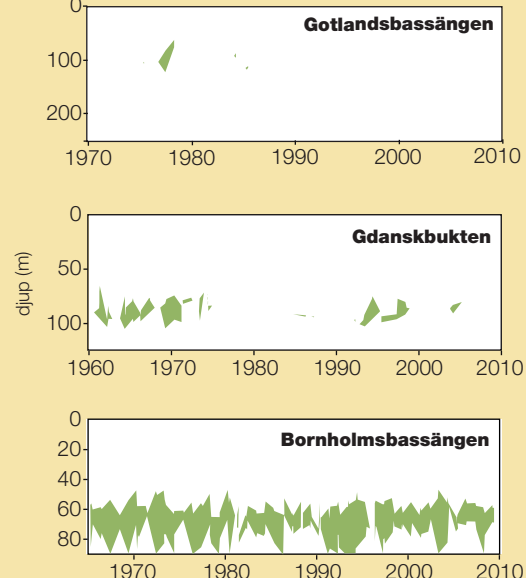
Det är inte enbart inflöden som bestämmer syresituationen i Östersjön. Omblandning och skiktning, belastning av organiskt material till bottenvattnet och färskvatten-tillförsel är andra faktorer som påverkar.

SYRESITUATION OCH INFLÖDEN I EGENTLIGA ÖSTERSJÖN



➤ Inflöden av salt, syrerikt vatten är viktiga för tillförsel av syre till Östersjöns djupvatten. Under senare år har dock stora inflöden uteblivit. Sedan 2001 har utbredningen av syrefria bottenar legat på en hög nivå, och dessutom ökat något. Även områden med låga syrehalter har ökat under samma period. Inflödesindexet beräknas utifrån flödets varaktighet och medelsalthalten i vattenpelaren.

DJUPINTERVALL TORSKREPRODUKTION



➤ För att torskens reproduktion ska lyckas krävs en lägsta salthalt på 11 psu för att torskens ägg skall kunna flyta, och en syrehalt på minst 2 milliliter per liter för att äggen skall överleva och kunna utvecklas. Detta ger ett djupintervall i varje bassäng i vilket torskäggen klarar sig. Under senare tid har reproduktion endast kunnat ske i Bornholmsbassängen. Under perioder med betydande saltvatteninflöden till Östersjön har torsklek tidigare även lyckats i Gdanskbukten och Gotlandsdjupet.

Tilltagande syrebrist

Sedan 2001 har utbredningen av syrefria bottenar legat på en hög nivå, och dessutom ökat något. Även områden med låga syrehalter har ökat under perioden. Den tilltagande syrebristen i djupvattnet gör att fosfor, av kemiska orsaker, frigörs från sedimenten och ackumuleras i vattenmassan. Detta får negativa konsekvenser även för ytvattnet, eftersom fosfat transporteras upp i ytvattnet. Detta syntes tydligt efter inflödet 2003. Intermediärt vatten lyftes upp i ytlagret, och i början av 2004 uppmättes mycket höga fosfathalter i norra och västra Gotlandsbassängerna. Fosfathalterna var de högsta som någonsin mätts i Östersjöns ytvatten. Året därpå återfanns de högsta fosfathalterna i östra Gotlandsbassängen och i södra Egentliga Östersjön. Från 2006 och fram till 2009 har halterna av fosfat varit förhöjda i Arkona- och Bornholmsbassängerna, även om överskottet inte alls är lika stort som 2004. Höga fosfathalter är en av de faktorer som kan ge upphov till kraftiga cyanobakterieblomningar.

Torsk med problem

Frånvaron av stora inflöden ger inte bara problem med cyanobakterieblomningar. Ett annat exempel på negativa effekter är torskens reproduktion. För att denna ska lyckas krävs en lägsta salthalt på 11 psu för att torskens ägg skall hålla sig flytande, och en syrehalt på minst 2 milliliter per liter för att äggen skall överleva och kunna utvecklas. Detta ger ett djupintervall i varje bassäng i vilket torskäggen kan klara sig.

För att fortplantningen skall fungera optimalt krävs emellertid ännu högre salt- och syrehalter, upp mot 16 psu och 8 ml/l.

I Östersjön finns två torskbestånd, ett väster om Bornholm och ett östligt i resterande delar av Östersjön. Under senare tid har reproduktion av det senare beståndet endast kunnat ske i Bornholmsbassängen. Dock varierar tjockleken på djupintervallet där torsklek kan ske kraftigt mellan åren. Under perioder med betydande saltvatteninflöden har torsklek tidigare lyckats även i Gdanskbukten och Gotlandsdjupet. Det var dock länge sedan några fungerande reproduktionsvolymerna fanns i dessa områden.

Dåligt under 2009

Under 2009 var syresituationen i Egentliga Östersjöns djupvatten mycket dålig. Syrefria områden påträffades i en femtedel av västra, östra och norra Gotlandsbassängerna, och akut syrebrist påverkade omkring hälften av dessa områden. Utbredningen av syrefria bottenar var något lägre än 2008, medan utbredningen av områden med akut syrebrist var av samma storleksordning.

I Egentliga Östersjön som helhet var 13 procent av bottenarna utsatta för helt syrefria förhållanden under 2009, och 28 procent var påverkade av akut syrebrist. Cirka 7 procent av Egentliga Östersjöns totala volym var helt syrefri, och drygt 20 procent av vattenmassan hade syrehalter under 2 milliliter per liter. **S**

Oceanografi

Anna Palmbo, Umeå universitet / Lars Andersson, SMHI

Unika havsområden

Våra svenska havsområden har olika unika egenskaper, främst beroende på skillnader i salthalt och de grunda trösklar som skiljer bassängerna åt. Lättare, sötare ytvatten strömmar söderut från Bottniska viken, och tyngre saltvatten strömmar in från Västerhavet till Östersjön genom de danska sunden. Skillnaden i salthalt mellan ytvatten och bottenvatten skapar en skiktning, en haloklin, som försvårar omblandning av de olika skikten. Skiktningens djup och styrka tillsammans med tillförsel och förluster av näringsämnen, interna processer och vattnets omsättningstid är faktorer som påverkar bassängernas vattenkvalitet.

Processer i yt- och djupvatten

Det är i ytvattnet som de största variationerna i temperatur och innehåll av näringsämnen förekommer. Under vintern när vattnet kyla är ytvattnet homogent ner till

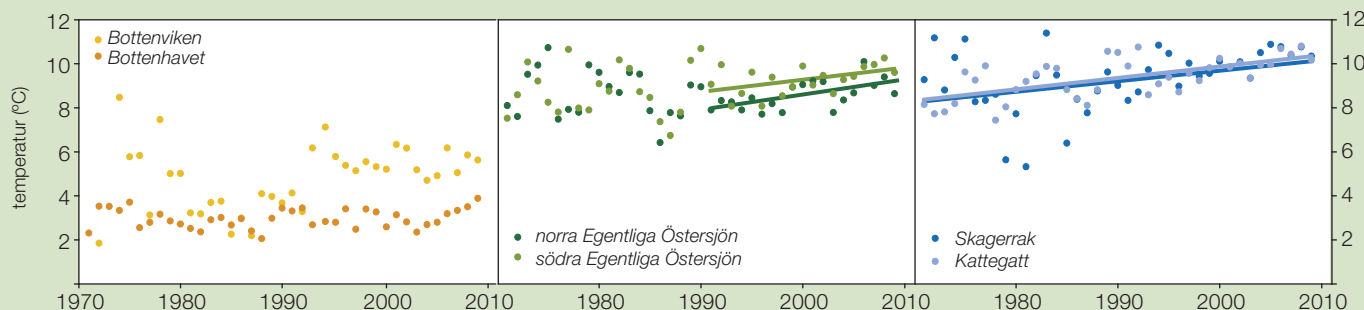
saltsprångskiktet. Den biologiska aktiviteten är låg, och det sker inget upptag av näringsämnen. Man använder sig därför av dessa vintervärden för att se potentialen för nästa säsong vårblooming.

När ytvattnet värms upp under våren bildas ett temperatursprångskikt, och produktionen av växtplankton kommer igång. Skiktningen förstärks under sommaren av ökad uppvärmning och av att tillrinningen av sötvatten ökar under den varma perioden. Även om näringsämnen tillförs genom tillrinning och nedbrytning av plankton så förbrukas de snabbt, och halterna av näringsämnen är följaktligen mycket låga under sommaren. Under hösten avtar den biologiska aktiviteten när vattnet kyla och temperaturskiktningen försvinner.

I djupvattnet är variationerna mindre. Vattenomsättningens storlek beror på bottenpografin, tillförsel av sötvatten, större inflöden av salt och syrerikt vatten

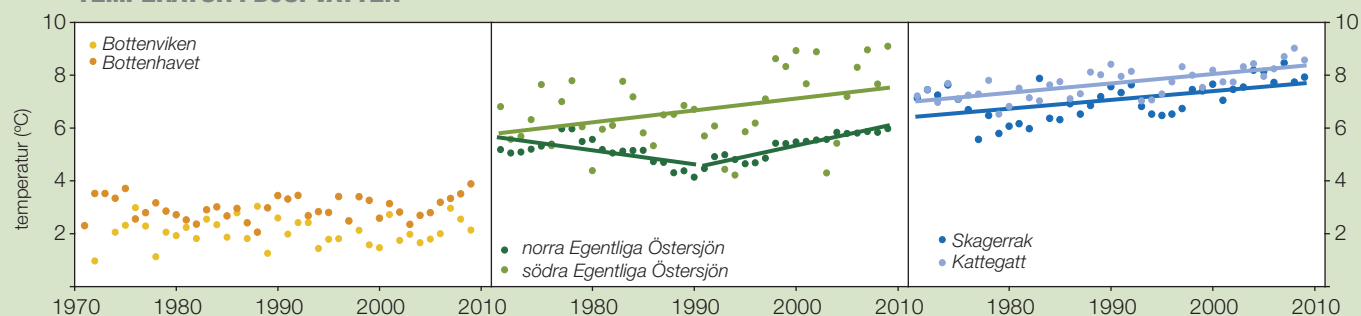


TEMPERATUR I YTVATTEN



➤ Perioden 1970–1990 visar stora variationer i ytvattnets temperatur. I Bottniska viken sjönk den under denna tid. En del av de stora variationerna i början av tidsserien kan dock troligtvis förklaras av att mätningarna inte var lika jämnt fördelade över året som de varit sedan början av 1990-talet, då månadsvisa mätningar infördes. Under den andra mätperioden har ytvattnets temperatur ökat signifikant i samtliga havsområden förutom i Bottniska viken. I Västerhavet är ökningen signifikant över hela perioden.

TEMPERATUR I DJUPVATTEN



➤ Inga signifikanta förändringar i temperaturen kan ses i Bottniska viken. I norra och centrala Egentliga Östersjön minskade temperaturen i djupvattnet signifikant under den första mätperioden. Däremot ökade djupvattnets temperatur signifikant i hela Egentliga Östersjön under den andra perioden, och för södra Egentliga Östersjön är ökningen signifikant över hela mätperioden. I Västerhavet har djupvattnets temperatur ökat signifikant under hela perioden 1971–2009, men särskilt märkbart under den senare mätperioden.



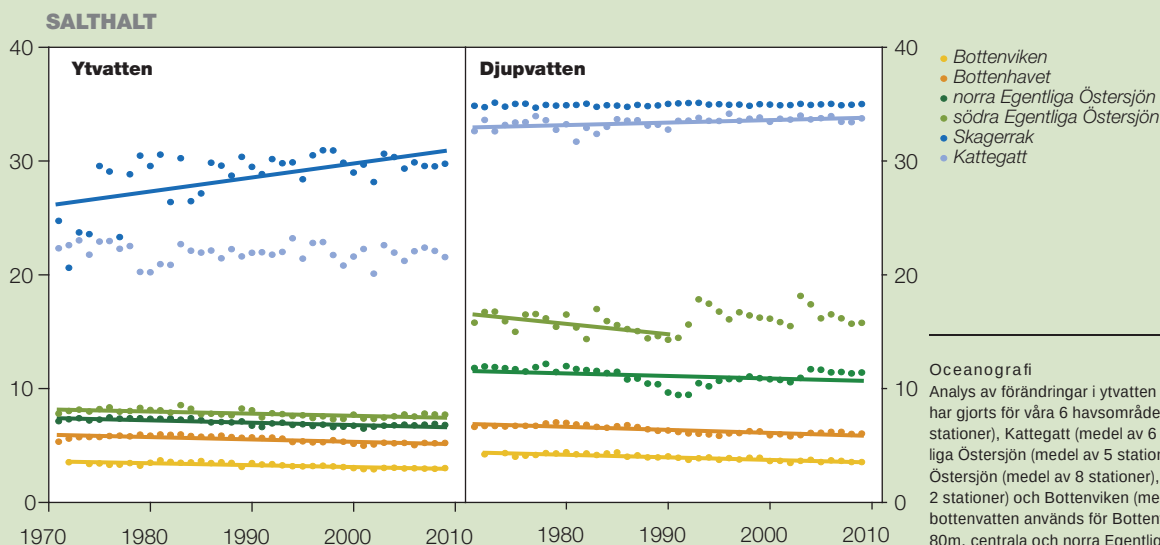
Foto: Sebastian Meckelmann / Stockphoto

från Nordsjön samt belastning från ytvattnet. Skagerrak, som påverkas mycket av Nordsjön, har en god vattenomsättning. Kattegatt är en övergångszon med saltare djupvatten från Skagerrak och sötare ytvatten från Östersjön, och omsättningen av djupvatten kan under kortare tider vara begränsad.

Vattenomsättningen i Egentliga Östersjön är mycket beroende av större inflöden av Nordsjövatten. Här finns ett sötare ytvatten som strömmar norrifrån och ett djupvatten från Västerhavet som bildar en permanent haloklin, grundare i söder och lite djupare i norr. Utbyte av djupvatten sker endast sporadiskt, och i djuphålorna med stagnat vatten bildas svavelväte. I Bottniska viken bildas djupvattnet av ett mellanskikt från Östersjön. Här är skiktningen som svagast, och längst upp i Bottenviken kan vattenmassan vara helt homogen under kalla vintrar. Stigande temperaturer

Det geografiska avståndet längs den svenska kusten skapar en temperaturskillnad mellan de olika havsbassängerna, där årsmedeltemperaturen är lägst i Bottniska viken. I de flesta bassänger har temperaturen stigit sedan början av 1990-talet.

Skillnaderna i salthalt skapar en salthaltgradient från 2 i Bottniska viken till 35 i Västerhavet. I ytvattnet har salthalten minskat i Egentliga Östersjön och Bottniska viken sedan slutet av 1980-talet, men de senaste åren ses nu en ökning i Egentliga Östersjön. Den sjunkande trenden kan även ses i djupvattnet i Bottniska viken, medan Egentliga Östersjön tydligt påverkas av större inflöden av Nordsjövatten och salthalten varierar utan tydliga trender. I Västerhavet kan inga tydliga trender ses, varken i ytvattnet eller i djupvattnet.



➤ I Bottniska viken har salthalten i ytvattnet minskat signifikant under hela perioden. Även i Egentliga Östersjön har en minskning skett under hela perioden, för norra och centrala delen även under den första perioden. De senaste åren kan en liten ökning noteras. I Skagerrak har salthalten ökat signifikant under den första perioden samt hela perioden. Detta beror dock troligast på den stora variationen under 1970-talet. I Kattegatt kan inga signifikanta förändringar ses.

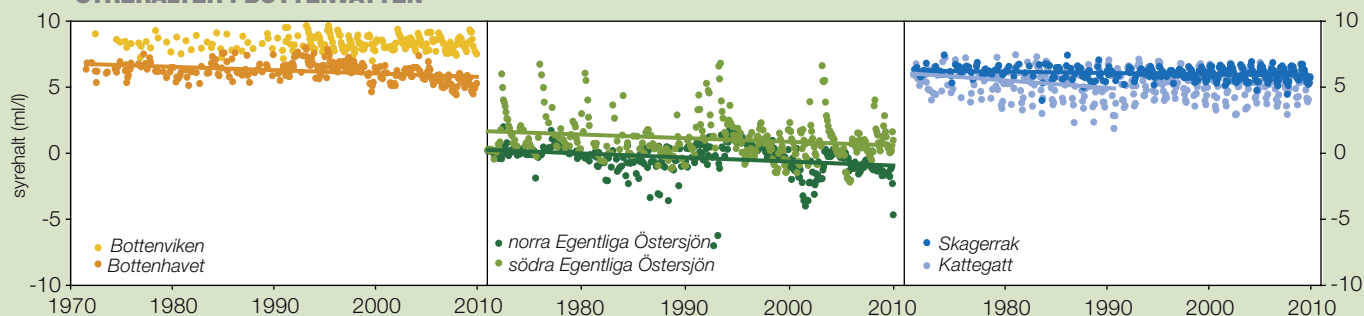
Salthalten i djupvattnet har minskat i Bottniska viken under perioden. I Egentliga Östersjön styrs salthalten av större inflöden av saltvatten från Nordsjön, och de sista stora inflödena 1983, 1993 och 2003 syns tydligt i södra delen. Här minskade salthalten i djupvattnet signifikant under den första mätperioden, men har sedan varierat. I norra och centrala Egentliga Östersjön har den minskat den första perioden och ökat den andra, totalt har en minskning skett under hela mätperioden. I Kattegatt har salthalten ökat signifikant över hela perioden, men förändringen är ytterst liten. I övrigt ses inga förändringar i salthalt i Västerhavet, där omsättningen är god.

Oceanografi

Analys av förändringar i ytvatten (0-10m) och bottenvatten har gjorts för våra 6 havsområden; Skagerrak (medel av 6 stationer), Kattegatt (medel av 6 stationer), södra Egentliga Östersjön (medel av 5 stationer), norra och centrala Östersjön (medel av 8 stationer), Bottenhavet (medel av 2 stationer) och Bottenviken (medel av 2 stationer). Som bottenvatten används för Bottenviken och Bottenhavet > 80m, centrala och norra Egentliga Östersjön > 180m, södra Egentliga Östersjön > 80m, Kattegatt > 30m samt Skagerrak > 75m.

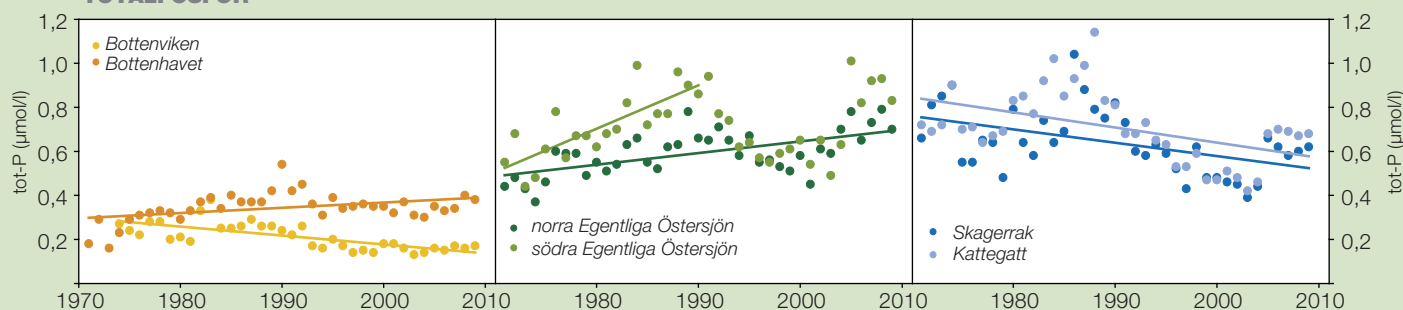
I figurerna för ytvattnet visas årsmedelvärden av temperatur, salthalt, totalfosfor och totalkväve, samt vintermedelvärden (januari-februari i Västerhavet, januari-mars för övriga havsområden) för de oorganiska närsalterna fosfat, DIN (nitrat+nitrit+ammonium) och silikat. I figurerna för bottenvattnet visas årsmedelvärden av temperatur och salthalt, samt månadsmedelvärden av syrehalt. När svavelväte förekommer räknas denna koncentration om till negativt syre, dvs. hur mycket syre som behövs för att oxidera svavelvätet. Analys av trender har gjorts med enkel linjär regression, dels för hela perioden 1971-2009, dels för perioderna 1971-1990 och 1991-2009. I figurerna är endast signifikanta förändringar ($p < 0,05$) markerade. I Bottniska viken är dataunderlaget för den första mätperioden, 1971-1990, varierande då få mätningar har gjorts under året. Inga trendanalyser av temperatur och oorganiska närsalter har därför gjorts för denna period.

SYREHALTER I BOTTENVATTEN

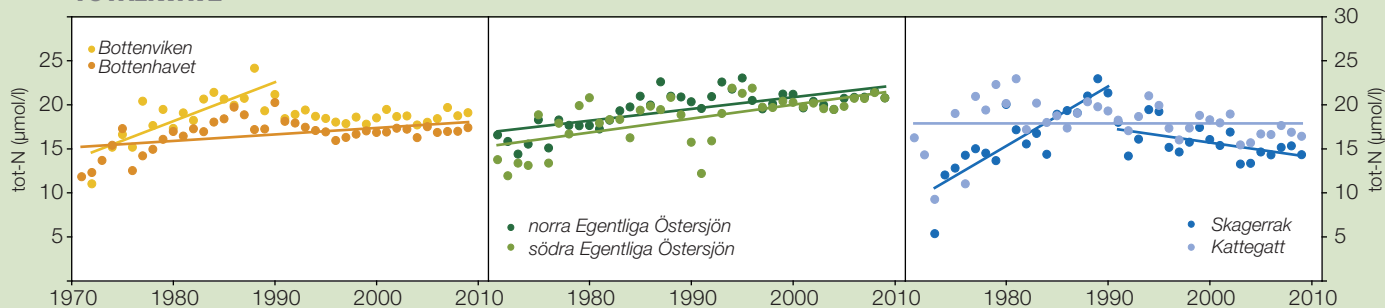


➤ I Bottenviken ligger syrehalterna på höga nivåer och inga förändringar kan ses. I Bottenhavet har syrehalterna i bottenvattnet minskat signifikant, troligen på grund av de försämrade syreförhållandena i Östersjöns mellanskikt som bildar djupvattnet i Bottenhavet. I Egentliga Östersjön är det numera sällsynt med stora inflöden från Västerhavet. I de södra delarna sker normalt några mindre vattenutbyten per år, medan stagnationsperioderna i de norra delarna kan vara långa. Syrehalterna har minskat signifikant i hela bassängen under mätperioden. En allt större del av Östersjöns botten drabbas av syrebrist och utbredning av svavelväte. I Västerhavet, där djupvattnet består av salt Nordsjövatten är vattenomsättningen god, och i Skagerrak finns inga problem med låga syrehalter. I Kattegatt kan omsättningen av djupvatten under kortare perioder vara begränsad. Under första perioden har en signifikant minskning skett i både Skagerrak och Kattegatt, och i Skagerrak även över hela perioden. Minskningen är dock mycket liten.

TOTALFOSFOR



TOTALKVÄVE



➤ Variationer i totalfosfor och totalkväve under året är liten. Under vintern består största delen av totalfosforhalterna och en betydande del av totalkvävehalterna av oorganiska fraktioner. Vår och sommar domineras totalhalterna av organiskt material när de oorganiska fraktionerna tas upp av planktonsamhället. Halterna av totalfosfor och totalkväve ökade signifikant i nästan alla havsområden fram till slutet av 1980-talet. Totalfosforhalterna minskade sedan under 1990-talet för att sedan öka igen under 2000-talet. Totalkvävehalterna har under den andra mätperioden minskat något eller legat på samma nivå. I Västerhavet är minskningen signifikant.

Sjunkande kvävehalter

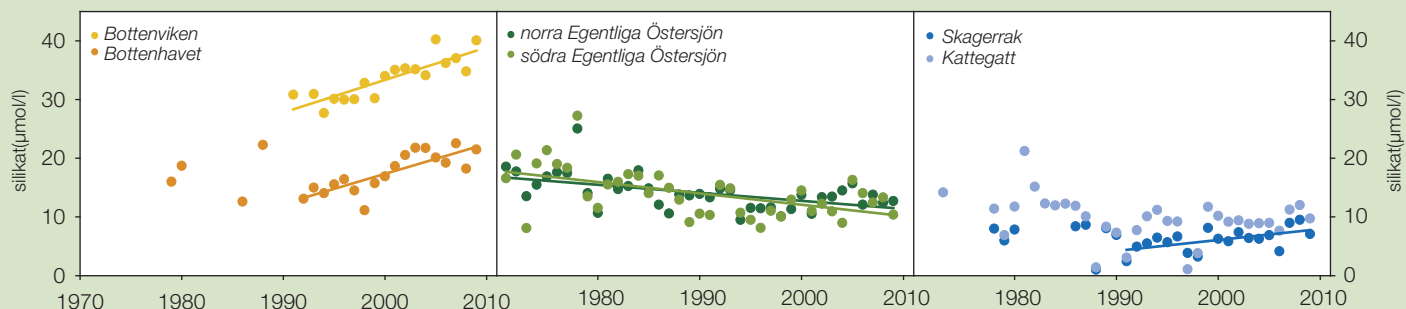
Halterna av totalkväve är ungefär lika i alla bassängerna medan den oorganiska delen är lägre i Bottniska viken och Egentliga Östersjön än i Västerhavet, där mellanårsvariationen är större. Halterna av totalfosfor och fosfat ligger på samma nivå i Västerhavet och Egentliga Östersjön

men är markant lägre i Bottniska viken. De absolut lägsta nivåerna finns i Bottenviken. Däremot är halterna av kisel som högst i Bottniska viken och lägst i Västerhavet.

Halterna av näringsämnen ökade fram till slutet av 1980-talet. Både kväve- och fosforhalterna minskade sedan under 1990-talet. Därefter har kvävehalterna fort-

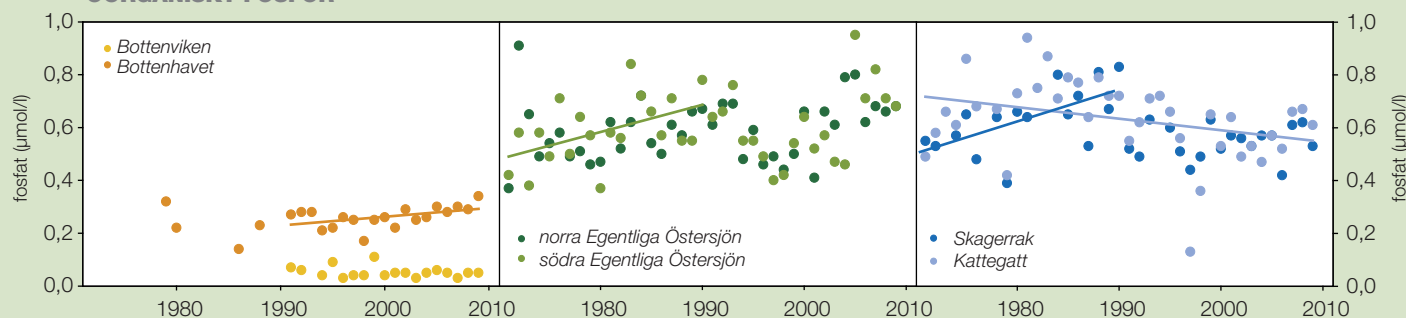
satt att minska eller legat på samma nivå under 2000-talet medan fosforhalterna har ökat. En minskning kan skönjas de senaste åren i Egentliga Östersjön. Kiselhalterna har minskat i Egentliga Östersjön och ökat i Västerhavet och framför allt i Bottniska viken.

KISEL

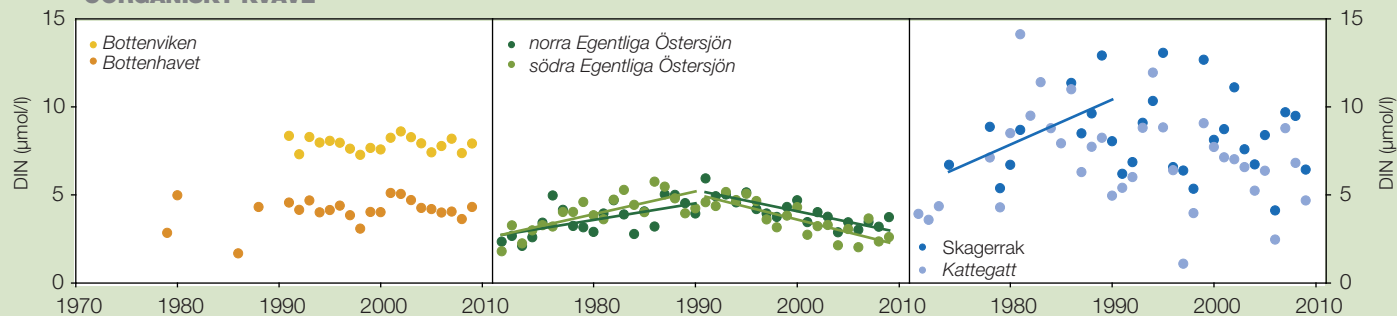


➤ Halterna av kisel minskade under första perioden, signifikant i Egentliga Östersjön. Sedan har halterna planat ut i Egentliga Östersjön. I Skagerrak och framför allt i Bottniska viken har de ökat signifikant.

OORGANISKT FOSFOR



OORGANISKT KVÄVE



➤ Halterna av fosfat ökade signifikant i södra Egentliga Östersjön och Skagerrak under den första mätperioden. Fram till 2000 minskade sedan fosfathalterna för att under det sista årtiondet åter öka. Ökningen de sista åren beror troligen framför allt på interna processer, inte på belastningen från land. Det finns en tendens till minskning de senaste åren. Fosfathalterna i Bottenhavet har ökat signifikant under den andra mätperioden, medan halterna i Bottenviken ligger på oförändrat låga nivåer hela mätperioden.

➤ Halterna av oorganiskt kväve ökade signifikant i Egentliga Östersjön och Skagerrak under den första mätperioden, för att i Egentliga Östersjön sedan minska signifikant under den andra mätperioden. I Västerhavet är årsvariationen större på grund av vattenutbytet med Nordsjön, och inga trender kan ses under den andra mätperioden. Inte heller i Bottniska viken har någon signifikant förändring i halten av oorganiskt kväve skett under den senare perioden.

Växtplanktonproduktion

– mätningar med problem

ULF LARSSON & SVANTE NYBERG, STOCKHOLMS UNIVERSITET / KRISTIN ANDREASSON, SMHI / ODD LINDAHL, KVA
JOHAN WIKNER, UMEÅ UNIVERSITET

Ekosystemets reaktion på ändrad näringstillförsel kan följas genom att mäta växtplanktons produktion. Denna variabel ingår i vårt nationella övervakningsprogram och har, tack vare det nationella samarbetet med Havet-rapporten, för första gången sammanställts för att utvärdera och jämföra produktiviteten i våra havsområden över tid.

■ Utvärderingen visade dessvärre så stora skillnader både inom och mellan havsområden att en jämförelse av produktiviteten riskerade att bli grovt missvisande. Innan vi vet mer om orsakerna till skillnaderna redovisar vi därför de olika mätserierna,

jämför resultaten med data från litteraturen, lyfter fram det som förefaller inkonsekvent och pekar på möjliga felkällor.

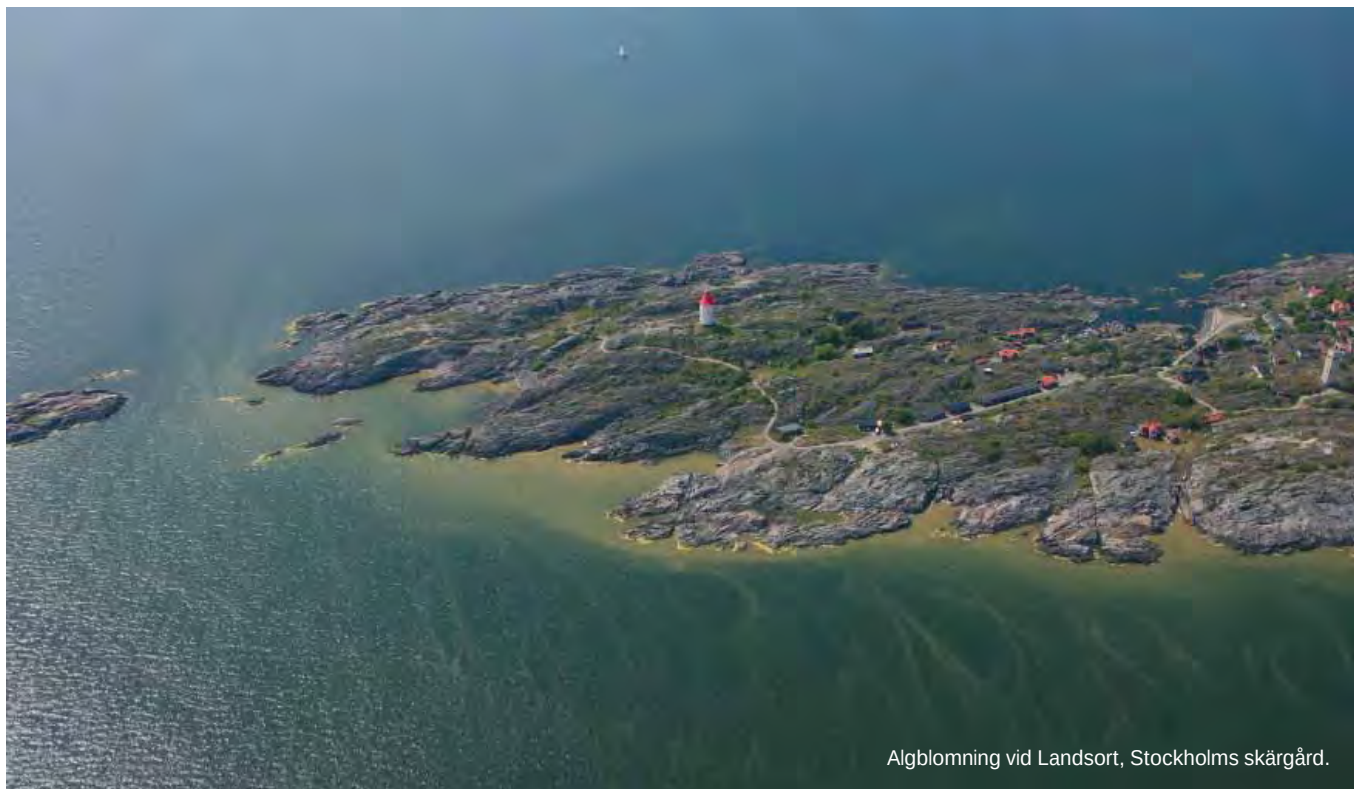
Direkt koppling till eutrofiering

Primärproduktion, eller växtplanktonproduktion, är ett mått på tillväxthastighet. Andra variabler som ingår i det marina miljöövervakningsprogrammet, exempelvis klorofyll eller växtplanktons biomassa, talar bara om hur mycket som finns vid ett visst tillfälle, inte hur fort nybildning sker.

När vi talar om att våra havsområden är övergödda, eutrofierade, är det ofta i termer av att mängden näringsämnen och växtplanktonbiomassa har ökat, eller att sikt-

djupet och syrehalten i bottenvattnet har minskat. Men detta är indikationer på ökad produktion i havet. Produktionen av växtplankton visar däremot direkt hur mycket organiskt material och energi som tillförs ekosystemet. Förutsatt att vi har tillförlitliga mätmetoder är detta det mest invändningsfria sättet att mäta ekosystemets reaktion på ändrad näringsämnestillförsel.

De flesta system för att klassificera tillståndet i havet med avseende på näringsstatus baseras följaktligen på produktion av växtplankton eller på tillförsel av organiskt bundet kol. I det senare fallet bidrar växtplanktonproduktionen i flertalet fall med huvudparten. Bottenviken är ett undantag,



Algblomning vid Landsort, Stockholms skärgård.

Foto: Kustbevakningen

FAKTA

Mätning av växtplanktonproduktion i en inkubator med artificiellt ljus i ett laboratorium.



Foto: Berndt Abrahamsson

där mycket organiskt bundet kol tillförs med älvvatten.

Sammanställning med frågetecken

När växtplanktonproduktionsdata från den nationella miljöövervakningen sammanställdes var skillnaderna mellan och inom havsområden mycket stora. Som lägst uppmättes en årsproduktion på 7 gram kol per kvadratmeter och år i Bottenviken, och som högst 339 i Gullmarn i Bohuslän. Enligt dessa siffror skulle svenska havsområden vara allt från extremt näringsfattiga, med en produktion i nivå med den i ultra-oligotrofa sjöar, till näringsrika – eutrofa.

En närmare granskning av data visade en oväntat stor spännvidd, uttryckt som en kvot, mellan det högsta och lägsta värdet i Bottniska viken. Kvoten är som högst i Bottenhavet, med en faktor sex mellan lägsta och högsta årsproduktion. I övriga havsområden är den omkring två, med undantag för Kattegatt där årsvärdena skiljer sig med en faktor fem. I absoluta tal är skillnaden störst i områden med högst årsproduktion.

Jämförelser ger stöd åt misstankarna

En jämförelse av miljöövervakningsdata med tidigare publicerade data på växtplanktonproduktion från samma havsområden visar en delvis dålig överensstämmelse. Att data från den nationella miljöövervakningen är i nivå med äldre data i vissa havsområden, men betydligt lägre i andra, kan vara ytterligare en indikation på mätproblem.

Värdena från Bottenvikens utsjö och BY31 i norra Egentliga Östersjön stämmer väl med tidigare data från respektive område. Detsamma gäller för det senare havsområdets kust, där jämförelsedata kommer

Så mäts växtplanktonproduktion

Ett sätt att mäta produktionen av växtplankton utvecklades av dansken Steemann-Nielsen i början av 1950-talet. Växtplankton använder solenergi och koldioxid löst i vatten för sin tillväxt. Genom att tillsätta radioaktiv koldioxid, där den stabila isotopen ^{12}C bytts mot ^{14}C , kan upptaget i algen mätas.

Praktiskt går mätningen till så att man till en volym havsvatten sätter en känd mängd isotop. Därefter placeras flaskan med havsvattnet antingen i fält, på samma djup som provet togs ifrån, så kallad in situ-mätning, eller i en inkubator med artificiellt ljus i ett laboratorium. Man får då ett mått på milligram upptaget kol per liter och timme. Med olika antaganden om ljusberoende kan man beräkna den totala produktionen i vattenpelaren, uttryckt exempelvis som milligram upptaget kol per kvadratmeter och dygn.

Tillförlitligheten i uppskattningen av produktionen med ^{14}C -metoden har behandlats i en mängd vetenskapliga publikationer, och många felkällor har diskuterats, men den fortsätter vara den mest använda.

från station B1, men avser åren innan starten av den här redovisade tidserien. Även i Gullmarn stämmer miljöövervakningsdata väl med data från Tjärnö i norra Bohuslän från åren 1986 och 1987. För Kattegatt är däremot tidigare uppskattningar väsentligt högre. Detsamma gäller södra Östersjön, Örefjärden och Bottenhavet.

Nyligen har modellberäkningar av växtplanktonproduktionen i olika havsområden publicerats. Dessa ger en liknande bild, med betydligt högre årsproduktion i Bottniska viken och Kattegatt än vad mätningarna från den nationella miljöövervakningen visar. För havsområdet Egentliga Östersjön visar modellen ungefär samma nivå som mätningarna från norra Egentliga Östersjön.

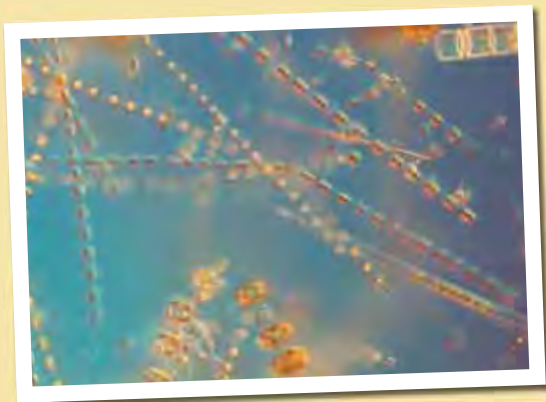
Teknikval påverkar kraftigt

En orsak till skillnaderna mellan de olika dataseten kan vara den använda metoden. I de havsområden där skillnaderna är störst

används nu den kostnadseffektivare inkubatormetoden, medan in situ-metoden fortfarande används i Gullmarn och vid station B1, och parallellt med inkubatormetoden vid station BY31.

Den viktigaste skillnaden mellan teknikerna är att inkubator-metoden använder artificiellt ljus och olika sätt att dämpa ljuset för att simulera den naturliga minskningen med ökande vattendjup. Förutom svårigheter att hitta en ljuskälla som liknar det naturliga ljuset inom det fotosyntetiska spektrat, finns inget sätt att förändra ljusets våglängdssammansättning så som sker med ökat djup. Man kan inte heller ta hänsyn till de naturliga variationer som kan finnas i ljusutsläckning eller temperatur på olika djup. Mätningarna görs dessutom så snart forskningsfartyget kommer till station, oavsett tid på dygnet, vilket innebär att växtplanktons fysiologiska tillstånd varierar.

Den rationalisering av programmen



Små mikroskopiska växtplankton och kustområdenas bottenlevande växter utgör basen i havets näringsväv. Av ljus, koldioxid och näringsämnen skapar de allt organiskt material som havens djur lever av.

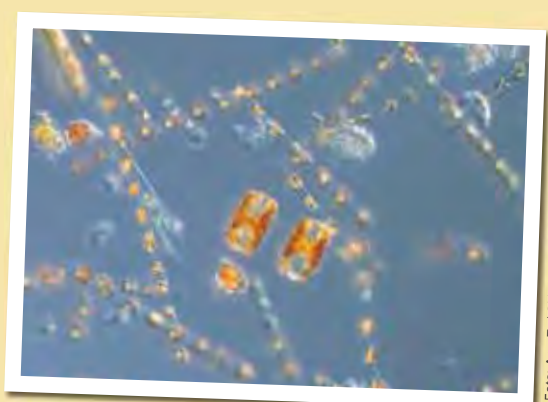
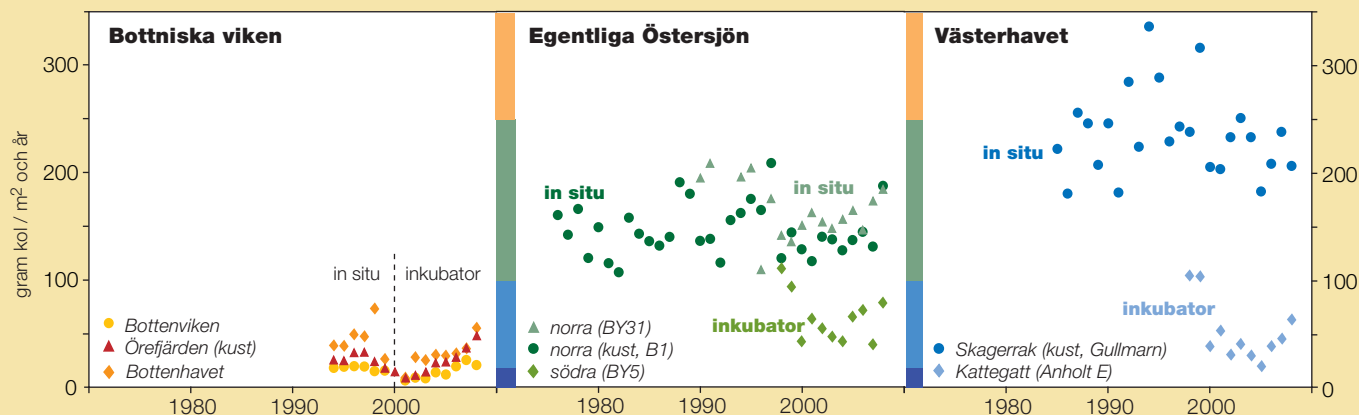


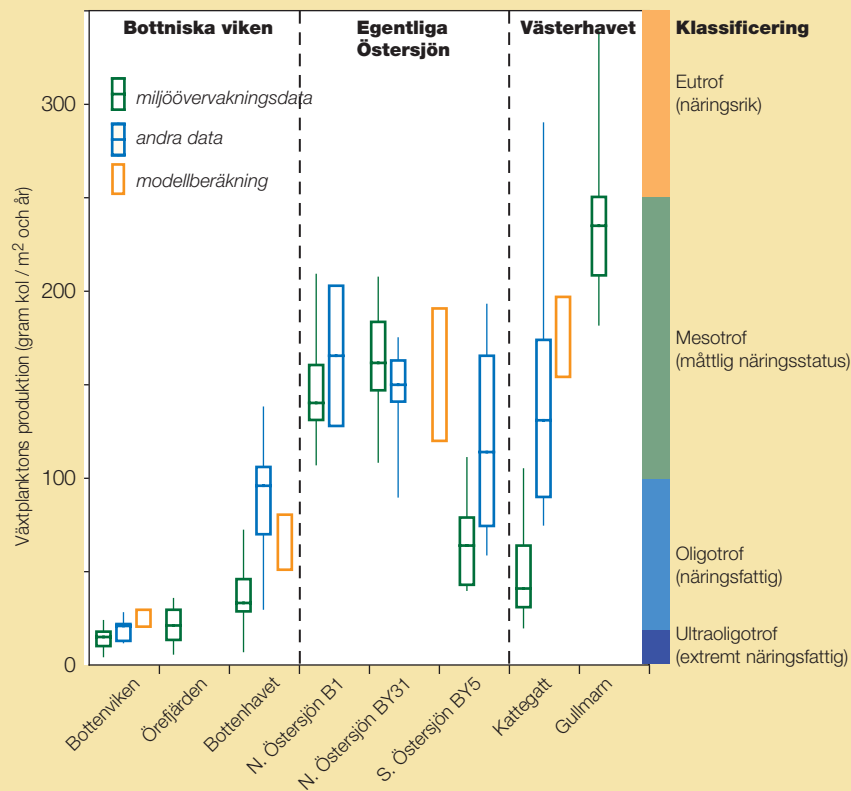
Foto: Ann-Turi Skjevik (båda).

VÄXTPLANKTONS PRODUKTION



Figurerna visar växtplanktons årsproduktion i åtta svenska havs- och kustområden, baserade på miljöövervakningsdata. Skillnaderna både inom och mellan havsområden är anmärkningsvärt stora, och ger upphov till tveksamhet om huruvida dessa data är tillförlitliga. Intressant är ändå att ingen av tidserierna visar någon signifikant ändring över tiden om hela serien beaktas. I Gullmar var dock primärproduktionen signifikant högre under 1990-talet jämfört med början och slutet av tidsserien enligt en preliminär analys.

NÄRINGSSTATUS I VÅRA HAVSOMRÅDEN ENLIGT OLIKA DATASET



En jämförelse av våra miljöövervakningsdata med publicerade värden från andra undersökningar i samma havsområden visar en delvis dålig överensstämmelse. Modellberäkningar över växtplanktons produktion baserat på näringsdata ger ytterligare en bild.

Klassificeringen av havsområdenas näringsstatus är inte direkt kopplat till övergödning. Ett näringsfattigt havsområde kan naturligtvis vara eutrofierat, trots att det fortfarande klassas som näringsfattigt.

Boxarnas utsträckning omfattar 50% av observationerna. Det horisontella strecket visar medianvärdet, och de vertikala linjerna innefattar minimum- och maximumvärdena. För de modellberäknade data (Savchuk & Wulff 2009) visar boxen medelvärde ± 1 standardavvikelse.

som lett till att in situ-mätningar ersatts av inkubator är ur kostnadssynpunkt förståelig, men den har skett utan analys av konsekvenser för kontinuiteten i mätningarna. Mångåriga jämförande studier av dessa två metoder vid station BY31 visar att inkubatormetoden underskattar växtplanktons produktion med ungefär 10 procent under vår och höst och så mycket som nära 40 procent under sommaren. Detta förklarar en del av de observerade skillnaderna.

Metoden måste stramas upp

Inom miljöövervakningen använder sig samtliga utförare av den inkubatormetod som rekommenderas av Helcom för primärproduktionsmätning. Nyligen genomfördes en första nationell interkalibrering av denna. Skillnaderna i resultat mellan olika utförare var betydande. Metoden lämnar utrymme för skillnader i inkuberingsätt, ljuskvalitet och intensitet, tidpunkt på dygnet för mätning, mätfrekvens och liknande, vilket kan bidra till de såväl systematiska som slumpmässiga skillnader som redovisas här. Orsaken till skillnaderna måste klargöras, och den använda metoden standardiseras. Även om detta arbete blir framgångsrikt kommer troligen inte jämförbarhet med äldre in situ data att uppnås.

Redan för tjugo år sedan publicerades en interkalibreringsstudie som visade oroväckande stora skillnader i samtliga testade moment i mätningarna. Studien tillkom för att undersöka om det var lämpligt att sammanställa en databas med mätvärden från olika laboratorier. Med hänvisning till den mycket stora variabiliteten i resultaten ansågs detta olämpligt, en rekommendation som dessvärre fortfarande tycks giltig.

Pengar i sjön...?

Miljöövervakning utförs för att med rimlig säkerhet kunna följa förändringar i våra havsområden, både sådana som uppstår till följd av exempelvis övergödningseffekter och klimatförändringar, och sådana som kan förväntas som resultat av insatta åtgärder.

Om våra insamlade data ska kunna användas till det de var tänkta för måste de vara tillförlitliga. Ett arbete måste skyndsamt inledas så att mätningarna i de olika havsområdena blir jämförbara. Pågående in situ-mätningar vid stationer där det

finns långa tidsserier måste därför fortsätta så länge en tillförlitlig alternativ metod saknas.

En viktig lärdom är också att interkalibrering och kvalitetskontroll måste få högre prioritet inom miljöövervakningen, och att nationella referenslaboratorier måste inrättas för en oberoende och regelbunden kvalitetskontroll. **S**

LÄSTIPS

Wasmund N, Andrushaitis A, Lysiak-Pastuszak E, et al. 2001. *Trophic status of the south-eastern Baltic Sea: A comparison of coastal and open areas*. Estuarine Coastal and Shelf Science: Vol. 53:6 pages 849–864.

Wasmund N, Kell V. 1991 *Characterization of Brackish Coastal Waters of Different Trophic Levels by Means of Phytoplankton Biomass and Primary Production*. Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie: Vol. 76:3 pages 361–370.

FAKTA

Så övervakas primärproduktion

Bottniska viken:

I Bottniska viken mäts produktionen av växtplankton vid sex stationer. Sedan 2001 med inkubator, dessförinnan användes in situ-teknik.

Bassängvisa årsvärden eftersträvas där tillräcklig tidsmässig frekvens och viss rumslig täckning erhålls genom att mäta två stationer 10 gånger per år i Bottenviken (A5 och A13) och Bottenhavet (C3 och C14). Stationerna visar god samvariation och nivå under året och används som replikat för bassängmedelvärdena. I Örefjärden mäts två stationer alternerande vilket ger en frekvens om 20 gånger per år för vattenförekomsten, samtidigt som en rumslig täckning sker. Mätningarna sker året runt med något glesare frekvens under vintern.

Under perioden 1994–2000 utfördes mätningarna vid en station per bassäng mellan 10–24 gånger per år. Undantag är år 2000 då medelbrist hindrade mätningarna på utsjöstationerna. I Bottenhavet flyttades mätningarna från station C1 till C3 år 2001.

Norra Egentliga Östersjön

Den längsta tidsserien för produktionsmätningar är från kustområdet Askö B1 och sträcker sig tillbaka till 1976. Den baseras på in situ-mätningar, där samma teknik använts under hela perioden. Även de data som redovisas från Landsortsdjupet, BY31, är gjorda med in situ-metoden. Sedan 2003 görs här även inkubator-mätningar i syfte att undersöka metodernas jämförbarhet.

Data från dessa båda stationer kommer från den produktiva delen av året, mars-oktober. Anledningen är den omläggning av programmet som gjordes 2000 då SMHI övertog mätningarna vid BY31 under senhöst och vinter. Detta medförde att in situ-mätningar inte längre kan göras under den årstiden. En jämförelse med åtta år på 1990-talet då mätningarna gjordes året runt visar att årsproduktionen underskattas med mindre än 5 procent, ett i sammanhanget relativt litet fel.

I det nuvarande programmet görs ungefär 22 mätningar per station och år, med frekvensen varje vecka under våren, 2–3 gånger per månad under sommar och höst och varje månad under vintern.

Södra Egentliga Östersjön och Kattegatt:

Primärproduktion har mätts sedan 1979 på station BY5 vid Bornholmsdjupet och sedan 1982 vid Anholt E i Kattegatt. Eftersom man använt sig av olika metoder har endast data från och med 1998 använts i artikeln. Då började man använda inkubator-metoden och har haft ungefär samma tidsintervall i provtagningarna. Frekvensen har varit 10–13 gånger per år för BY5 och 15–21 gånger per år för Anholt E.

År 2007 utökades programmet i södra Östersjön med stationerna BY15 Gotlandsdjupet och RefM1V1 i Kalmarsund, samt med N14 Falkenberg i Kattegatt. Samtliga stationer besöks sedan dess cirka 12 gånger per år, utom Anholt E som besöks dubbelt så ofta.

Gullmarsn:

Även i Gullmarsn mynning i Bohuslän finns en lång mätserie baserad på in situ-teknik. Den startade 1985, och mätprotokollet har inte förändrats sedan dess. Sammanlagt har 482 mätningar av primärproduktion utförts till och med 2008, i snitt 20 provtagningar per år. Mätfrekvensen har varit högst under vårbloomingen i mars, med veckovisa mätningar. Under sommaren och hösten har mätningar utförts ungefär varannan vecka, och under vintern, från november till februari, knappt en gång per månad.

Bottniska viken

I Bottniska viken som helhet bedöms tillståndet för plankton med viss tillförlitlighet vara gott, då varken tillståndet för djur- eller bakterieplankton ändrar den goda statusen klassad utifrån växtplankton.

I Bottenvikens öppna hav minskar bakterietillväxten, och växtplanktons biovolym är stabil. Näringstillgången verkar därmed inte öka. Ökningen av klorofyll *a* kan bero på försämrat ljusklimat för växtplankton, och därmed mer pigment per cell.

I Bottenhavet är bestånden stabila, med undantag av en ökning i bakteriebiomassa vid kuststationen i Örefjärden. Där har även vissa djurplanktongrupper med sötvattensursprung, hinnkräftor och hjuldjur, ökat signifikant. Den totala djurplanktonbiomassan är trots detta stabil.

Egentliga Östersjön

Tillståndet för plankton bedöms som måttligt i norra Egentliga Östersjön. Bedömningen görs huvudsakligen utifrån statusen hos växtplankton, men motsägs inte av tillståndet för djurplankton. Detta gäller både kuststationen vid Askö och utsjöstationen vid Landsort.

De filamentösa cyanobakterierna har ökat vid kuststationen, medan dinoflagellater minskar i öppet hav. Orsaken till detta är ännu inte klarlagd. I övrigt är bestånden stabila. För djurplankton syns inga trender, men det saknas ännu alltför mycket utvärderade data för att kunna göra någon tillförlitlig bedömning.

Västerhavet

Vid kuststationen Släggö i Skagerrak är statusen hos växtplankton god enligt vattendirektivets klassning, och bestånden är stabila. Utvärderade djurplanktondata saknas.

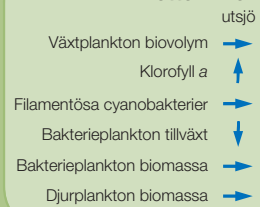
Utsjöstationen i Kattegatt visar däremot måttlig status, med förbehållet att mycket tyder på att bedömningsgrunderna i Västerhavet behöver revideras. Växtplankton visar dock en stabil tidsutveckling utan uppåt- eller nedåtgående trender. Även djurplanktonbeståndet är stabilt.

PLANKTON – TILLSTÅND OCH TRENDER 2009

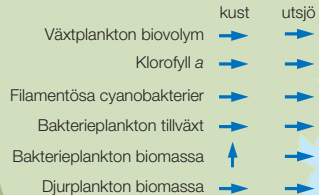
Expertbedömd planktonstatus



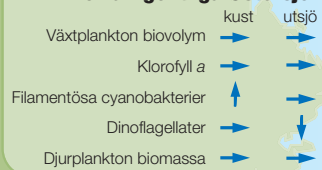
Bottenviken



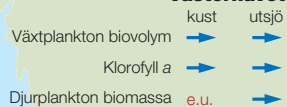
Bottenhavet



Norra Egentliga Östersjön



Västerhavet



Prickarna i kartan visar ett expertbedömt sammanvägt tillstånd för plankton. Det grundas främst på de officiellt antagna bedömningsgrunder som finns för växtplankton. Experterna har därefter bedömt om tillstånd och trender för övriga planktongrupper överensstämmer med denna klassning.

I rutorna sammanfattas trenderna för samtliga marina planktons kvalitetsfaktorer.

Pilarna visar vilka säkerställda trender (ökande, minskande respektive oförändrat) som finns för den utvalda mätperioden (se originalfigurerna på följande sidor).

e.u. – ej utvärderad

Viktig grupp av smådjur

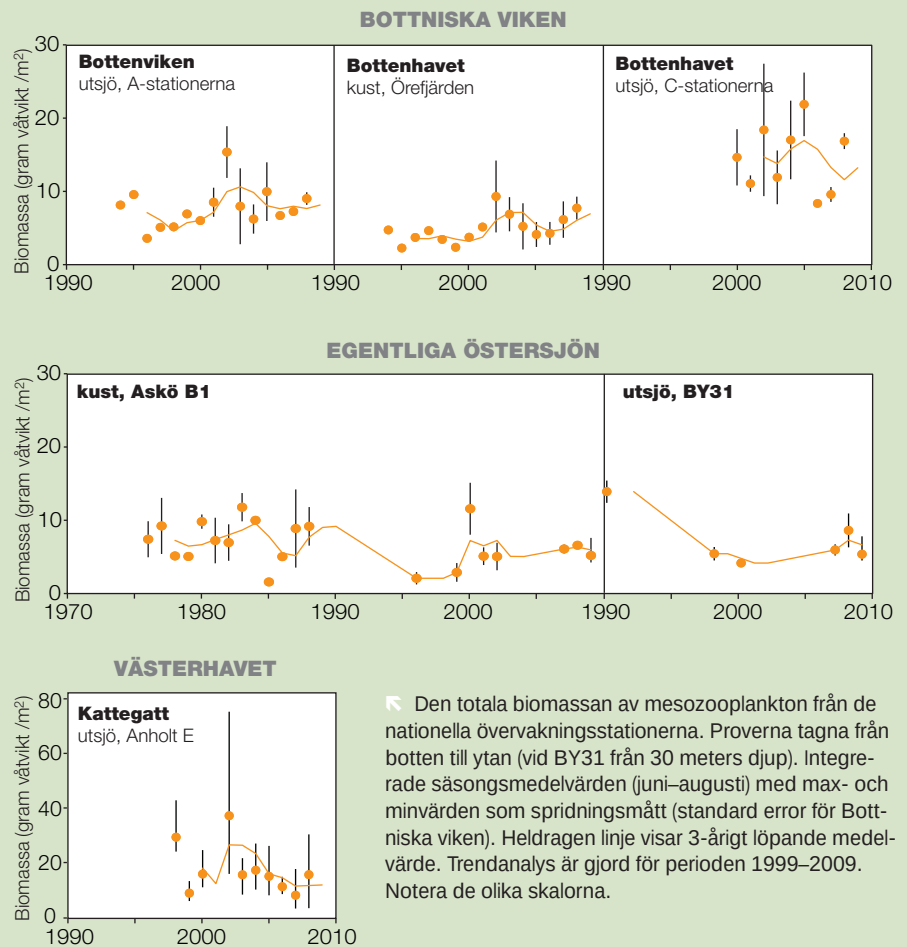
Djurplankton i storlekar mellan 0,2 och 2 millimeter kallas mesozooplankton, och består i huvudsak av de dominerande grupperna: hoppkräfter (copepoda), hinnkräfter (cladocera) och hjuldjur (rotifera). Bedömningsgrunder för dessa samhällens miljöstatus saknas fortfarande, och det är därför svårt att i dagsläget dra några slutsatser om miljötillståndet. Djurplanktonpopulationerna bör emellertid ha potential att indikera status med avseende på vattenkvalitet och eutrofiering.

Djurplanktons mellanställning i födoväven gör att fiskbestånden kan utöva en stark påverkan på dessa populationer. Kännedom om fiskbeståndens storlek och betestryck är därför viktigt för att möjliggöra en riktig tolkning av miljötillståndet baserat på djurplanktondata. Den stora bristen på äldre data gör också att det är svårt att bedöma hur ett mer opåverkat djurplanktonsamhälle kan ha sett ut.

Bottniska viken

I Bottniska viken uppvisar inget av de undersökta delområdena några signifikanta trender i djurplanktons totalbiomassa under den senaste tioårsperioden. Undersökningsmaterialet medger att trender på minst 10-11 procent per år skulle ha kunnat upptäckas i tidsserierna. Biomassan i öppet hav är högre i Bottenhavet än i Bottenviken, vilket är förväntat med tanke på den högre produktiviteten i Bottenhavet.

På kuststationerna i Örefjärden i norra Bottenhavet har biomassorna av både hinnkräfter och hjuldjur ökat signifikant med fyra gånger under tioårsperioden. Ökningen är tydlig, särskilt för hinnkräfter, vilket gör att även totalbiomassan tenderar att öka. Den senare ökningen är emellertid inte signifikant, delvis beroende på en samtidig tendens till minskning av hoppkräfter. Om man tittar på hela tidsserien visar dock både biomassan av hinnkräfter och totalbiomassan signifikanta ökningar. Hinnkräfter och hjuldjur är djurgrupper med sötvattenursprung, som är kända för att gynnas av låg salthalt och varmt vatten. Salthalten i Bottniska viken har minskat



under undersökningsperioden vilket skulle kunna förklara en del av ökningen. Temperaturen visar inte någon tydlig trend under samma tid. Faktorer relaterade till födotillgång och födovävens sammansättning kan sannolikt också vara av betydelse.

Egentliga Östersjön

Inte heller i norra Egentliga Östersjön visar totalbiomassan några signifikanta trender under den senaste tioårsperioden. Detta beror delvis på betydande dataluckor eftersom miljöövervakning av djurplankton avbröts i början av 1990-talet och dataanalys har påbörjats igen först 2007.

Vid Askö i norra Egentliga Östersjön tyder existerande data på att mellanårsvariationerna ökar mot 1990-talet, men det är svårt att identifiera trender innan mer data blir tillgängliga. Däremot har biomassan av hjuldjur minskat signifikant under

1999-2009, men på grund av deras ringa storlek har detta inte resulterat i någon signifikant minskning av totalbiomassan.

Västerhavet

Sammanhängande data för djurplankton under en längre tidsperiod finns än så länge endast från utsjöstationen Anholt E i Kattegatt. Denna station får därmed representera hela Västerhavets öppna havsområden. Även här saknas signifikanta trender i totalbiomassan under den senaste tioårsperioden. Materialets tidslängd och inbördes variation medger att trender på ungefär 17-18 procent per år skulle ha kunnat upptäckas i tidserien.

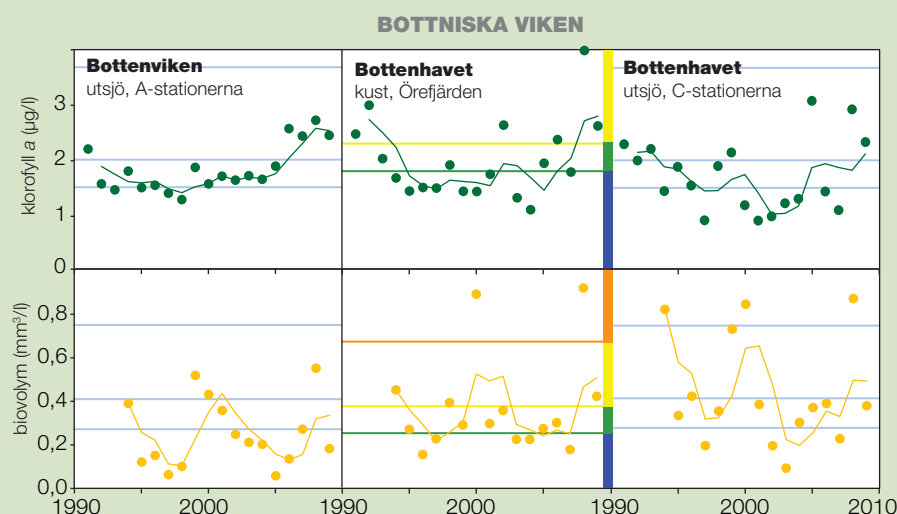
Uppdelat på olika grupper syns en tendens till minskning hos hoppkräfter jämfört med hinnkräfter och övriga grupper. Dock påvisas inte heller här någon signifikant trend.

Pelagial biologi / växtplankton

Agneta Andersson & Chatarina Karlsson, Umeå universitet / Susanna Hajdu & Helena Högländer, Stockholms universitet / Ann-Turi Skjevik, SMHI

Kiselalgen *Pseudosolenia calcar-avis* är en icke giftig art som påträffats i Kattegatt och Skagerrak under 2009. Arten hör ursprungligen hemma i varmare vatten.

Foto: Ann-Turi Skjevik



Årliga medelvärden för perioden juni–augusti (punkter), samt löpande treårsmedelvärden (heldragna linjer). Statistiskt säkerställda trender är markerade med streckade linjer, och gäller för perioden 1990–2009. Bedömningsgrunder finns endast för kustområden. Här antyds kustområdenas klassgränser även för utsjöstationer för att ge en fingervisning om miljöstatus. ➔

Tillståndsbedömning

Bedömningsgrunder för växtplankton finns för klorofyll *a* och biovolym i kustvatten. Om man med försiktighet tillämpar dessa även för utsjöstationer så kan följande tillståndsbedömningar göras.

Bottniska viken

Vårblomningen 2009 startade som vanligt ungefär en månad tidigare i Bottenhavet än i Bottenviken, och den var betydligt mindre omfattande i norr. Även sommarens cyanobakterier förekom i högre koncentrationer i söder än i norr.

I Bottenvikens utsjöområden visar treårsmedelvärdet för biovolym god status medan klorofyll *a* visar måttlig status. Sedan 2006 har klorofyll *a*-värdena ökat med 50 procent jämfört med den föregående fyraårsperioden. Orsaken är oklar, men kan bero på att ljusklimatet försämrats och att klorofyllinnehållet i alger blivit högre.

I Bottenhavets öppna havsområden visar biovolymen måttlig status, medan

klorofyll *a* ligger på gränsen mellan god och måttlig status. I kustområdet Örefjärden visar båda kvalitetsfaktorerna måttlig status. Den måttliga tillståndsklassningen förklaras delvis med att det under 2008 var onormalt höga växtplanktonvärden i hela havsområdet. Årets värden låg på mer normala nivåer, närmare gränsen för god status.

Strikt användning av bedömningsgrunderna för klorofyll och biovolym indikerar att Bottniska viken skulle ha måttlig status. Vår analys är dock att det beror på avvikande värden under enskilda år. Den sammanvägda bedömningen med hjälp av tillståndsklassning och expertbedömning är därför att både Bottenviken och Bottenhavet har god ekologisk status. Att tillståndsklassningen för de båda kvalitetsfaktorerna ofta skiljer sig åt indikerar att klassgränserna behöver ses över i Bottniska viken.

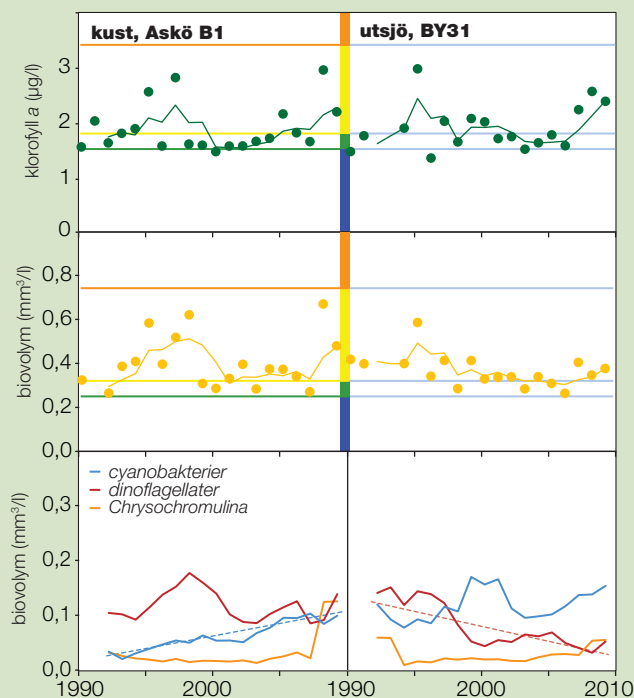
Egentliga Östersjön

I nordvästra Egentliga Östersjön där statio-

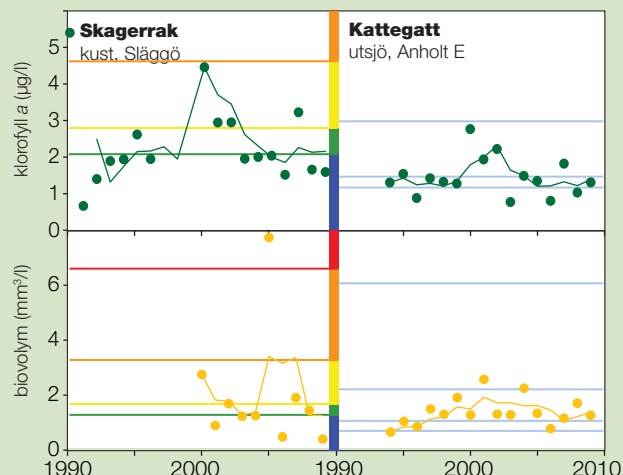
ner med högfrequent provtagning finns, visar både klorofyll *a* och biovolymvärden att statusen är måttlig både i kustområdet vid Askö och i det öppna havsområdet.

I kustområdet har både klorofyllkoncentration och biovolym minskat rejält jämfört med förra året. Det beror främst på att 2008 års kraftiga blomning av häftalgen *Chrysochromulina polylepis* uteblev i år, och återgick till normala nivåer. Förhoppningsvis var blomningen en engångsföreteelse. Den tycks inte heller ha påverkat varken växt- eller djurplanktonsamhället negativt. Årets trots allt fortfarande höga värden beror på att både cyanobakterier, särskilt släktet *Aphanizomenon*, och dinoflagellater, särskilt *Heterocapsa triquetra*, var mycket talrika sommaren 2009. *Aphanizomenon* nådde i slutet av juni den högsta abundansen som uppmätts i kustområdet sedan 1977. Vid samma tid var även släktet *Nodularia* ovanligt talrikt. Både klorofyll *a* och totalkväve återspeglade de höga cyanobakterietopparna, men orsaken till dessa är oklar.

EGENTLIGA ÖSTERSJÖN



VÄSTERHAVET



I utsjön har klorofyllkoncentrationen minskat, medan biovolymen har ökat något. Även här förekom cyanobakterier och dinoflagellater i större mängder jämfört med 2008, medan häftalgerna var betydligt färre.

Varken klorofyllkoncentration eller biovolym visar någon trend för hela perioden, varken i kustområdet eller i utsjön, men under de senaste åren har värdena varit högre än tidigare under 2000-talet. I kustområdet fortsätter cyanobakterierna att öka signifikant, medan dinoflagellaterna visar en signifikant minskning i utsjön, trots deras höga biomassa sommaren 2009.

Västerhavet

Sommaren 2009 var ett normalår vad gäller klorofyll *a* halterna vid både utsjöstationen och kuststationen, när årets månadsvärden jämförs med tioårsmedelvärdet. Utsjöområdet vid Anholt E i Kattegatt klassas till måttlig status för biovolym och till god status för klorofyll *a*. Vid kuststationen

Släggö i Skagerrak ligger treårsmedelvärdena inom gränserna för god status för båda kvalitetsfaktorerna. Den sammanvägda bedömningen innebär måttlig status för Anholt E och god status för Släggö.

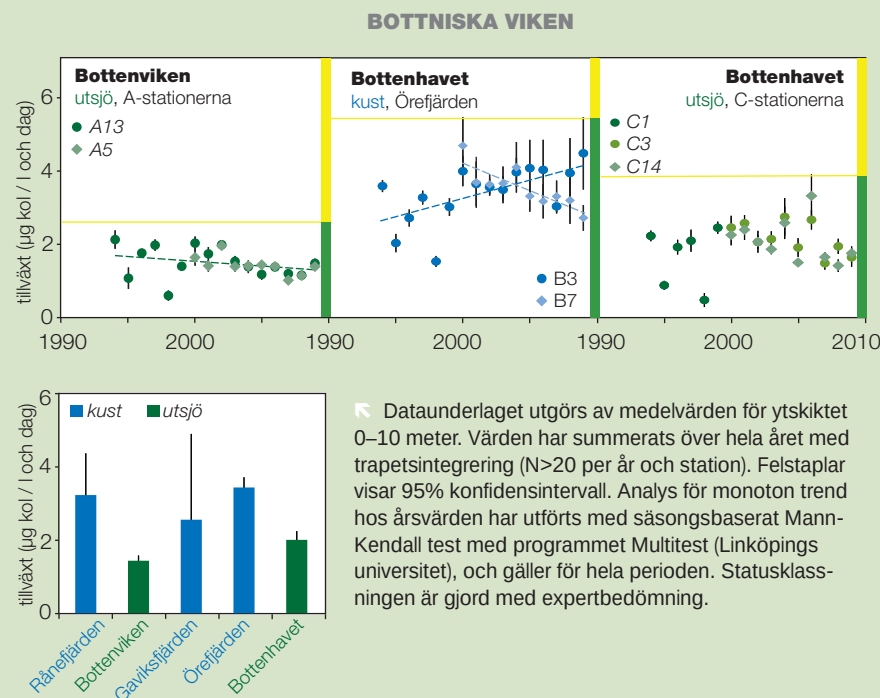
Med tanke på de resultat som statusklassning av en stor mängd områden i Västerhavet har gett, står det klart att bedömningsgrunderna bör revideras, och möjligtvis behöver referensvärdena justeras.

Chrysochromulina spp. observerades vid Anholt E under hela sommarperioden, med ett maximum på över en miljon celler per liter i mitten av juni. Släktet fanns även vid Släggö under hela sommarperioden, men i mindre mängder. Inga rapporter har dock kommit om att det påverkat fisk eller andra organismer. Under hösten förekom en ovanligt omfattande kiselalgsblomning i Västerhavet som observerades året ut. En för området ny art, kiselalgen *Pseudosolenia calcar-avis*, som annars finns i varmare vatten, dök upp i oktoberproverna och observerades också i små mängder året ut.

Kiselalgen *Chaetoceros decipiens* förekom i de variationsrika och celltåta växtplanktonproverna i Västerhavet under hösten 2009.



Foto: Ann-Turi Skjelvik



Gott tillstånd i näringsfattig miljö

Baserat på tillväxten hos bakterieplankton bedöms samtliga undersökta områden i Bottniska viken ligga inom det expertbedömda intervallet för god status. Denna bedömning grundar sig bland annat på litteraturjämförelser, där nivåerna från Bottniska viken motsvarar värden från öppen ocean och kontinentalsockel med relativt låg produktivitet. Nivån på bakterietillväxt i de moderna tidserierna sammanfaller också med en god syresituation och avsaknad av betydande växtplanktonblomningar. Denna globalt sett låga produktivitet syns även i växtplanktons produktion, vilket redovisas i fördjupningsdelen. Bottniska viken kan därför med god tillförlitlighet klassificeras som en näringsfattig miljö.

Minskad produktivitet i Bottenviken

I Bottenvikens utsjöområden har bakterietillväxten minskat med 48 procent sedan

1994. I detta redan näringsfattiga havsområde har produktiviteten därmed minskat ytterligare. Någon orsak har ännu inte identifierats.

I Bottenhavets öppna havsområde har tillväxten varit stabil under hela mätperioden. Det tyder indirekt även på en stabil syrekonsumtion, då bakterieplankton står för hälften av denna i havet. Detta stöder i sin tur tolkningen att de sjunkande syrehalterna i Bottenhavet har hydrografiska orsaker, kopplade till syresituationen i Egentliga Östersjön, snarare än ökad näringsbelastning och nedbrytning av organiskt material.

God produktivitet i kustområden

I kustområdet Örefjärden i Bottenhavets nordligaste del finns ingen säker trend när de båda ingående stationerna utvärderas samtidigt. Däremot visar de enskilda stationerna helt motsatta trender. Detta trots att de ligger i samma vattenförekomst med endast två kilometers avstånd. Observatio-

nen visar på vikten av att ha en god rumslig täckning av stationer i kustvattenförekomster. Beroende på vilken station som valts kunde slutsatserna om tidsutvecklingen blivit helt motsatta. Trots skillnaden i trend visar båda stationerna god status.

För första gången redovisas också data från de regionala kuststationerna i Rånefjärden i norra Bottenviken och Gaviksfjärden i norra Bottenhavet. Bakterietillväxten tyder på liknande näringsstatus i dessa båda vattenförekomster som på intensivstationen Örefjärden. Samtliga kuststationer har som förväntat en säkerställt högre näringsstatus än utsjöstationen i respektive bassäng.

Eftersom Örefjärden via expertbedömning anses hålla god status är en preliminär bedömning att också Rånefjärden och Gaviksfjärden gör detsamma. Mätserien är dock för kort på dessa stationer för att sätta lokala klassgränser.

Blågrönalger i Östersjön

– allt vi gör gynnar dem

EDNA GRANÉLI & CHRISTINA ESPLUND, LINNÉUNIVERSITETET

Blomningar av blågrönalger i Östersjön är inget nytt fenomen. De förekom redan för 8000 år sedan, i samband med att Östersjön blev ett brackvattenhav. Blomningarna har dock ökat i såväl utbredning som intensitet under de senaste femtio åren. Med mycket stor sannolikhet är det vi människor som ligger bakom ökningen. Det är inte heller bara en bov i dramat, utan tre; övergödning, överfiske och klimatförändring.

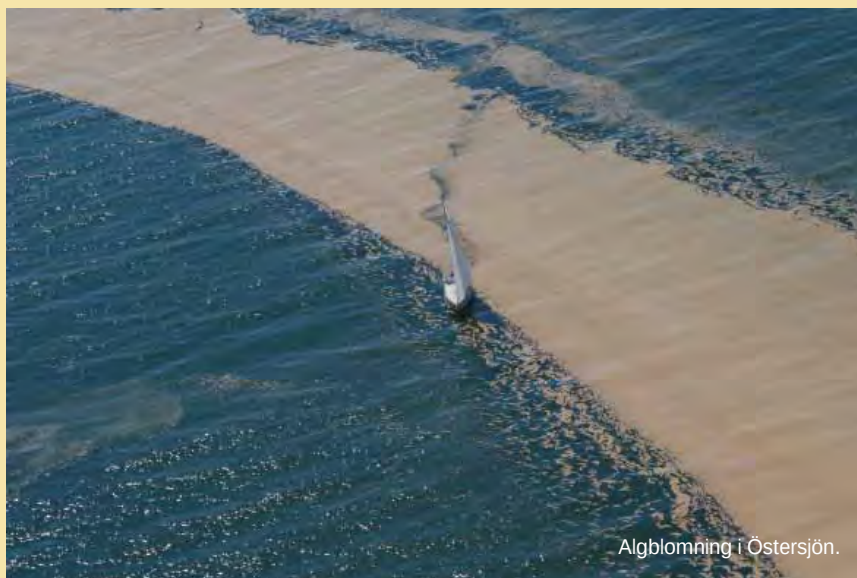
■ Dessa mikroskopiska organismer är egentligen en slags bakterier – cyanobakterier. De saknar en tydlig cellkärna, vilket är karakteristiskt för bakterier. Å andra sidan kan de fotosyntetisera och har, liksom alger och högre växter, klorofyll. Men de har också andra pigment, vilka ger vissa arter en blågrön färg. Det är därför som cyanobakterierna också kallas blågrönalger; en

term som, om än ovetenskaplig, kommer att användas i denna artikel.

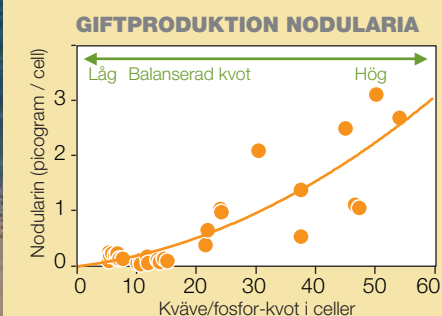
Tre skadliga arter

Det finns tre vanliga arter i Östersjön: *Aphanizomenon* spp., *Anabaena* spp. och *Nodularia spumigena*, katthårsalgen. De två förstnämnda som förekommer talrikt i sötvatten, med giftproducerande stammar från olika delar av världen, tycks dock inte producera gift i Östersjön. Katthårsalgen, som är en brackvattenart, är den mest kända och den producerar stora mängder av giftet nodularin. Giftet påverkar djur av olika slag; vattenloppor, fiskar, fåglar och däggdjur inklusive människa, och kan orsaka omfattande skador på ekosystemet. Giftproduktionen tycks öka när den lever under obalanserade näringsförhållanden, som när det finns ett överskott av kväve i vattnet i relation till vad algen behöver.

Alla dessa arter är kolonibildande, vilket innebär att flera celler hänger ihop i kedjor. De trivs i varmt vatten och har sitt maximum på högsommaren, och har dessutom gasvakuoler, vilket gör att de kan flyta upp till ytan och bilda en mycket tät algsoppa. Det innebär att blomningarna blir mycket påtagliga och vanligen inträffar i bästa semestertider, vilket orsakar mycket frustration och stora ekonomiska förluster för turism och annan verksamhet. Nya forskningsresultat visar också att alla tre arterna kan utsöndra substanser med kapacitet att hindra tillväxten av, eller till och med döda, andra mikroskopiska alger. Fenomenet kallas allelopati, och ger blågrönalgerna monopol på det näringsämne, kväve, som är en bristvara i vattnet under tillväxtperioden i de öppna delarna av Östersjön.

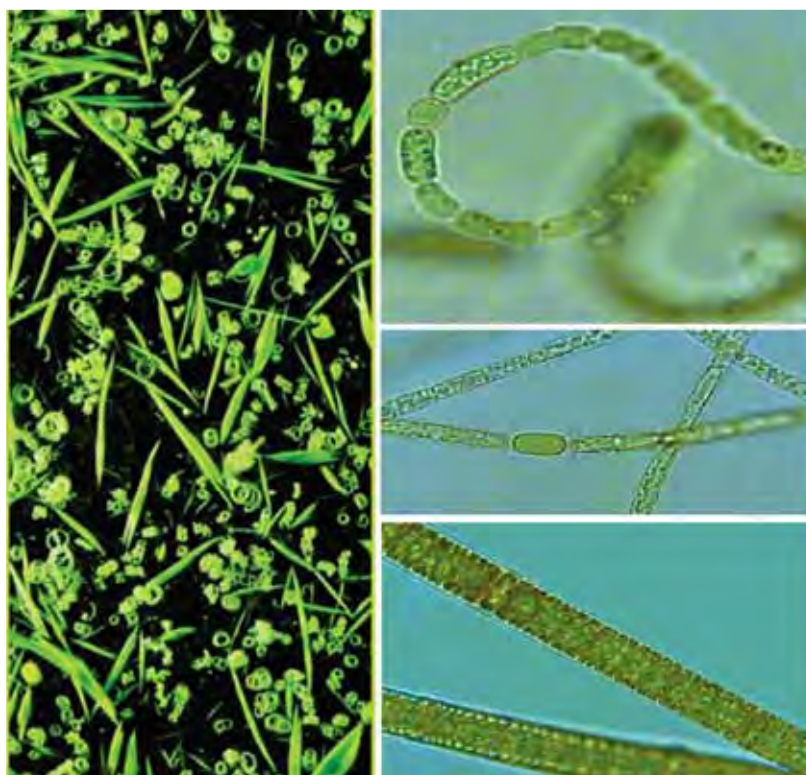


Algblomning i Östersjön.



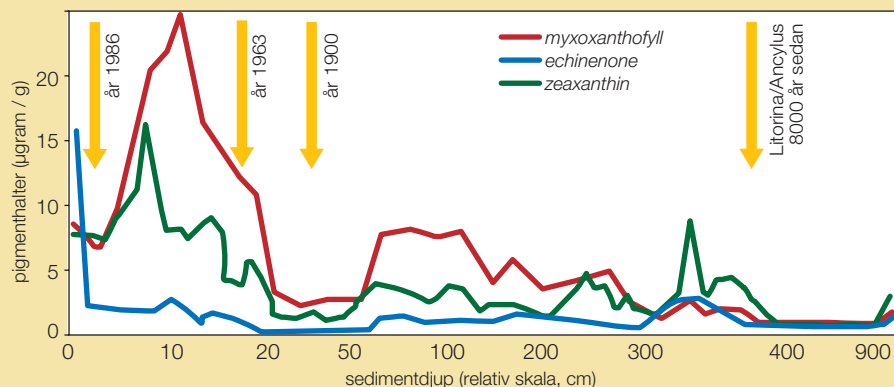
➤ Hos *Nodularia spumigena* ökar giftproduktionen om det finns ett överskott av kväve i vattnet. Figuren visar hur giftmängden i cellerna ökar ju större överskott av kväve cellerna har.

Foto: Kustbevakningen



Kraftiga förstoringar av de tre skadliga arterna av blågrönalger i Östersjön. Från ovan; *Anabaena lemmermannii*, *Aphanizomenon* spp. samt den giftproducerande *Nodularia spumigena*, katthårsalgen. Bilden till vänster visar en blomning där alla arterna förekommer tillsammans. *Aphanizomenon* är ihopbuntade till stora knippen av filament, *Anabaena* ser ut som små trassliga nystan och *Nodularia* förekommer i större spiraler och enstaka raka filament.

FÖREKOMST AV BLÅGRÖNALGER UNDER 10 000 ÅR



Figuren visar mängden pigment från blågrönalger som hittas i sediment från Gotlandsdjupet. Det visar att blågrönalgerna fanns i Östersjön redan när den blev ett brackvattenshav för 8000 år sedan, men att blomningarna ökade markant efter 1963. Omritat från Poutanen & Nikkilä, 2001.

Algers näringsbehov

Blågrönalger använder, liksom alla andra grupper av mikroalger, ljusfångande pigment för att få energi, samt koldioxid och vätnäringsämnen lösta i vattnet till att bygga upp nya celler. De måste också ha små mängder av vitaminer och olika spårmetaller, exempelvis järn, zink och kobolt.

Näringsämnena kväve och fosfor går åt i stora kvantiteter, och ungefär sju gånger så mycket kväve som fosfor behövs. Dessa proportioner råder också i oceanvatten. I Östersjön däremot varierar proportionerna avsevärt, både från norr till söder och under året. I Bottenviken är algernas tillväxt fosforbegränsad, eftersom där finns ett betydande överskott av kväve. I Egentliga

Östersjön är det istället kvävet som tar slut först. Där finns det fortfarande en hel del fosfor kvar när algerna utnyttjat allt kväve under våren.

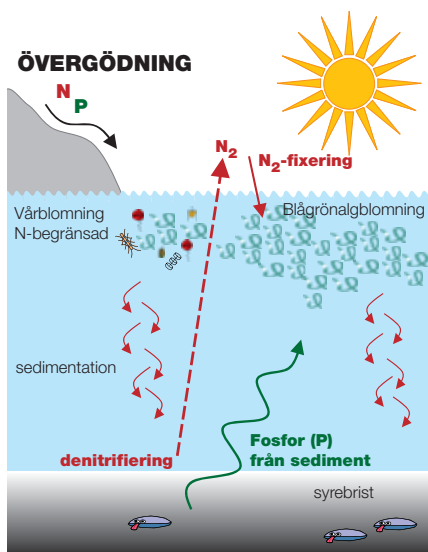
Kan fixera kväve

Till skillnad från andra mikroalger, men i likhet med en del bakterier, kan vissa blågrönalger utnyttja kvävet från atmosfären, alltså kvävgas löst i vattnet. Denna förmåga kallas kvävefixering, och utförs i särskilda celler i kolonin, så kallade heterocyster. Den inerta kvävgasen görs här om till biotillgängliga kväveföreningar som används av blågrönalgerna själva, och efter nedbrytning av cellerna även ger näring åt andra växter. Blågrönalgerna kan därför

sägas vara mer beroende av tillgången på fosforföreningar än av kväve.

Vårblomningens överblivna fosfor kan därför utnyttjas av sommarens blågrönalger, som ju har en egen kvävekälla via fixering av kvävgas från atmosfären. I Östersjön kan mycket stora mängder kväve fixeras med hjälp av blågrönalger, sannolikt i samma storleksordning som atmosfärisk nedfall eller tillförsel från land.

I Östersjöns öppna hav tycks kvävebrist ha varit det naturliga tillståndet ända sedan det blev ett brackvattenshav för åttatusen år sedan. Blågrönalgernas karakteristiska pigment hittas i sediment som avsattes redan på den tiden, men har ökat markant sedan 1960-talet.

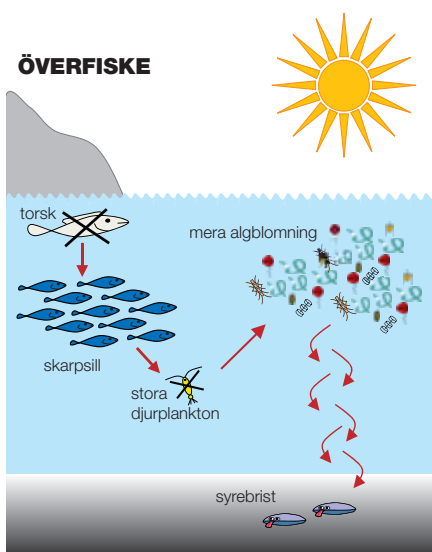


Blågrönalger förvärrar

Vi människor har orsakat en kraftig ökad tillförsel av kväve och fosfor till Östersjön. Det började sannolikt redan för flera tusen år sedan, men ökade markant efter andra världskriget, med ett allt intensivare lantbruk, vattenburet avlopp, biltrafik och ökade industriutsläpp.

Den rikliga tillgången på näringsämnen gör att samtliga mikroalger växer bättre och blir allt fler. När dessa alger sjunker till botten förbrukar nedbrytningen av dem stora mängder syre. Eftersom Östersjöns permanenta salthaltsskiktning förhindrar syreförrådet i djupvattnet från att förnyas i den takt som det förbrukas, uppstår syrebrist över mycket stora arealer. Syrebristen gör att stora mängder av både fosfor och kvävgas från tidigare sedimenterade organismer frigörs från botten. Kvävgasen bubblar upp till luften, men blågrönalgerna kan återföra det till havet genom sin kvävefixering eftersom det finns gott om fosfor kvar i vattnet.

Dessa näringsämnen från botten stimulerar förstås också algutväxten, vilket späder på sedimentationen och syreförbrukningen ytterligare. På så sätt har Östersjön blivit ett självgödande hav med ett internt kretslopp av näringsämnen.



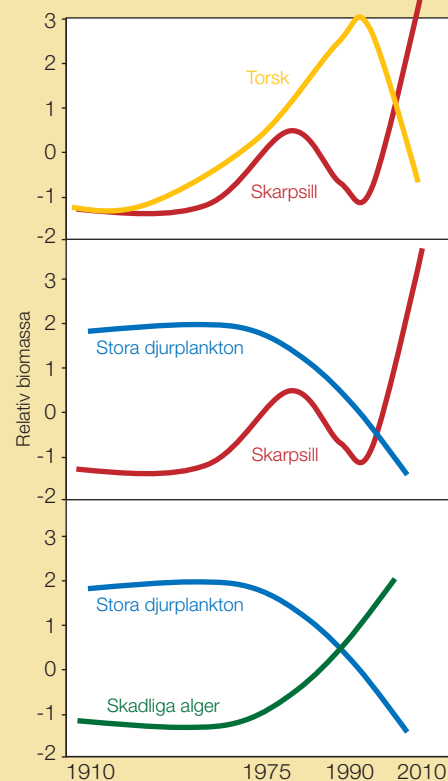
Överfiske minskar betningen

Problemet med överfiske i världshaven är välbekant och Östersjön är inget undantag, snarare tvärtom. Allt effektivare fiskemetoder och fiskekvoter långt över biologernas rekommendationer har medfört att antalet stora rovfiskar har minskat katastrofalt, ofta till mindre än en tiondel av den mängd som fanns på 1950-talet. Rovfiskarna är således både färre och mindre till storleken.

Stora fiskar – i Östersjön dominerar torsk – äter små fiskar, som sill och skarpsill. I Östersjön har minskningen av torskbeståndet, som förutom överfiske till viss del beror på syrebrist i djupvattnet där torskens ägg utvecklas, fått som konsekvens att mängden skarpsill har ökat kraftigt. Skarpsill äter i sin tur djurplankton, och det ökade skarpsillbeståndet har sannolikt medfört att både djurplanktons antal och storlek har minskat.

Konsekvensen är att allt mindre mängd alger blir betade av djurplankton, och att stora arter, med förmåga att hålla efter just blågrönalgerna, minskat kraftigt. Detta leder till att det kan byggas upp stora algbloomningar. Den typen av födokedje-effekter är välkända från sjöar, och har fått ökad uppmärksamhet också för inlandhav och oceaner.

KONSEKVENSER AV ÖVERFISKE



➤ I Östersjön vet man att minskningen av den överfiskade torsken har förorsakat en kraftig ökning av mängden skarpsill. Dessa skarpsillar föredrar att äta stora djurplankton, som i sin tur har förmåga att beta på kedjebildande blågrönalger. Följaktligen har de skadliga algbloomningarna ökat.

Mycket tyder på att Östersjön har blivit ett självgödande hav, där näringsämnen frigörs från botten vid syrebrist och orsakar algbloomningar, som förvärrar syrebristen.

Foto: Heike Kampe/Stockphoto

EFFEKTER AV KLIMATFÖRÄNDRINGEN

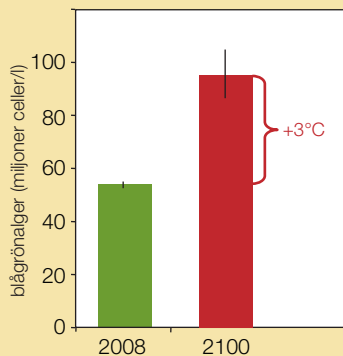
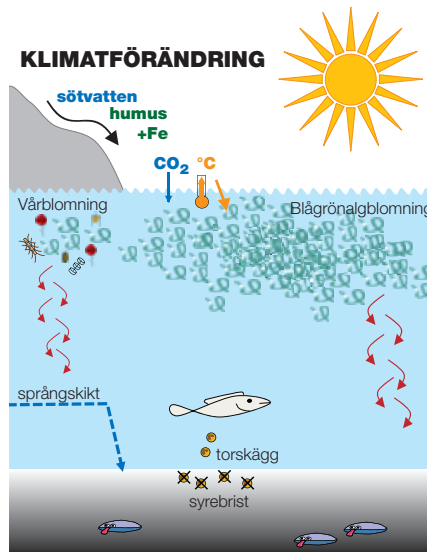


Foto: Christina Esplund

➤ Klimatförändringen förväntas orsaka både ökad vattentemperatur och ökad tillrinning med bland annat mera humusämnen och järn. Experiment med Östersjövatten visar att båda dessa förändringar gynnar blågrönalgernas tillväxt. Den övre tunnan är berikad med humus och den nedre med både humus och järn.

KLIMATFÖRÄNDRING



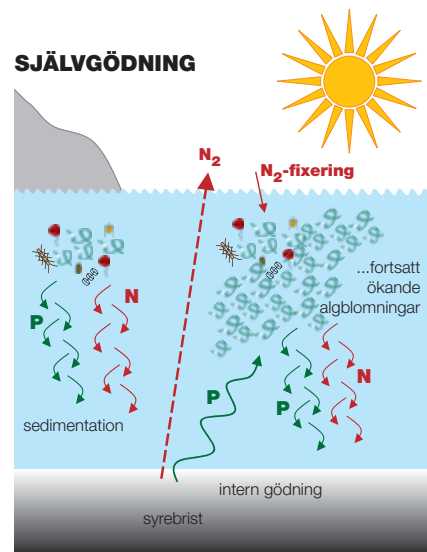
Klimatförändringar gynnar blågrönalger

De stora utsläppen av växthusgaser till atmosfären har gjort att temperaturen i Östersjöns ytvatten redan har ökat, och förväntas öka ytterligare med minst tre grader fram till år 2100. Experiment med Östersjövatten visar att vid en sådan temperaturökning kan biomassan av *Nodularia spumigena* nästan fördubblas. Eftersom fosforhalterna i ytvattnet fortfarande är relativt höga under sommaren och de värmeälskande blågröna algerna har förmågan att fixera atmosfäriskt kväve, finns förutsättningar för en betydande ökning av biomassan.

Även nederbörden förväntas öka, vilket kommer att påverka både salthalt och skiktningförhållanden. Djupet av sprängskiktet ökar och salthalten minskar, vilket missgynnar torsken och därmed gynnar skarpsillen. Redan under de två senaste decennierna har de stora hoppkräftorna av saltvattenursprung minskat, vilket sannolikt är kopplat till både den minskade salthalten och en ökad predation från skarpsill. Eftersom blågrönalgerna i Östersjön bildar kedjor med celler som små djurplankton har svårt att konsumera, minskar betningstrycket på blågrönalgerna.

Ytterligare en följd av ökad nederbörd och tillrinning är att mera humusämnen och spårmetaller tillförs Östersjön från land. Experiment visar att tillsats av humusämnen i kombination med järn stimulerar blågrönalgernas tillväxt.

SJÄLVGÖDNING



Illustrationer: Christina Esplund

Ond cirkel skapad av oss

Ovanstående tre mänskligt orsakade fenomen, övergödning, överfiske och klimatförändring, visar sig alltså samtliga gynna blågrönalgerna, och förstärker därför varandra.

Mer näringsämnen stimulerar alg tillväxt generellt. Ökad temperatur gynnar de värmeälskande blågrönalgerna specifikt. Både överfiske och klimatförändringar missgynnar torsk och stora djurplankton, vilket leder till minskad betning, och ökad mängd alger.

Allt mer alger sedimenterar, vilket ger ökade problem med syrebrist. Det ger ökad frisättning av fosfor, vilket gynnar blågrönalgerna som då kvävefixerar alltmer. Detta ger mer näring och fortsatt ökande algbloomingar i en ond självgödande spiral med ett internt tillskott av näringsämnen.

Sammantaget och tragiskt nog orsakar alltså vi själva, med våra egna handlingar, att blågrönalgernas blomningar sannolikt kommer att vara ännu högre i slutet av detta århundrade än i dag, när blomningarna redan anses vara långt över vad vi kan tolerera. **S**

LÄSTIPS

Ambio Vol. 30 No. 4-5, August 2001 (<http://ambio.allenpress.com/perlserv/?request=index-html>)

MacKenzie et al, 2002, *Ecological hypotheses for a historical reconstruction of upper trophic level biomass in the Baltic Sea and Skagerrak*. Can J. Fish. Aquat Sci 59: 173-190

An underwater photograph featuring a diver in the background, looking towards the camera. In the foreground, a large, translucent jellyfish with a reddish-orange bell is visible. The water is a deep teal color, and sunlight filters down from the surface, creating a bright, hazy area at the top of the frame.

HAVETS DJUR OCH VÄXTER

Ett år för biologisk mångfald
När syret återvänder
Regionala provfiskeområden
Svensk torsk i tid och rum
Rovfisk påverkar vegetation

Ett år för biologisk mångfald

STEFAN TOBIASSON, LINNÉUNIVERSITETET / JAN KARLSSON, GÖTEBORGS UNIVERSITET / HANS KAUTSKY, STOCKHOLMS UNIVERSITET

Den biologiska mångfalden är vanligen hög på växtklädda bottenar längs kusten. I Västerhavet är antalet algar avsevärt högre än på Sveriges ostkust. I Östersjöns utsötade vatten finner vi istället ett stort antal vattenlevande kärlväxter som skapar artrika samhällen. Störvuxna algskogor av tång och tare är viktiga miljöer för många organismer, men har under de senaste tjugo åren minskat sin utbredning längs delar av kusten.

■ År 2010 har FN utnämnts till "året för biologisk mångfald". Bakgrunden är den konvention som antogs 1993, med målet

att förlusten av biodiversitet skulle hejdas till just i år. Riktigt så långt har vi kanske inte kommit i Sverige, men kunskapsläget om tillståndet för de vegetationsklädda bottenarna runt våra kuster har förbättrats kraftigt sedan konventionen antogs. Övervakningsprogrammet har utökats med fler lokaler och en stor mängd inventeringar har utförts. Ett konkret resultat av dessa inventeringar var att kransalgerna plockades bort från rödlistan. Deras situation var inte så dålig som man trott.

Biologisk mångfald kan definieras på lite olika sätt, men är ett mått på hur många naturtyper och arter det finns, samt

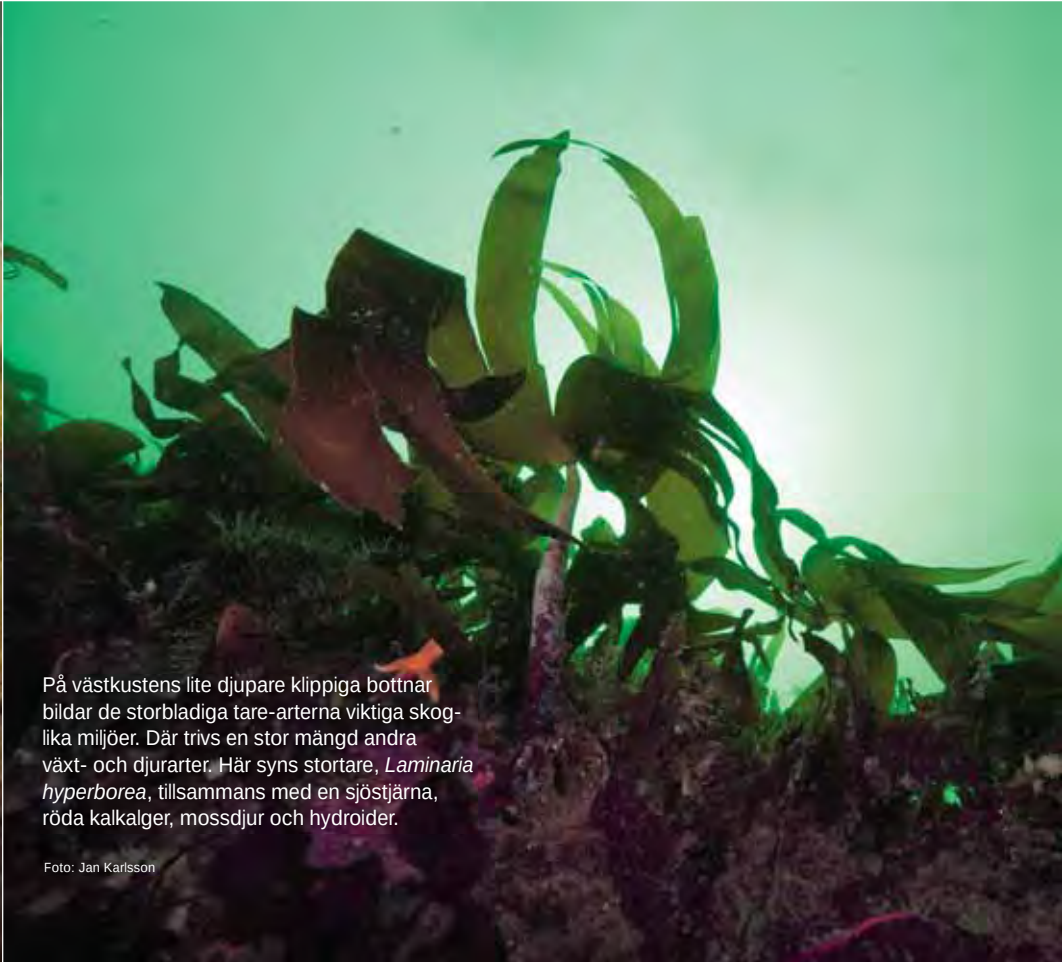
hur stor den genetiska variationen är inom arterna. Hög diversitet anses ge större motståndskraft, resiliens, och bättre skydd mot förändring, exempelvis från våra mänskliga aktiviteter. Detta gör att ekosystemet har större förmåga att utvecklas, och fortsätta ge oss ekosystemtjänster som mat och naturupplevelser.

Även i EU:s marina direktiv är biodiversitet upptagen som en egen målbeskrivning, så kallad deskriptor, vilket understryker hur viktig den biologiska mångfalden anses vara.



I Bottenhavets utsötade vatten förekommer en mångfald alger och kärlväxter tillsammans eller bredvid varandra, de förra på hårt substrat och de senare på mjukt. Här syns snärjtång på stenar samt kransalger och små kärlväxter på sand.

Foto: Hans Kautsky



På västkustens lite djupare klippiga bottenar bildar de storbladiga tare-arterna viktiga skoglika miljöer. Där trivs en stor mängd andra växt- och djurarter. Här syns stortare, *Laminaria hyperborea*, tillsammans med en sjöstjärna, röda kalkalger, mossdjur och hydroider.

Foto: Jan Karlsson

Artantalet förändras kraftigt

Växtklädda bottenar är bland de mest artrika och produktiva havsmiljöerna vi har. Det faktum att många områden är mycket heterogena, och därmed innehåller ett flertal olika växtsamhällen är också det ett mått på hög diversitet.

I Västerhavet räknar man med att det finns ungefär 350 olika makroalger, algarter som är synliga med blotta ögat. I norra Öresund sker en dramatisk förändring då antalet minskar till ungefär 130. Det är det utsötade vattnet från Östersjön som påverkar artrikedomen på detta tydliga sätt. Östersjön har med sitt bräckta vatten och sin korta historia en förhållandevis låg artdiversitet jämfört med Västerhavet, vilket är ett av skälen till att Östersjön betraktas som ett särskilt känsligt vattenområde. I söder finns strax över 100 arter av makroalger inklusive kransalger, men antalet marina arter minskar ju längre norrut man kommer, och försvinner nästan helt i Bottenviken. Istället tillkommer ett nytt artrikt habitat, de grunda utsötade vikarna, med en allt rikare och mer divers kärlväxtflora av tåliga sötvattenarter och sötvattenalger ju längre norrut man kommer. Den typen av miljöer saknas nästan helt i Västerhavet, där salthalten även i grunda områden är alltför hög.

Diversitet längs kusten ...

Vilka arter och grupper som dominerar de växtklädda bottenarna förändras också på ett påtagligt sätt längs Sveriges långa kust. Hela västkusten, ner till norra Öresund, domineras av gruppen rödalger. De utgör närmare 60 procent av de växtarter som påträffats vid olika inventeringar i området. I Blekinge har gruppens andel minskat till 40 procent, och den fortsätter att sjunka ju längre norrut vi kommer. I Bottenviken utgör rödalgerna endast några få procent av de funna växtarterna.

Grönalgerna däremot, utgör en tämligen konstant andel av växtarterna i de olika områdena. Detsamma gäller för brunalger, som bidrar med runt en fjärdedel av arterna längs större delen av den svenska kusten. Dock minskar de dramatiskt i Bottenviken.

I Egentliga Östersjön och norrut ökar antalet kärlväxter, från i storleksordningen 12 i söder till ett 40-tal i Bottenviken där de utgör över hälften av arterna. Även kransalger ökar i artrikedomen från Kalmar län och norrut, och allt fler grupper tillkommer ju längre norrut man kommer. Mossorna uppträder frekvent först i det Mats Waern redan 1952 kallade "the Fontinalis district", alltså Bottenhavet.

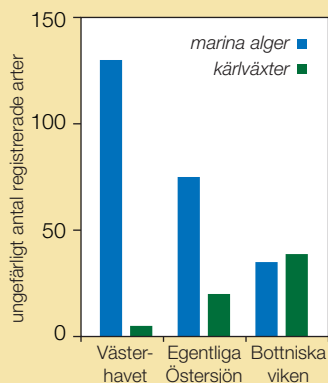
... och på djupet

Även i djupled finns det en uttalad skillnad i artrikedomen. Ett vågutsatt område har som regel få och kortvuxna arter i grundare delar, för att lite djupare gradvis öka i diversitet samt i storlek hos de enskilda individerna. Diversitetens maximum ligger djupare ju mer exponerat området är. I mer skyddade områden finner man som regel något fler arter i ytnära nivåer, men framförallt är de betydligt mer storvuxna och växer i tydliga zoner. Beroende på ljusklimatet dominerar oftast grönalger närmast ytan, för att på lite större djup ersättas av brunalger, som exempelvis tång och tare. Djupast växer vanligen rödalger. Men även om vi ibland kan urskilja zoner av vissa enskilda arter eller samhällen uppvisar merparten av vegetationen en mosaikartad struktur.

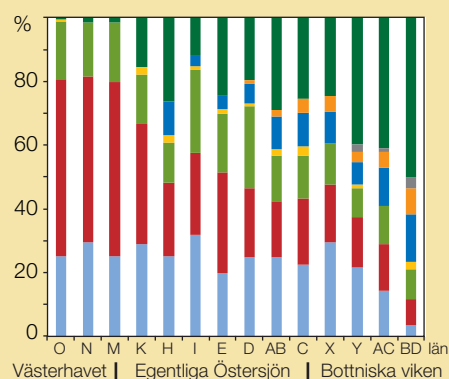
På vågexponerade lokaler i Skagerrak ligger diversitetsmaximum på runt tio meters djup, medan det i mer skyddade områden ligger på ungefär halva detta djup. Även den vågexponerade Onsala-halvön i Kattegatt har sitt maximum mellan fyra och sex meter. I ytterstergården längs Blekingekusten ligger det ytterligare ett par meter grundare.

DIVERSITET I VÅRA KUSTOMRÅDEN

Antal arter i olika växtgrupper



Länsvis procentuell fördelning

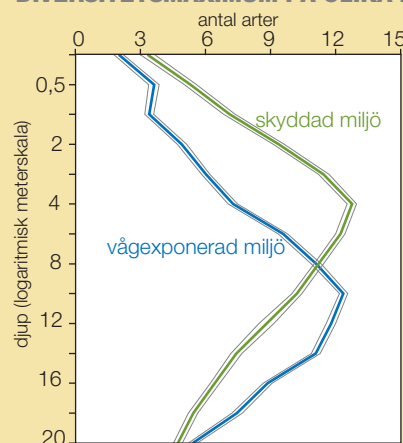


➤ Det är stor skillnad på vilka arter som bygger upp växtsamhällena i de olika havsområdena. Antalet arter av alger minskar dramatiskt från Västerhavets salta miljöer till Östersjöns allt mer utsötade vatten. Istället tillkommer en allt rikare flora av tåliga sötvattenväxter som framför allt växer i utsötade grunda vikar. Diversiteten i Östersjön består av fler olika växtgrupper, men med betydligt färre arter i varje, än i Västerhavet.

En jämförelse av funna växtarter fördelade på olika växtgrupper, registrerade i databasen MarTrans, vänligen framtagna av Mats Blomqvist, Hafok AB.

■ kärlväxter (Magnoliophyta)
 ■ ormbunkar (Pteridophyta)
 ■ mossor (Bryopsida)
 ■ kransalger (Charophyceae)
 ■ enkeltrådiga grönalger (Zygnematophyceae)
 ■ grönalger (Chlorophyta)
 ■ rödalger (Rhodophyceae)
 ■ brunalger (Phaeophyceae)

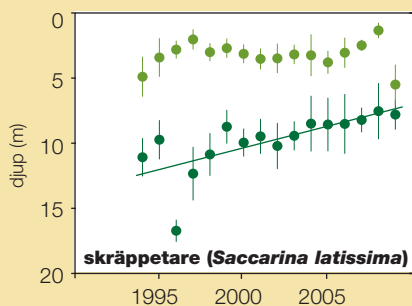
DIVERSITETSMAXIMUM PÅ OLIKA DJUP



➤ Även i djupled finns det en uttalad skillnad i artrikedomen. I mer exponerade miljöer kan diversitetsmaximum ligga flera meter djupare än i lugnare områden. Dessa kurvor är från Skagerrak, men mönstret är liknande i övriga havsområden, även om maximum ligger grundare.

Data från regionala mätningar i Skagerrak 1994-2009. Spridningen anges som 95% konfidensintervall.

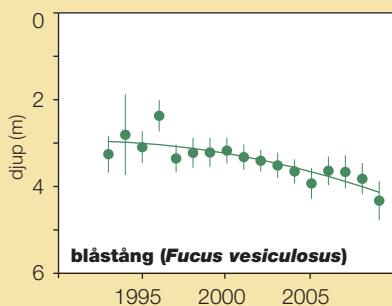
VIKTIGA MILJÖER PÅ RETRÄTT ...



➤ Djuputbredningen av skräppetare har minskat signifikant i Skagerrak under de senaste femton åren. Det senaste året låg även den övre gränsen djupare än förut, vilket resulterade i ett mycket smalt växtintervall.

Medelvärden för övre respektive nedre utbredningsgräns på 6 lokaler. Spridning anges som 95% konfidensintervall.

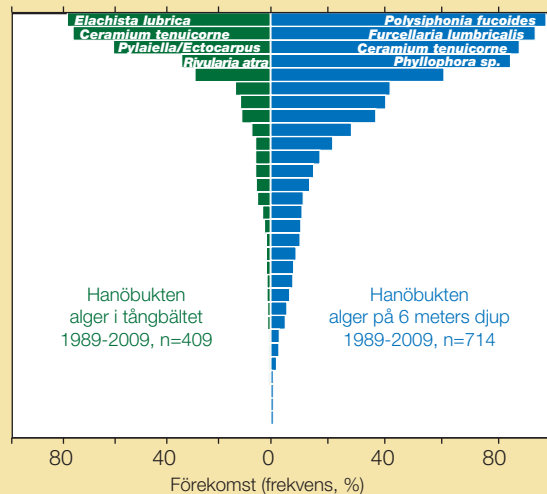
... MEN ANDRA BLIR ÅTER BÄTTRE



➤ Blåstångens medeldjup i Asköområdet har stadigt ökat de senaste femton åren. Tången finns ända från ytan och ner till åtta meters djup, men på flera av lokalerna finns den inte alls.

Data från samtliga 30 lokaler i området. Spridningen anges som medelvärdes medelfel, standard error.

ETT FÅTAL ARTER DOMINERAR



➤ Även om antalet arter kan vara stort på de växtklädda bottenarna är det i allmänhet några få arter som dominerar, ytterligare några som är vanliga, samt en lång svans av arter som endast observerats vid enstaka tillfällen. Svan-sen blir därför allt längre med tiden, allteftersom fler ovanliga arter observeras.

Data från tjugo års provtagning i Hanöbukten.

Många arter men ett fåtal dominerar

Vegetationstäcket är i allmänhet uppbyggt enligt ett mönster som är detsamma längs hela kusten. Ett fåtal dominanta arter följs av några arter som är ganska vanliga, samt ett stort antal som endast sällan observeras. Längden på denna svans av ovanliga arter är huvudsakligen beroende av observatörernas flit och kunnighet – högst artdiversitet

finns vi utanför de sedan länge etablerade fältstationerna i landet.

Således har hittills ett drygt 90-tal arter identifierats inom miljöövervakningen i Skagerrak av de totalt 350 arter som finns i området. Endast fem av dessa har en täckningsgrad större än tio procent i det undersökta djupintervallet, och så många som 36 av arterna har påträffats varje år sedan

provtagningarnas början 1993. I Hanöbukten har ungefär en tredjedel av det kända antalet arter observeras under de tjugo år miljöövervakning pågått. I Asköområdet, som provtagits kvantitativt sedan 1992, har hittills 45 olika arter hittas, varav 25 endast förekommit i något enstaka prov. Knappt tio arter förekommer i mer än tjugofem procent av proverna.



Foto: Stefan Tobiasson

➤ En stor del av de skogliga och artrika tångmiljöerna i Hanöbukten försvann på 1990-talet. De ersattes främst av fintrådiga rödalger, och trots att många år har gått finns ännu inga tydliga tecken på att tången återkommer.

Stora alger skapar artrika miljöer

Storvuxna alger som tång och tare skapar viktiga livsmiljöer för många olika livsformer. Den tredimensionella miljö de skapar är uppväxtplats för många djur, och tjänar också som födosöksområde för många fiskarter. Dessutom är det en stabil miljö, eftersom dessa alger är fleråriga, och alltså finns kvar när växtsäsongen är slut. Bevarandet av tång- och tareskogar är därför av stor vikt för biodiversiteten längs kusten.

Den mest utbredda tångarten i Östersjön är blåstång, men ytterligare tre arter av tång finns representerade. Ishavstång finns till Öresund, medan sågtång kan hittas ända upp till Östergötland. I Bottenhavet lever blåstången vid sidan om smaltång. I Västerhavet finns betydligt fler arter av storvuxna alger. Östersjöns tångarter spelar även här en stor roll som habitatbildare, främst i halvskyddade och skyddade

miljöer, men djuputbredningen är betydligt blygsammare, från ytan ner till fyra meters djup. I Västerhavets utsjö och öppna kuster utgör istället bälten med de stora bladformade brunalgerna stortare, fingertare och skräppetare, liksom den mera buskliga ektängen, viktiga och artrika miljöer.

Viktiga miljöer på reträtt ...

Dessvärre visar de flesta tillgängliga uppgifter att både tång- och tareskogar minskat kraftigt i utbredning under de senaste femtio åren. Under de knappt tjugo år som övervakningen av dessa miljöer pågått har ytterligare minskningar observerats i många områden.

Utbredningen av den storvuxna brunalgen skräppetare, som förekommer längs hela den svenska västkusten och in i Öresund, har under 2000-talets första årtionde dramatiskt minskat i Skagerrak, i såväl ytter-, mellan- som innerskärgård. Främst förklaras utvecklingen av en minskad djuputbredning, men 2009 var även den övre gränsen starkt reducerad, vilket resulterade i det smalaste växtintervallet hittills. Motsvarande försämring har noterats även längs den norska delen av Skagerrak. I Kattegatt däremot har skräppetare inte minskat.

Längs Blekingekusten har tångens situation försämrats avsevärt de senaste tjugo åren. Under mitten av 1990-talet försvann den i stora mängder, främst i ytterskärgården, och hittills syns ingen betydande åter-

hämtning. Det omedelbara skälet till tångens nedgång antas vara kraftigt betning av det lilla kräftdjuret tånggråsugga.

... men andra blir åter bättre

Regionala data från Kalmar län visade länge samma försämring för tångens situation som i Blekinge, men redan fem år tidigare. Här har dock en tydlig återhämtning skett de senaste åren, och nu är djuputbredningen på flera lokaler i norra länsdelen lika stor som under slutet av 1980-talet.

Även i mellersta och norra Egentliga Östersjön har klara förbättringar skett de senaste decennierna. I Asköområdet i norra Egentliga Östersjön observerades under året blåstång på samtliga trettio lokaler för första gången sedan mätningarna inleddes 1974. Även på lokaler kring Gotland observerades nyetablerade blåstångsplanter på ett flertal lokaler. Denna glädjande utveckling understryks av att tångens djuputbredning stadigt har ökat under snart tjugo år. Det gäller såväl i ytter- som i mellan- och innerskärgården. Den förbättrade djuputbredningen förklaras sannolikt av klarare vatten som en följd av minskad mängd partiklar i vattenmassan.

Nytt verktyg för att mäta diversitet

Biodiversitet kan som synes mätas och beskrivas på många olika sätt och på flera olika nivåer. I ett försök att skapa ett gemensamt sätt till bedömning i Östersjön har samarbetsorganisationen Helcom

utvecklat verktyget Biodiversity assessment tool, Beat.

Tanken är att man med relativt enkla variabler och på ett objektivt sätt ska kunna bedöma biodiversiteten i olika delar av Östersjön, men också kunna följa den över tiden. Ett exempel på variabel kan vara att följa utbredningen av blåstångsbälten eller något annat växtsamhälle som förknippas med hög biologisk mångfald. Ökad utbredning av ett sådant samhälle bidrar till ett högre Beat-index.

Verktyget är under utveckling, men testades under 2009 på ett antal platser i Östersjön inklusive Kattegatt. Preliminära resultat visar att diversiteten i alla delar av Östersjön har påverkats negativt av mänsklig aktivitet i någon grad. Sämst är statusen i södra och mellersta Östersjön och i Kattegatt, medan den är något bättre i Bottniska viken. En slutsats som överensstämmer ganska väl med våra resultat från miljöövervakningen. **S**

Den stora brunalgen skräppetare, *Saccharina latissima*, är en av tre tarearter på västkusten. De senaste åren har den minskat kraftigt i Skagerrak.



Ett stort antal små blåstångsplantor hittades vid årets dykinventering på Gotland. Det innebär att den tidigare glest växande populationen på några meters djup och nedåt nu förtätas.

Foto: Hans Kautsky

Bruten trend i Skagerrak

I Skagerrak undersöks två vattenområden nära Gullmaren, ett i ytter- och ett i mellan-skärgården. Båda uppvisar en negativ trend för bottenvegetationen. Förklaringen är minskad djuputbredning för ett stort antal av de indikatorarter som används för att bedöma den ekologiska statusen. Trots den långsiktiga nedgången, var årets status glädjande nog hög i båda områdena, efter att ett par år ha legat i den lägre klassen god. Kanske ser vi här en återhämtning från bottennoteringen 2007. För skräppetare var situationen dock fortsatt dålig.

Nya områden i Kattegatt

I Kattegatt provtas från och med 2009 tre vattenområden utanför Onsalahalvön inom den nationella miljöövervakningen. I ett av dem har undersökningar bedrivits sedan 2007, och äldre regionala data finns för ytterligare ett par år. Statusen där har i alla år varit hög. De två nytilkomna vattenområdena representerar mer skyddade och grundare områdestyper, och uppnår god respektive måttlig ekologisk status. Det bör noteras att variationen inom områdena var avsevärd, vilket dels kan förklaras av få provpunkter, men också av att lokalerna med sina ringa djup har svårt att uppfylla bedömningsgrundens kriterier.

Rödalger dominerar i Blekinge

Längs Blekingekusten är den ekologiska statusen hög, vilket den varit alla de tre år som nationell miljöövervakning utförts i området. Trots detta fanns bälten av blås eller sågtång endast på fjorton av de tjugio undersökta transekterna under året, och tången verkar ha väldigt svårt att återta sin tidigare utbredning.

Överlag var annars täckningen av alger hög. Rödalger dominerade såväl i antal arter som i täckningsgrad. De täckte närmare hundra procent av lämpligt substrat ner till femton meters djup eller mer. Endast i den översta halvmeteren dominerade grönalger. Resultaten från den nationella miljöövervakningen överensstämmer väl med den regionala miljökontrollen i området.

Mer tang runt Gotland och Askö

Provtagningsområdet på Gotland består av fem lokaler och är tänkt att återspegla miljötilståndet i Egentliga Östersjöns utsjöområden. Lokalerna valdes år 2000 för trendövervakning, och inte för de långt senare fastställda bedömningsgrunderna. En av lokalerna är dock tillräckligt djup för att en ekologisk kvalitetskvot, EQR, ska kunna beräknas.

På flera av lokalerna observerades under året många nyetablerade, ungefär tvååriga tångskott. Det kan innebära att tången är på väg att breda ut sig på de djupare bottenarna där den tidigare var glest förekommande. Den första klintpallen, ner till dryga metern, har alltid haft ett levande och frodigt tångsamhälle.

I Asköområdet var statusen fortsatt hög. Även här uppvisar blåstången en positiv utveckling. Under året fanns denna viktiga art för första gången sedan 1974 på alla de trettio undersökta lokalerna. Blåstångens ökning, såväl i täckning som i djuputbredning, är det viktigaste skälet till att den ekologiska statusen i området uppvisar en signifikant ökning. Även andra växter visar dock en positiv trend.

Bra år vid Höga kusten

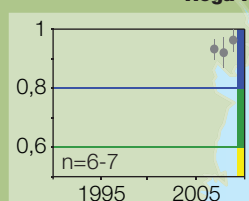
Det nyligen startade provtagningsområdet vid Höga kusten hade hög status även detta år. Det observerades inga stora skillnader, men en liten ökning i EQR-värdet tyder på gynnsamma förhållanden i området under 2009.

MAKROALGSAMHÄLLETETS STATUS 2009

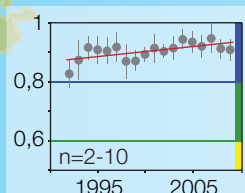
Ekologisk status

- hög
- god
- måttlig
- otillfredställande
- dålig

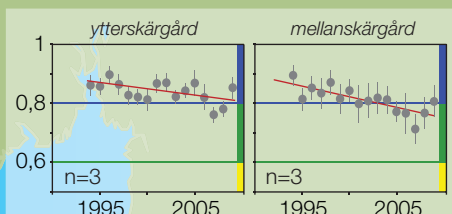
Höga Kusten



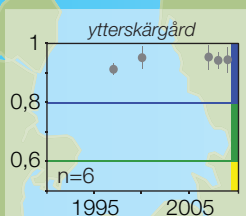
Asköområdet



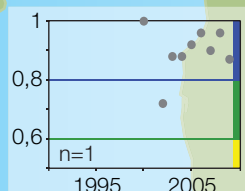
Gullmaren



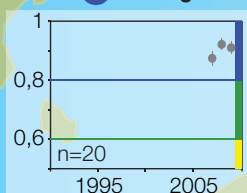
Onsalahalvön



Gotland



Blekingekusten



↗ Tillståndet för de vegetationsklädda bottenarna vid de nationella övervakningsstationerna är bedömd med hjälp av ekologisk kvalitetskvot (EQR). Lokalernas utveckling över tid visas i figurerna och årets statusklassning är markerad med en färgad prick. Onsalahalvöns två nytillkomna områden saknar figurer, men har statusklassats.

Spridningen anges med 95% konfidensintervall och trendlinjer är statistiskt signifikanta.

n= antal stationer som ingått i bedömningen.

Foto: iStockphoto

När syret återvänder – återkolonisering följer mönster

STEFAN AGRENIUS, GÖTEBORGS UNIVERSITET / JONAS GUNNARSSON, CAROLINE RAYMOND & HANS CEDERWALL, STOCKHOLMS UNIVERSITET

Om ett havsområde drabbas av långvarig syrebrist slås all bottenfauna ut. När syret återvänder följer en period av återhämtning, och bottenfaunan återvänder. En jämförelse mellan Gullmarsfjorden, Bornholmsdjupet och Landsortsdjupet visar på liknande förlopp för återkolonisering, men också på stora olikheter.

■ Både Gullmarsfjorden och Östersjön präglas av ett språngskikt mellan ett ytvatten med lägre salthalt och ett tyngre, saltare bottenvatten. Utbytet av detta bottenvatten är begränsat, vilket kan leda till perioder med låga syrehalter när syret i djupvattnet förbrukas.

Både likheter och skillnader

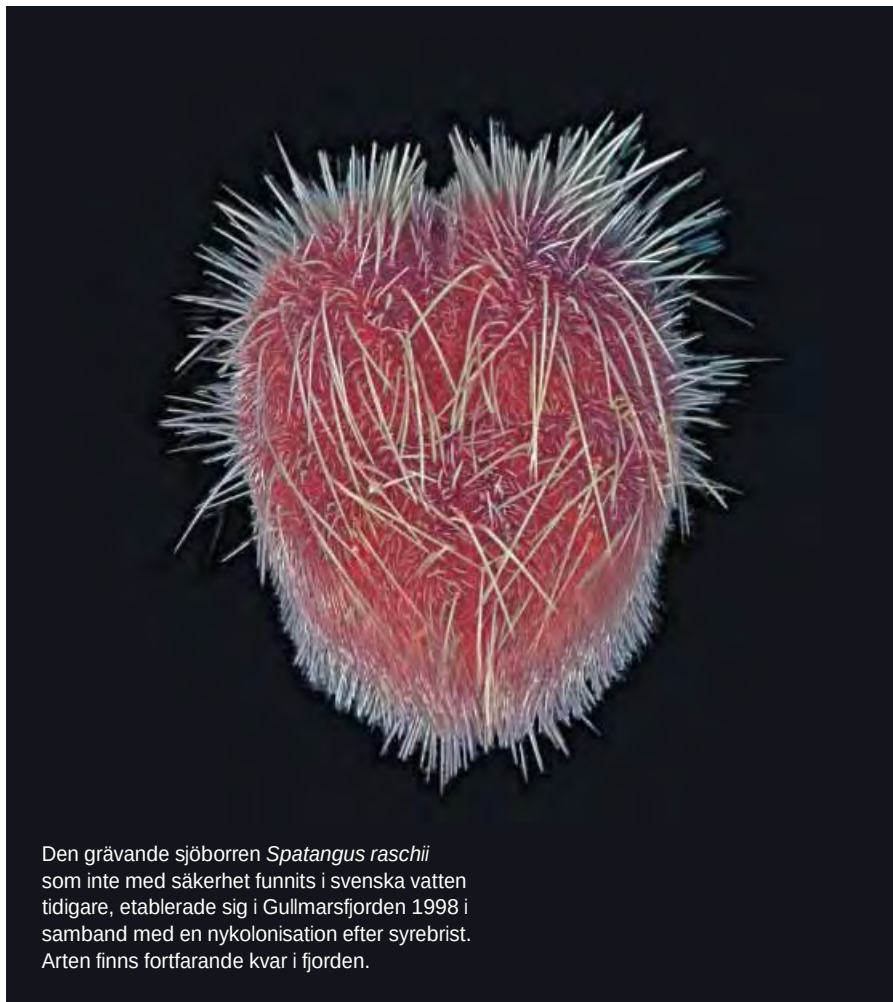
I Gullmarsfjorden, som är en typisk tröskelfjord, har syrehalterna i djupvattnet ett tydligt cykliskt förlopp under året. En hastig ökning av syrehalterna sker i samband med vattenutbyte under vinterhalvåret och följs av en gradvis minskning. Här råder jämförelsevis stabila marina förhållanden.

FAKTA

Succession

Den stegvisa ordning med vilken organismer koloniserar tidigare obebodda områden brukar inom ekologin kallas succession. Successionen kan antingen starta helt från början, till exempel när djur och växter koloniserar nytt utrymme då isen drar sig tillbaka efter istiderna, när sanddyner binds och successivt omvandlas till hedlandskap eller när beväxningen startar och utvecklas på en omålad båtbottn efter sjösättning. Successionen kan också vara en förändring i ett redan existerande ekosystem, såsom efter en skogsbrand eller när en grund havsvik åter koloniserar efter en svår isvinter.

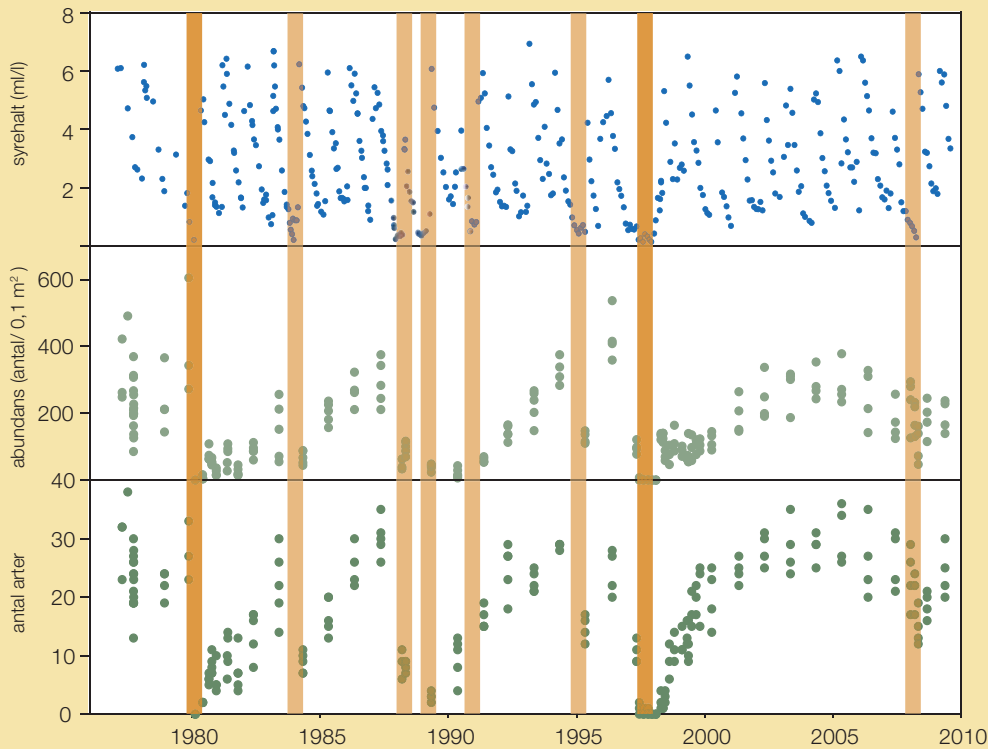
Kunskapen om hur denna process går till är viktig eftersom det är något som i större eller mindre skala ständigt försiggår i naturen. När utvecklingen börjar helt från början utvecklas först ett så kallat pionjärsamhälle vilket ersätts av relativt snabbt föränderliga övergångssamhällen. Utvecklingen avslutas med ett relativt stabilt klimaxsamhälle. I de tidiga samhällena är produktionen större än konsumtionen, och biomassan tillväxer. I klimaxsamhället har biomassan ökat till vad det tillgängliga energiflödet kan underhålla.



Den grävande sjöborren *Spatangus raschii* som inte med säkerhet funnits i svenska vatten tidigare, etablerade sig i Gullmarsfjorden 1998 i samband med en nykolonisering efter syrebrist. Arten finns fortfarande kvar i fjorden.

Foto: Matz Berggren

GULLMARSFJORDEN



I Gullmarsfjorden har syrehalterna i djupvattnet ett tydligt cykliskt förlopp under året. En hastig ökning av syrehalterna sker under vinterhalvåret och följs av en gradvis minskning. Då syrehalten ligger under en milliliter per liter i mer än två månader (markerat orange i figuren) har det en kraftigt negativ påverkan på bottenfaunasamhället. Vid längre perioder slås faunan ut helt. Därefter följer en period av återkolonisering. Starten för de perioder som beskrivs i artikeln är markerade med mörkare orange.

Klimaxsamhällen har lätt att etablera sig, och samhällsstrukturen formas framförallt av biotiska faktorer.

Djupområdena i Östersjön utsätts för mer långvariga perioder utan syre, ofta på flera år. Syret kommer tillbaka endast vid större saltvatteninbrott från Västerhavet, men oftast hinner inte bottenfaunan återhämta sig helt innan det är dags för nästa period av syrebrist och utslagning.

Salt- och syrehalter varierar därför kraftigt i bottenvattnet, och djuren är i större utsträckning stressade av fysiska faktorer än i Västerhavet. Detta medför att det finns betydligt färre arter på Östersjöns djupa botten. Samhällsstrukturen där formas i högre utsträckning av oförutsägbara abiotiska faktorer, och ett klimaxsamhälle i egentlig mening utvecklas aldrig.

Förutsägbart pionjärsamhälle

I Gullmarsfjordens djuphåla, på 120 meters djup, har perioder med allvarlig syrebrist blivit vanligare de senaste trettio åren. Vid två tillfällen, 1980 och 1998, så allvarlig att faunan helt slogs ut. Då syresituationen förbättrades studerades hur faunan återvände och koloniserade botten. Studierna pågick i bägge fallen i tre år, och inga förnyade perioder av syrebrist uppstod under denna tid.

Av de arter som utgjorde pionjärsamhället var det framförallt den i marina miljöer kosmopolitiska havsborstmasken *Capitella* sp. som dominerade vid båda tillfällena. Denna mask är en relativt liten depositionsätare som livnär sig på eller nära sedimentytan. Den har kort generationstid och liten larvspridning, vilket är en anpassning för att snabbt kunna utnyttja en resurs som är begränsad i tid och rum.

Skilnader i övergångsfaserna

Vilka arter som etablerade sig senare i successionsförloppet var starkt kopplat till vilka arter som hade hög rekrytering just det året. Därför var det stor skillnad mellan de jämförda perioderna, trots att lokalen var densamma och återkolonisationen startade vid samma tid på året.

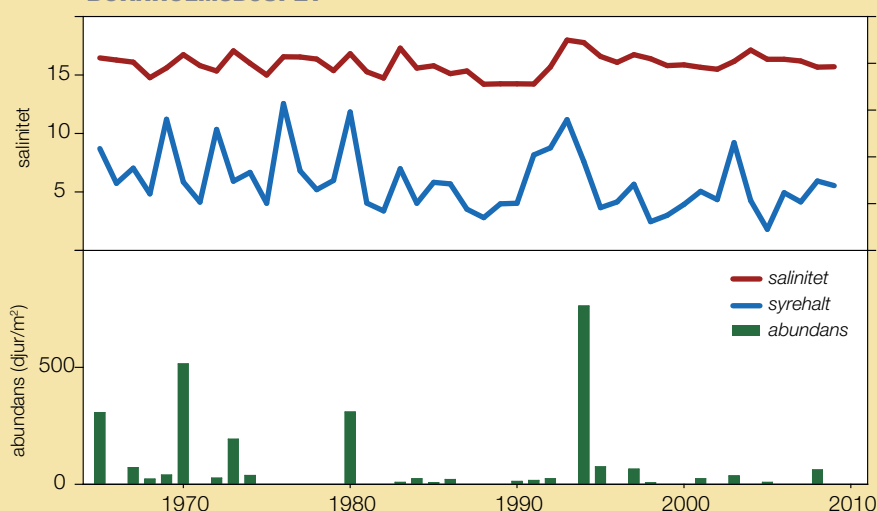
Successionsförloppet under den första perioden var mycket långsammare än den andra. Då var det exempelvis en betydligt lägre rekrytering av nya arter under sommarhalvåret, och den tidiga kolonisatören *Capitella* sp. dominerade faunan även långt in på hösten. Under den andra perioden försvann *Capitella*-populationen redan under sommaren, och ersattes av många olika arter. Bland annat noterades höga tätheter av juvenila irreguljära sjöborrar.

Det visade sig vara de tre vanliga arterna som förekommer längs kusten; *Echinocardium cordatum*, *E. flavescens* och *Brissopsis lyrifera*. Dessutom påträffades *Spatangus rachii*, en art som inte med säkerhet återfunnits i svenska vatten tidigare. Av sjöborrarna är *B. lyrifera* den art som är bäst anpassad till rena ackumulationsbottenar, och som tidigare påträffats i Gullmarsfjordens djuphåla. Övriga arter av sjöborrar lever normalt på grundare och sandigare substrat. Detta är ett bra exempel på att det i övergångssamhället finns utrymme och resurser för arter som normalt lever i andra områden att etablera sig.

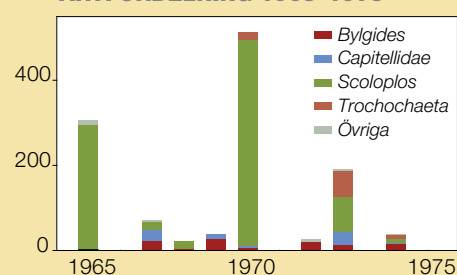
Klimaxsamhälle efter tre år

Under andra och tredje året var förändringen långsammare än det första året, och likheten mellan de två jämförda perioderna ökade. När resurserna senare i successionsförloppet blev mer begränsade, ökade konkurrensen. Faunan dominerades då i allt högre grad av arter som är anpassade till den rådande miljön på lokalen, framför allt lerrörsbyggande havsborstmaskar som *Melinna cristata* och *Amphicteis gunneri*. Abundans, biomassa och antal arter hade efter tre år uppnått vad som kan betraktas vara normalt för lokalen.

BORNHOLMSDJUPET



ARTFÖRDELNING 1965–1975



På nittio meters djup vid Bornholmsdjupet sker saltvatteninbrott relativt ofta, men perioderna med goda syrevärden är korta. Bottenfaunan slås återigen ut innan samhället nått sitt klimaxstadium. Data saknas för åren 1975 till 1978 och 1993. För perioden 1965 till 1975 visas successionen av arter under en återhämningsperiod.

Frekvent syrebrist

Medan syrehalten i bottenvattnet i Gullmarsfjorden vanligen förnyas varje år, kan stagnationsperioderna på djupa botten i Östersjön pågå under flera år, eller till och med decennier. För att studera återkolonisering och successionsförlopp i Östersjön krävs därför långa tidsserier. Här redovisas hydrografi och makrofauna under de senaste femtio åren från två typiska djupområden; Bornholmsdjupet och Landsortsdjupet.

Korta syreperioder

I Bornholmsdjupet i södra Egentliga Östersjön sker saltvatteninbrotten relativt ofta. Perioderna med goda syrevärden är dock korta, och syret hinner ofta ta slut redan efter ett eller två år. Bottenfaunan slås då återigen ut innan samhället hunnit nå sitt klimaxstadium. Vilka arter som koloniserar området efter ett saltvatteninbrott beror till stor del på vilka pelagiska larver som finns på grundare vatten i området eller som kommer in med det inströmmande vattnet, och beror således också på när under året det sker.

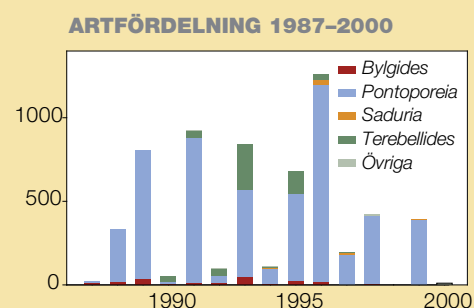
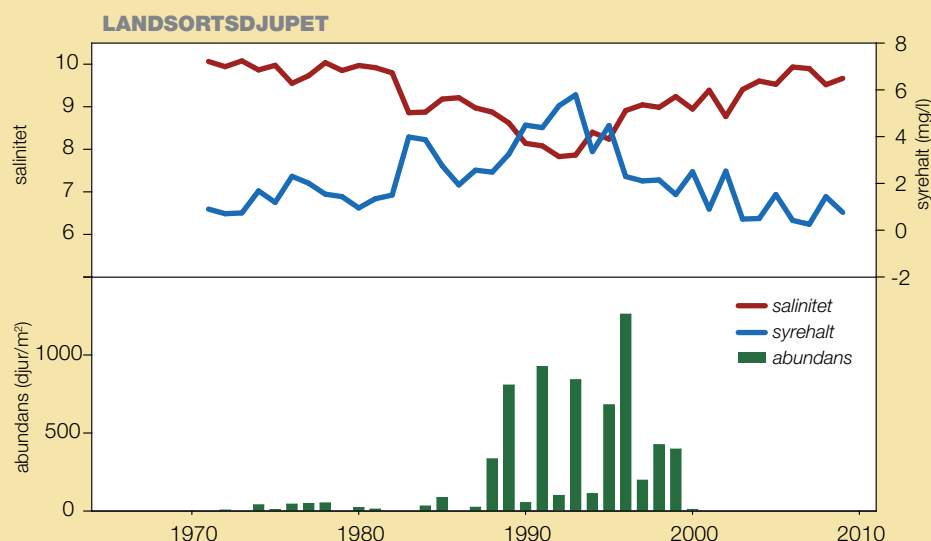
Till skillnad från i Gullmarsfjorden, där den första art som påträffades var en depositionsätare, var den först påträffade arten i Bornholmsdjupet vid samtliga återkoloniseringsperioder sedan 1960-talet en rovlevande havsborstmask, *Bylgides sarsi*. Denna art kan simma långa sträckor och har relativt långlivade pelagiska larver,

vilket ger den möjlighet att snabbt kolonisera botten när en fauna av bytesdjur har etablerat sig. Troligtvis hade alltså redan mindre bytesdjur, som varit för små för att fastna i de såll som använts, redan etablerat sig då proverna togs.

I andra undersökningar har exempelvis små bentiska hoppkräftar (*Harpacticoida*), tack vare sin korta generationstid och snabba reproduktion, i likhet med Gullmarsfjordens pionjär *Capitella*, visat sig snabbt kunna kolonisera en botten. Även i Bornholmsdjupet har *Capitella* påträffats tidigt i successionen, men aldrig som ett dominerande inslag. Orsaken är troligen att det är en marin art, som i Bornholmsdjupet är nära gränsen för hur långt in i Östersjön den kan leva. Provtagningarna i Östersjön sker endast en gång om året, och det har oftast gått många månader mellan saltvatteninbrotten och de första observationerna. Större delen av *Capitella*-populationen kan därför också ha hunnit försvinna innan första provtagningen.

I nästa successionsstadium återfanns de depositionsätande havsborstmaskarna *Heteromastus filiformis*, *Scoloplos armiger* och *Trochochaeta multisetosa*, även dessa med pelagiska larver. *Scoloplos* och *Heteromastus* har endast kortvariga pelagiska stadier. *Trochochaeta* är förmodligen planktonotrof med larver framför allt inom den fotiska zonen. Troligtvis har ingen av dessa arter kommit med det inströmmande vatt-





☞ På åttio meters djup vid Landsortsdjupet är saltvatteninflödena mindre frekventa. Den minskande salthalten leder till minskad skiktning vilket medger en ökad vertikal cirkulation ned till större djup. Effekten blir att syrehalten ökar då salthalten går ner, och en nyrekrytering av arter kan ske. För perioden 1987 till 2000 visas successionen av arter under en återhämtningsperiod.

Ishavsgråsuggan är ett rovdjur som etableras i de senare successionsstadierna.

net utan härstammar från grundare vatten i området. I senare successionsstadium etablerade sig arter som är typiska för ett mer moget samhälle i södra Östersjön, såsom kräftdjuret *Diastylis rathkei*, musslan *Astarte* och den rovlevande havsborstmasken *Nephtys ciliata*.

När sedan syreförhållandena återigen försämrades försvann de tidigare etablerade arterna med undantag av *B. sarsi* och *T. multisetosa* och slemmasken *Nemertea* spp. Därefter tog syret slut och samhället i sin helhet slogs ut.

Omvända syre- och saltförhållanden

Vid Landsortsdjupet är saltvatteninflödena mindre frekventa än vid Bornholm. Här råder ett omvänt samband jämfört med Bornholmsdjupet, syrehalten ökar då salthalten går ned. Detta beror på att salthaltssprångskiktet sänks djupare ner vid uteblivna saltvatteninbrott, vilket i sin tur leder till en förbättrad syresituation och en nyrekrytering av flera arter.

Precis som i Bornholmsdjupet är havsborstmasken *Bylgides sarsi* den första arten som påträffats vid samtliga återkoloniseringsfall. De följande successionsstadierna skiljer sig dock markant. Vitmärlan *Pontoporeia femorata* etablerade sig relativt tidigt i successionen, troligen genom vuxna simmande individer. Senare etablerade sig havsborstmasken *Terebellides stroemi*, troligen genom larver från grundare områden.

I de senare successionsstadierna etablerades östersjömusslan *Macoma balthica*, ishavsgråsuggan *Saduria entomon* och enstaka individer av sötvattenvitmärslan *Monoporeia affinis*, vilka är typiska arter för ett mer moget samhälle i Egentliga Östersjön. Ishavsgråsuggan är ett rovdjur, som kräver tillräckliga mängder av vitmärlor för att kunna etablera sig. Att östersjömusslan etablerar sig så sent kan bero dels på att den har svårt att etablera sig på botten som domineras av vitmärlor, dels på att den är långsamväxande och därigenom svår att upptäcka innan den uppnått tillräcklig storlek för att fastna i sället.

Annorlunda förlopp

En period med syrebrist i ett område har normalt föregåtts av en period med kontinuerligt minskande syrehalter. Den förändring av faunan som sker då är helt olika den succession som sker i samband med att botten åter koloniserar, och de arter som överlever längst när syrehalterna minskar är helt andra än de som först koloniserar botten när det åter råder goda syreförhållanden. I fallet med minskande syrehalter blir de arter som har förmåga att överleva långa perioder med låga syrevärden kvar längst. Dessa arter kan överleva genom att antingen anpassa sig fysiologiskt, minska sin aktivitet eller genom att de har förmågan att komma upp en bit ovanför sedimentytan. S

Bottenviken

I Bottenviken råder år 2009 god ekologisk status på utsjölokalerna medan de kustnära lokalerna samt Holmöarna har måttlig status. I Rånefjärden är statusen dock så låg som otillfredsställande, även om den ökat från dålig sedan föregående år. De låga statusnivåerna nära kusten är i huvudsak ett resultat av kraftig nedgång av den tidigare dominerande vitmärlan, *Monoporeia affinis*, kring sekelskiftet. Vitmärlan är en känslig art vars nedgång starkt påverkar det ekologiska indexet BQI. Vitmärlan har knappt återhämtat sig alls i de kustnära områdena. I Rånefjärden har den varit helt försvunnen sedan 2005, men hittades i några exemplar 2009. Statusen ökade då från dålig till otillfredsställande. Även på utsjölokalerna skedde en nedgång av vitmärla, men inte lika kraftig. Återhämtningen har gått bättre där, och statusen är fortsatt god.

Bottenhavet

Precis som i Bottenviken, och av samma anledning, är statusen ofta bättre i utsjön än i kustområdena. Ett område, Gavik/Edsätterfjärden, har ökat sin ekologiska status jämfört med föregående år, och när nu god status. Förändringen är dock liten, och detta område har fluktuerat kring gränsen för god de senaste åren. Norrbyområdets lägre BQI-värden efter sekelskiftet beror, liksom för flera områden i Egentliga Östersjön, på att vitmärlan *M. affinis* minskat kraftigt och att de mindre känsliga arterna havsborstmasken *Marenzelleria* och östersjömusslan *Macoma balthica* ökat. Grundkallen är ett nytt utsjöområde som provtogs första gången 2009. Området kommer att ingå i programmet även framöver.

Egentliga Östersjön

Generellt visar Egentliga Östersjön oförändrad eller något lägre ekologisk status 2009 jämfört med de båda föregående åren. Statusen var god i alla områden utom Västervik och Svenska Björn. Bägge dessa områden är relativt djupa, och syrehalten i bottenvattnet har varit låg de senaste åren.

Glädjande nog är den ekologiska statusen för båda dessa områden på väg upp, och högre under 2009 än 2008. Även Stockholms- och Asköområdet uppvisar en god ekologisk status under 2009.

Det är viktigt att tillägga att denna statusbedömning endast gäller för de opåverkade referensområden som ingår i programmet. Den ekologiska statusen är betydligt sämre i många antropogent påverkade recipientområden liksom på djupare syrefattiga bottnar under saltsprångskiktet, haloklinen.

En jämförelse av artsammansättning mellan åren visar att den introducerade havsborstmasken *Marenzelleria* spp., som ökat kraftigt de senaste åren, för första gången börjat minska på ett antal stationer, medan en återkolonisering av inhemska arter som *Macoma balthica* börjat ske. Vitmärlan som minskat dramatiskt under 1990-talet har ännu inte återhämtat sig. En långtidsserie i Asköområdet visar en beständig nedgång mot en försämrad ekologisk status och att gränsen till måttlig status är nära.



Några arter som vanligtvis finns längre söderut i Östersjön där salthalten är högre, har under 2009 påträffats i Stockholms skärgård. Märkräftan *Melita palmata* påträffades exempelvis i Kobbjärden, vilket är det nordligaste fyndet av denna art. Den har tidigare endast rapporterats vid nordöstra Gotland och i Kalmarsund. Fyndet av de sydligare arterna sammankopplat med en generellt högre salthalt tyder på att nya saltvatteninbrott har skett i Stockholms skärgård under 2008-2009.

Vid Gotland, där jämförelser kan göras med tillståndet på 20-talet, visar 2009 års undersökningar en fortsatt god ekologisk

status, även om antalet arter fortsatt att minska i det kustnära områdena.

Kattegatt

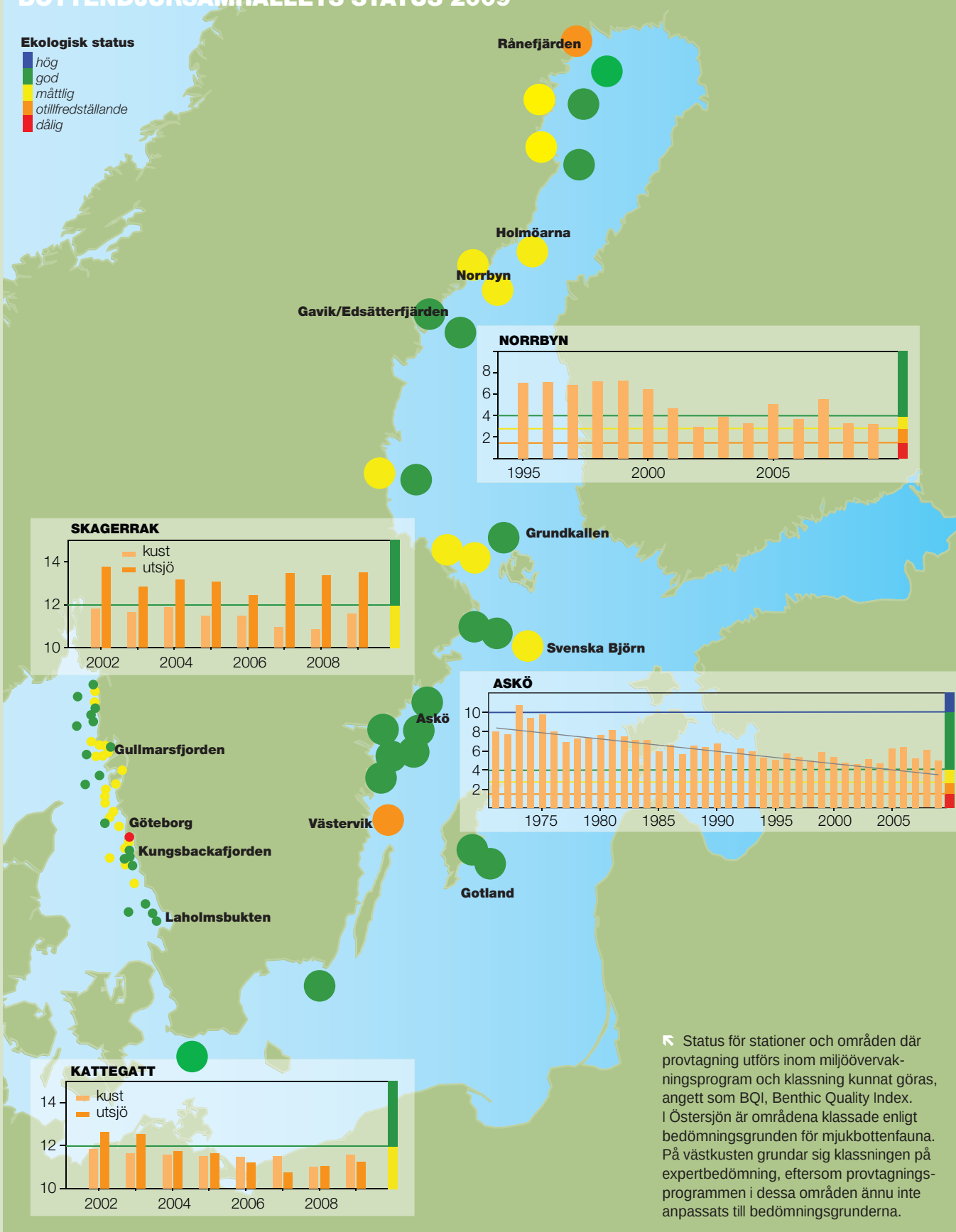
Områdena i Kattegatt har under många år utarmats, och håller med några få undantag endast måttlig status. Framför allt har denna utveckling varit tydlig i djupare kustlokaler. Under 2009 skedde en viss nyrekrytering av arter, men området håller ändå bara måttlig status. En klar förbättring har däremot skett i halländska kustlokaler grundare än 25 meter, vilka gått från måttlig till god ekologisk status. Detta gäller även lokalerna utanför Laholmsbukten, som trots en period med låga syrehalter under hösten 2008 bedöms hålla god status. Vid lokalen i innersta delen av Kungsbackafjorden har däremot miljön ytterligare försämrats. Där bestod faunan endast av ett fåtal individer av tåliga arter. Miljön där klassas därför som dålig. De mer antropogent påverkade kust- och fjordlokalerna utanför Göteborg håller genomgående, i likhet med tidigare år, måttlig status.

Skagerrak

I Skagerraks öppna hav råder liksom tidigare år god status. Liksom i Kattegatt har en viss nyrekrytering skett längs kusten. Antalet arter har ökat, och fler lokaler än 2008 håller god status, framförallt i norr. Även i innerskärgård och fjordar har en viss nyrekrytering skett på flera lokaler, men inte av den omfattningen att miljöstatusen förändrats. Genomgående bedöms de kustnära lokalerna att i likhet med 2008, hålla måttlig status. Undantaget är Gullmarsfjordens djuphåla, som efter att varit påverkad av låga syrevärden under vintern 2007/2008 nu åter håller god status. Utanför Göteborg och i södra Bohuslän råder en lägre ekologisk status än längs Hallandskusten och norra Bohuslän. Detta beror framförallt på att antalet arter är lägre än i jämförbara områden längs kusten i övrigt. Det är detta område som är mest antropogent påverkad av utflödet från Göta och Nordre älv. Det är även i detta område som den från södra Nordsjön kommande Jutlandsströmmen träffar svenska kusten.

BOTTENDJURSAMHÄLLETETS STATUS 2009

Ekologisk status



↗ Status för stationer och områden där provtagning utförs inom miljöövervakningsprogram och klassning kunnat göras, angett som BQI, Benthic Quality Index. I Östersjön är områdena klassade enligt bedömningsgrunden för mjukbottenfauna. På västkusten grundar sig klassningen på expertbedömning, eftersom provtagningsprogrammen i dessa områden ännu inte anpassats till bedömningsgrunderna.

Regionala provfiskeområden – något att räkna med

KERSTIN SÖDERBERG & MIKAELA BERGENIUS, FISKERIVERKET

Sverige har en lång och varierande kuststräcka. För miljöövervakningen är det en utmaning att med små medel försöka täcka in alla regionala skillnader. Kustfiskövervakning bedrivs idag både nationellt och regionalt, och informationen från provfiskena visar att det finns lokalt unika fisksamhällen längs med hela vår kust. Kunskap om denna lokala och regionala variation är fundamental för att kunna se helhetsbilden.

■ Att övervaka miljön är en utmaning, och kustfiskövervakningen utgör inget undantag. Vad är det vi vill övervaka? Är det fiskbestånden i sig eller de förändringar de antas indikera? Är det eventuell påverkan från fisket eller från predatorer som säl och skarv vi vill följa? Kanske är det övergödningsproblem eller klimatförändringar som vi önskar övervaka. Förmodligen är det allt ovan nämnt med fokus på att få en varningssignal om något inte står rätt till. Helst vill vi kunna möta en mängd frågeställningar även när vi gör enstaka mätningar i naturen, till exempel vid ett inventeringsfiske.

Övervakningen i dag

Nationellt och regionalt finansierade provfisker utförs i utvalda referensområden längs med vår svenska kust. Med referensområden menas områden som anses relativt opåverkade av lokal mänsklig aktivitet. För provfisker som finansieras nationellt av Naturvårdsverket sträcker sig mätningarna över decennier. En sådan kontinuitet i övervakningen över tid ger värdefulla möjligheter till historiska jämförelser av fisksamhällen. Eftersom det är svårt att säkra långsiktig finansiering är antalet

provtagingsområden med långa tidsserier tyvärr mycket få.

Tack vare bland annat engagerade länsstyrelsetjänstemän och bidrag från Naturvårdsverket har det vid sidan av de nationella fiskena genomförts så kallade regionala kustprovfisker sedan början av 2000-talet. Dessa har genomförts med samma metodik som samtidigt började användas i de nationella områdena och de täcker tillsam-

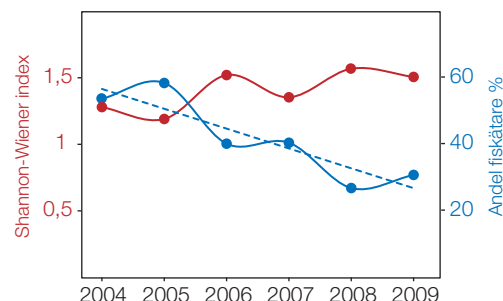
mans flera miljöer och kusttyper. Nätverket av provfiskeområden borgar även för att resultat från mindre omfattande undersökningar, till exempel inventeringsfisker utförda av konsulter eller representanter för fiskevårdsområden, kan relateras till ett större antal referensområden.

Att tolka och beskriva förändringar

Fiskeriverket är datavärd för både nationel-



Foto: Silvia Jansen/Stockphoto

DIVERSITET OCH
EKOLOGISK FUNKTION

Exempel på indikatorer för biologisk mångfald och ekologisk funktion. Fiskesamhällets mångfald mätt som Shannon-Wieners diversitetsindex är oförändrat med antydan till en ökning i Gaviksfjärden i Bottenviken, medan andelen fiskätande fisk är minskande. ➔

la och regionala kustprovfisken. Resultaten kvalitetskontrolleras och görs tillgängliga på Fiskeriverkets hemsida. I uppdraget ingår också att göra vissa analyser av data. Målsättningen är att för varje provfiskeområde årligen publicera resultatblad som visar tillstånd och aktuella förändringar i kustfisksamhället. På Fiskeriverkets hemsida kan man även göra egna datauttag direkt ur databasen, för analyser utöver det som rapporteras i resultatbladen.

För att underlätta tolkningen av resultaten använder vi indikatorer som kan illustrera tillstånd och förändringar. Som indikatorer för biologisk mångfald används till exempel artantal och den relativa mängden av arter. En annan indikator är andelen fiskätande fisk. I Gaviksfjärden i Bottenviken har dessa minskat medan diversitetsindex är oförändrat med antydan till en ökning. En minskad andel fiskätande fisk kan indikera en försämring i ekosystemets funktion,

eftersom de ofta har en reglerande roll på resten av det lokala ekosystemet. En sådan minskning kan bero på ett ökat fisketryck, men även på en ökning hos andra delar av fisksamhället. Exemplet visar på vikten av att beakta flera indikatorer samtidigt när förändringar ska tolkas.

Ett annat sätt att beskriva förändringar i fisksamhället är att synliggöra hur olika arter samvarierar över tid. Figuren här intill visar en så kallad traffic light plot över

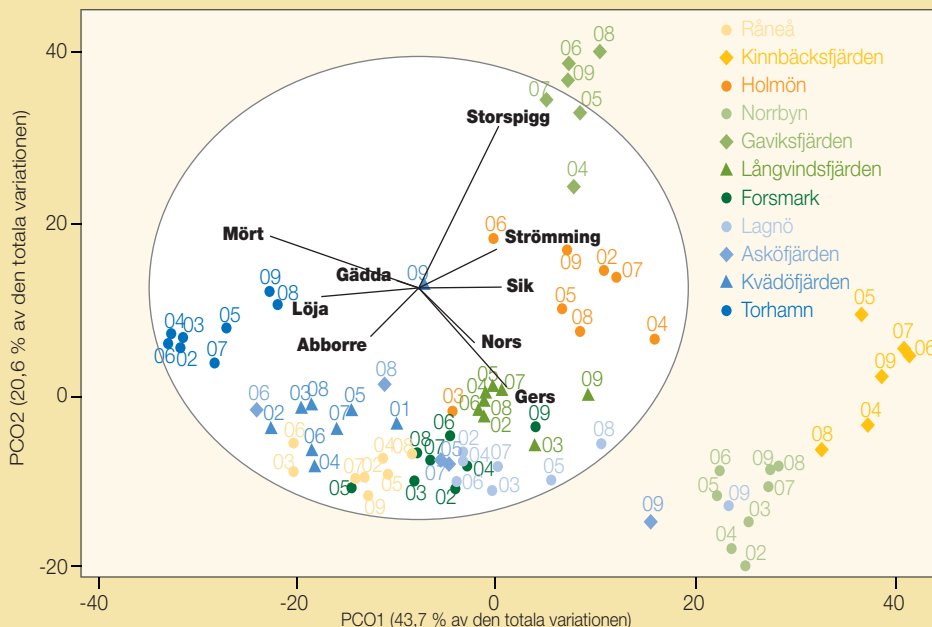
TRAFFIC LIGHT PLOT

Art	Medelfångst	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Trend	Status enligt rödlistan	Förekomst	Klass	Percentil
Abborre	29,19									..			hög	80 – 100
Mört	7,60									..			medelhög	60 – 80
Löja	0,31									..			medel	40 – 60
Björkna	0,69									..			medellåg	20 – 40
Gers	3,46									ns			låg	0 – 20
Braxen	0,07									..				
Nors	2,01									ns				
Id	0,04									..				
Gädda	0,09									..				
Gös	0,02									ns				
Sarv	0,02									..				
Vimma	0,01									ns	kunskapsbrist			
Öring	0,00									ns				
Tobiskung	0,00									ns				
Hornsimpa	0,03									ns				
Piggvar	0,01									ns	missgynnad			
Stensimpa	0,01									ns				
Storspigg	0,00									ns				
Sutare	0,02									ns				
Skrubbskädda	0,04									ns				
Tånglake	0,07									ns	missgynnad			
Svart smörbult	0,22									ns				
Skarpsill	1,20									ns				
Sik	0,54									ns				
Strömming	2,49									ns				
Totalt antal arter		18	17	21	16	18	15	16	15	ns				
Total fångst (antal per station och natt)		64,1	49,2	47,2	55,3	45,0	44,5	42,5	37,5	..				

ns = ingen signifikant förändring
.. = minskande trend, $p < 0,01$

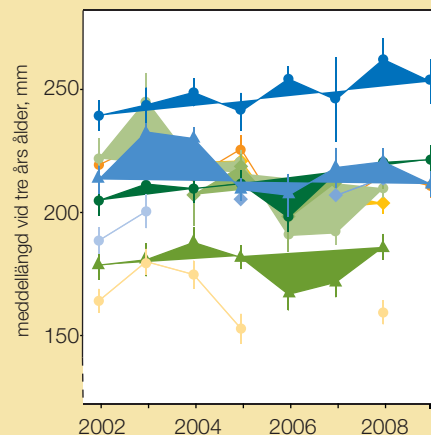
➔ Även kortare mätserier illustrerar skiften i fisksamhället. Traffic light plot av tidsserier för fångst per ansträngning (antal per nät och natt) vid Lagnö i norra Egentliga Östersjön. Färgkoderna anger relativa värden där rött motsvarar höga värden och grönt låga värden. Arterna är sorterade med minskande och samvarierande värden i övre delen av tabellen samt ökande och samvarierande värden i botten av tabellen.

ARTFÖRDELNING OCH OMRÅDESGRUPPERING



➤ Hur förhåller sig artfördelningen i mitt inventeringsfiske till fördelningen i 11 regionala och nationella provfisken? En PCO-plot hjälper till att illustrera resultaten. Siffror anger fångstår för åren 2002-2009. Vektorerna visar vilka arter eller grupper av arter som dominerar fisksamhället. Gruppen abborre i figuren representerar även arterna gös, björkna och braxen. Gruppen nors representerar även siklöja, stäm och skarpsill. Gruppen gädda representerar även sarv och id. I Kvädöfjärden är samhället dominerat av abborre medan Gaviksfjärden har en större andel storspigg. Kinnbäcksfjärden har högre andel arter som strömming, sik och nors, vilka föredrar kallare vatten. Variationen mellan områdena är större än mellan år inom samma område.

ABBORRTILLVÄXT



➤ Figuren visar regionala skillnader i tillväxttakt hos abborre med långsamväxande individer i norr och snabbväxande i söder. Medellängd i augusti av treåriga abborrhonor. Felstaplar anger variationen, 95% konfidensintervall.

Legenden är den samma som i figuren bredvid.

provfiskefångsten vid Lagnö i norra Egentliga Östersjön år 2002 till 2009. Exemplet visar att även relativt korta övervakningsserier kan visa på skiften i fisksamhällen. Varmvattengynnade arter som abborre och karpfiskarna mört, löja och braxen har minskat, medan sik, skarpsill och strömming visar en tendens till ökning, dock inte signifikant för de enskilda arterna. Utfallet kan troligen förklaras av en lägre vatten-temperatur när fisket utfördes.

Regional information ger helhet

Sammanfattande analyser visar med tydlighet att fisksamhällen utmed vår kust inte kan dras över en kam. Fångst-sammansättningen i nationella och regionala provfisken visar en markant större variation mellan områden än mellan år inom områden. Skillnaderna mellan områdena kan sannolikt till stor del förklaras av lokala skillnader i temperatur, salthalt och provfiskeområdets läge i skärgården.

Regionala skillnader syns även hos de

olika indikatorerna. Till exempel visar indikatorn tillväxt hos abborrhonor en relativt stabil geografisk förändring med långsamväxande individer i norr och snabbväxande individer i söder. Tillväxttakten kan ha stor betydelse för produktiviteten i fisksamhället, och även för hur tolerant ett bestånd är mot yttre påverkan, så som fiske.

Betydelsen av att beakta regional variation mellan fisksamhällen bekräftas av studier på utbredningen av olika bestånd. Genetiska jämförelser och mätningar av vandringsmönster tyder till exempel hos gädda på lokala bestånd som rör sig inom ett område som inte är större än 150 kilometer. I likhet med gäddan visar en vandringsstudie på abborre att den sällan förflyttar sig mer än 100 kilometer.

Informationen från de regionala och nationella provfiskena visar att det finns lokalt unika fisksamhällen längs med hela vår svenska kust. Samtidigt ger detta nätverk av provfiskeområden ramarna för en helhetsbild av områden som är relativt

opåverkade av lokal mänsklig påverkan, vilket ger en möjlighet att upptäcka stor-skaliga miljöförändringar. Resultat från enskilda inventeringsfisken, eventuellt i områden med större lokal påverkan, kan sättas i relation till ett relevant urval av de befintliga referensområdena, det vill säga helhetsbilden kan användas som en baslinje. Sist men inte minst visar informationen ett tydligt behov av lokal förvaltning av våra kustfiskbestånd.

Utveckling och samarbete

Kunskapen om den regionala variationen som präglar våra fisksamhällen, i kombination med målet att uppnå en förvaltning som tar hänsyn till ekosystemet som helhet, ställer nya krav på forskningsunderlag. En fortsatt utveckling av metoder för jämförelser av kustfiskövervakningsresultat inom och mellan områden är viktig. Som exempel pågår forskning kring hur provfiskefångsten lämpligen ska justeras för den temperatur som vattnet haft vid fisket,



Foto: Bent Christensen/Azote

något som påverkar hur fisken fångas. Ett annat exempel är analyser som visar hur fiskarter och storlekar fångas olika selektivt i olika redskap. Informationen möjliggör en jämförelse av fisksamhällen på vissa platser och tider även om de övervakats med olika metodik.

För att skapa generella och betydelsefulla bedömningsgrunder är ett fortsatt gott samarbete både nationellt och internationellt, en förutsättning. Sverige har åtagit sig en ledande roll i Helcoms samarbete kring aktionsplanen för Östersjön, Baltic Sea Action Plan, när det gäller utvecklingen av indikatorer för kustfisk. Arbetet fokuserar på att utvärdera indikatorer och identifiera vilka processer, både naturliga och sådana som är orsakade av mänskliga aktiviteter, som ligger bakom observerade förändringar i fisksamhällen.

Utmaningen är att övervaka en lång och varierande kuststräcka med små medel, så att vi kan hålla en mängd data från många platser tillgängliga i en gemensam databas.

Samlad information är ett av fundamenten i arbetet att uppnå de svenska miljömålen, EU:s marina direktiv och Konventionen om biologisk mångfald, och en förvaltning som säkerställer ett långsiktigt hållbart fisksamhälle i Östersjön. **S**

LÄSTIPS

Kustfiskövervakning 2010, www.fiskeriverket.se

Laikre, L., Miller, L.M., Palmé, A., Palm, S., Kapuscinski, A.R., Thoresson, G., and Ryman, N. 2005. *Spatial genetic structure of northern pike (Esox lucius) in the Baltic Sea*. Molecular Ecology 14:1955-1964.

Modin, J. 2009. *Ekosystemansatsen i fiskförvaltningen*, HAVET 2009.

Saulamo, K. and E. Neuman. 2002. *Local management of Baltic fish stocks – the significance of migrations*. Finfo 2002:9. Fiskeriverket, Göteborg. 19 pp.

Inga effekter på beståndsnivå

Trots minskande halter av de flesta övervakade metaller och organiska miljögifter i abborre så indikerar fiskfysiologisk övervakning att artens hälsotillstånd är påverkat vid Holmön i Bottenviken samt i Kvädöfjärden och vid Torhamn i Egentliga Östersjön. Den individuella tillväxttakten hos abborre har dock ökat i samtliga områden, något som kan kopplas till en ökning av havsvattentemperaturen. De förändringar som ses på hälsotillståndet på individnivå har alltså inte slagit igenom på bestånds- eller samhällsnivå i något av de övervakade områdena.



Mört

Foto: Alexander Potapov/iStockphoto

Mer karpfisk i Bottniska viken

Fisksamhället vid Holmön har varit relativt stabilt, med en dominans av abborre och mört. Det tenderar dock att gå mot ett mer karpfiskdominerat stadium, då indexet för den trofiska medelnivån i fiskbeståndet och kvoten abborre/karpfisk har minskat. Detta förklaras av en ökning av de plankton- och bottendjursätande arterna löja och mört.

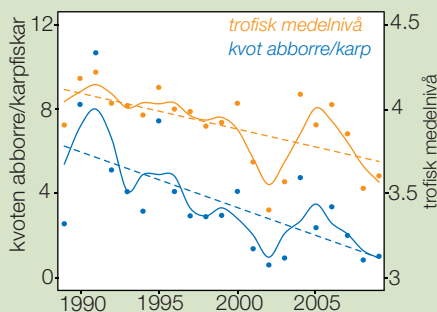
Stora abborrar i södra Östersjön

Vid södra Östersjökusten är individtillväxten mycket hög hos abborre. En tvååring vid Torhamn i Blekinge är nästan lika lång som en treåring vid Holmön eller i Kvädöfjärden. I södra Östersjön, som i samtliga andra områden, har tillväxten hos abborre ökat. Tillväxtökningen har i kombination med små fångster av mindre abborre under senare år, bidragit till att andelen stor abborre har ökat i fångsterna från Torhamn. Med stor abborre avses en totallängd av 23 centimeter och större, vilket motsvarar treåringar och äldre.

Regional variation på ostkusten

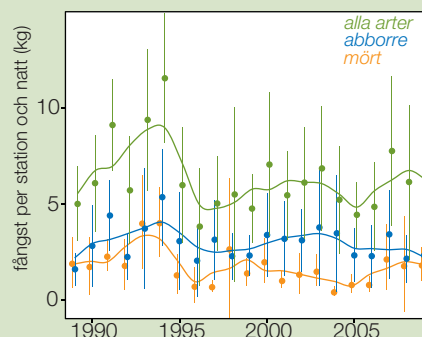
Starka årsklasser hos abborre har tidigare

FISKSAMHÄLLE I FÖRÄNDRING



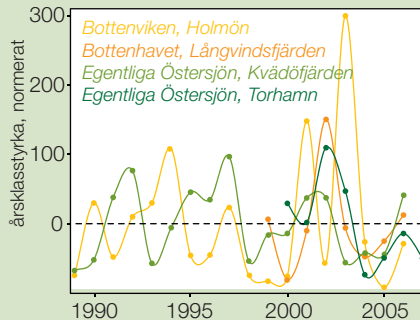
➤ Ett fiskesamhälle i förändring med en förskjutning mot karpfisk med minskande kvot abborre/karpfisk och trofisk medelnivå i fångsten vid Holmön i Bottenviken. Heldragna linjer visar tre perioders glidande medelvärde. Streckad linje anger trenden enligt linjär regression.

FISKBESTÅND I KVÄDÖFJÄRDEN



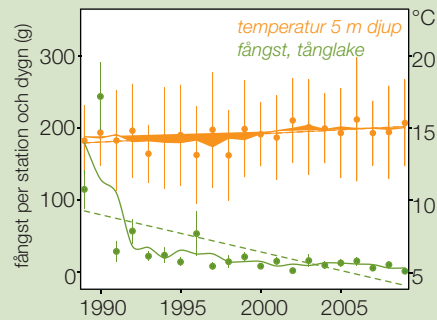
➤ Trots försämrad fiskhälsa i området ses inga effekter på fiskbeståndet i Kvädöfjärden i Egentliga Östersjön. Vertikala linjer anger 95% konfidensintervall och de heldragna linjerna visar tre perioders glidande medelvärde.

ABBORRENS ÅRSKLASSTYRKA



➤ Abborrens årsklasstyrka i provfiskefångster varierar mycket över tiden, och är inte så synkrona som kanske förväntats, även om det finns vissa likheter. Årsklassens styrka baseras på fångsten per ansträngning av treåringar (tvååringar i Torhamn). Noll på skalan anger ett genomsnittligt rekryteringsår inom respektive område.

TÅNGLAKE OCH TEMPERATUR



➤ Ökande temperatur bidrar till stress hos tånglaken, med minskande fångster som följd, vid Fjällbacka i Västerhavet. Vertikala linjer anger 95% konfidensintervall och de heldragna linjerna visar tre perioders glidande medelvärde. Streckade linjer anger trenden enligt linjär regression.

Tånglaken stressas på västkusten

Situationen för tånglaken i Fjällbacka i Västerhavet är ansträngd. Vikande fångster antyder ett minskat bestånd och en nedgång i flera individuella parametrar antyder att arten påverkas negativt av den ökande vattentemperaturen. Indikationer tyder även på att artens hälsotillstånd är påverkat, samtidigt som belastningen av metaller som kadmium och kvicksilver har ökat under tidsperioden.

LÄSTIPS

Kustfiskövervakning 2010, www.fiskeriverket.se

Svensk torsk i tid och rum

MATTIAS SKÖLD & JOAKIM HJELM, FISKERIVERKET

Vi har länge vetat att de marina fiskarterna är uppdelade i olika bestånd. Därför förvaltas exempelvis torskbestånden i Kattegatt och östra Östersjön på olika sätt. Förvaltningen utgår från de biologiska råden som tas fram av Internationella havsforskningsrådet, ICES. På senare tid har kunskapen ökat om hur de olika bestånden är separerade i tid och rum. Vi kan nu också i detalj följa fiskefartygen med hjälp av satellitövervakning. Det innebär att vi idag vet mer om hur bestånden fördelar sig och hur exploateringsmönstren ser ut. Denna kunskap kan användas till att införa olika typer av områdesskydd och skyddszoner där redskapsanvändningen regleras. Vi kan på så sätt minska risken för beståndskollaps och bidra till en hållbar förvaltning av de marina fiskarterna.



Foto: Mattias Sköld

■ Redan i mitten på 1980-talet fick vi larm om att bottenfiskbestånden hade minskat längs västkusten. Dessvärre genomfördes inga systematiska provfiske mellan 1980 och 2000. När provfisket togs upp igen kunde stora förändringar konstateras i jämförelse med den tidigare perioden 1920-1980. Vuxen fisk av tidigare vanliga fiskarter förekom ytterst sparsamt eller inte alls på de gamla trålundersökningsstationerna längs hela västkusten.

Sedan dess har också beståndsstruktur och vandringsmönster av speciellt torsk undersökts. Allt tyder på att Skagerrak och Kattegatt tidigare hyste ett flertal olika lokala torskbestånd och att dessa var hemortstrogna, det vill säga att de sökte sig tillbaka till bestämda lekplatser på samma sätt som många laxfiskar. Många av dessa

gamla lekplatser saknar nu torsk under lekperioden vilket tyder på lokal utrotning. Den unga torskfisk som numer periodvis finns längs västkusten kommer till stor del från Nordsjön, och använder västkusten enbart som uppväxtområde.

Förvaltningen av kustfiskbestånden hanteras inom EU:s gemensamma fiskeripolitik, men i praktiken sköts den av kuststaterna själva. För flera av arterna är fångstbegränsningarna, det vill säga kvoterna, inte skilda från utsjöbestånden. Det innebär till exempel att kusttorsken i Skagerrak ingår i kvoten för allt svenskt fiske i Skagerrak. Analyser av det stora Nordsjöbeståndet har dessvärre mycket lite att göra med statusen för de små lokala bestånden längs kusten, och detta är en förklaring till varför problemen för kusttorsken inte åtgärdats i tid.

Utökat skydd nödvändigt

För att skapa förutsättningar för återuppbyggnad av kustfiskbestånden på västkusten beslutade Fiskeriverket 2004 att begränsa fisket i kustzonen. Trålgränsen flyttades ut från kusten, endast selektiva redskap tilläts för kräftfiske, förbud infördes mot snörpvaldsfiske i känsliga delar av innerfjorderna och fiskeförbud på torsk, kolja och bleka infördes under lekperioden. Förbudet mot snörpvaldsfiske utökades 2006 och bestämmelserna skärptes ytterligare 2008, då begränsningar i nät- och handredskapsfisket infördes.

En nyligen genomförd sammanställning av de senaste åtta årens undersökningar visar dessvärre inte på någon generell återhämtning i vare sig Skagerrak eller Kattegatt. Vissa år hittas rikligt med ungfisk på



I Havstensfjorden
finns stationära
bestånd av piggar.

grund av inflöden av yngel från utsjön. Vissa stationära bestånd kan dock hittas vid kusten, exempelvis piggar i Havstensfjorden. Rester av lokalt lekande bestånd av torsk finns också i Havstensfjorden och Gullmarsfjorden. Utvecklat skydd för dessa rester är en mycket viktig åtgärd.

Under 2009 har Fiskeriverket i samarbete med projektet "Åtta fjordar" tagit fram ett regleringsunderlag för att skydda kustfisker i området innanför Orust och Tjörn. Historiska fångstplatser av torsk har kartlagts genom intervjuer med fiskare, och provfisker har genomförts. De nya reglerna som gäller från årsskiftet innebär fiskeförbud för torsk, kolja och bleka hela året. Endast icke dödliga fångstmetoder kommer att tillåtas i dessa områden så att all eventuell fångst skall kunna släppas tillbaka levande. Vidare skyddas kärnområdena för torsklek som permanent fiskefria områden. Vi kan trots dessa stränga åtgärder inte göra någon prognos för återhämtningen, men förutsättningarna finns nu om regelverket följs. Åtgärderna kommer att följas upp och sedan utvärderas efter fem år.

Torsken i Kattegatt i kris

Torskbeståndet i Kattegatt har minskat till en femtedel jämfört med 1970-talet, och rekryteringen ligger på en historiskt låg nivå. Förklaringen till beståndets tillbakagång är trots minskade kvoter ett långvarigt överfiske. I dagsläget kan fiskeridödligheten

ten, det vill säga hur många fiskar som försvinner till följd av fisket, inte beräknas på ett tillförlitligt sätt. Detta beror dels på att det finns ett inflöde av ungtorsk från Nordsjöbeståndet som återvänder till Nordsjön när den blir äldre. Storleken på yrkesfiskets landningar, det vill säga det man tar med iland, motsvarar inte heller storleken på fångsterna. Ofta använder man sig av storleksmaximering där man gör sig av med de mindre fiskarna när man fiskar upp större. Det finns också ett illegalt fiske som följaktligen inte rapporteras alls.

Ej fungerande plan

Sedan 2008 finns en av EU beslutad återuppbyggnadsplan för torsken i Kattegatt. Man vill uppnå en maximal fiskeridödlighet på 0,4. Om detta inte lyckas skall fiskeridödligheten reduceras successivt med 25 procent per år, alternativt 10 procent per år om lekbiomassans storlek uppskattas ligga inom biologiskt säkra gränser. Planen bygger på att fiskeridödligheten skall minskas genom bland annat reglering av kvoterna. Men problemet är att det inte finns någon överensstämmelse mellan kvoter och fiskeridödlighet och därför går fiskeridödligheten inte att beräkna tillförlitligt. Därför gör ICES bedömningen att planen inte fungerar, och det vetenskapliga rådet blir följaktligen fiskestopp. Mot denna bakgrund införde Sverige och Danmark skyddszoner och ett fiskefritt

område i Kattegatt 2009 efter ett gemensamt förslag från forskarna på Havsfiskelaboratoriet och Danmarks motsvarighet, DTU Aqua. Utgångspunkten för förslaget var att beståndet som leker i Kattegatt är stationärt och att områdesskydd med en förflyttning av fisket från kärnområdet i den sydöstra delen av Kattegatt och norra Öresund effektivt borde gynna torsken. Effekterna av det svensk-danska områdesskyddet skall utvärderas efter tre år.

Tecken på återhämtning

Torsken i Östersjön förvaltas som två bestånd som avgränsas väst och ost om Bornholm. Det östra beståndet har under en lång period haft liten lekbiomassa och hög fiskeridödlighet, men det finns nu goda förutsättningar för en återhämtning. EU beslutade år 2007 om en återhämtningsplan, som också i detta fall innebär en successiv minskning av fiskeridödligheten. Planen har följts, och beståndet visar nu tecken på återhämtning. Ett problem med trålfisket efter torsk i Östersjön är de periodvis stora utkasterna av torsk under minimimåttet. Eftersom beståndet är överfiskat bedrivs i praktiken allt fiske på ett fåtal årsklasser strax över minimimåttet 38 centimeter, och så länge ingen större fisk finns att fånga har viljan att ändra redskapens storleksselektion varit liten.

En alternativ lösning skulle kunna vara att skydda torskens uppväxtområde

från fiske. För att utreda denna möjlighet behövde vi kunskap om hur stora de fiskar under minimimåttet är som riskerar att fångas och var de finns. Utifrån provfisken som bedrivits sedan början av 1990-talet konstruerades en statistisk modell för att beskriva utbredningen av torsk som är 30-37 centimeter långa, det vill säga den torsk under minimimåttet som löpte risk att fångas i trålarna. Modellen visade tydliga mönster; torsken finns i Hanöbukten, öster om Öland, utefter norra och östra sluttningarna till Bornholmsdjupet, öster om Gotland och nordost om Gdanskdjupet. Analysen visade också att utbredningsmönstret var mer utspritt på hösten jämfört med tidigt på året. Genom att kombinera utbredningen av denna torsk med utbredningen av trålfisket kunde det konstateras att områdena sammanfaller till 70-80 procent.

Förbättra selektionen

Att stänga detta område för trålfiske efter torsk skulle göra att fiskeansträngningen skulle behöva öka avsevärt för att kunna ta upp de tilldelade kvoterna. Detta ger negativa konsekvenser för de större årsklasserna av torsk och för miljön som helhet, eftersom bränsleförbrukning och bottenstrålador ökar. En bättre åtgärd för det riktade trålfisket efter torsk är följaktligen att förbättra selektionen i trålarna. I ministerrådsförhandlingarna 2009 togs beslut om att höja maskstorleken i torsktrålarnas flyktpaneler från 110 till 120 millimeter. Denna åtgärd kan bidra till att lösa utkastproblematiken för mindre torsk. Kanske kan dödligheten för uppväxande torsk minskas ytterligare om det finmaskiga trålfisket efter sill och skarpsill, med torsk som bifångst, begränsas i området med ungtorsk. Att stänga området för dessa pelagiska trålar skulle endast innebära en marginell förflyttning av fiskeansträngningen eftersom detta fiske lika väl kan bedrivas strax utanför ungtorskområdet.

Områdesskydd ett bra redskap

Förvaltningen av naturresursen fisk brottas bland annat med avgränsningsproblem; hur är bestånden separerade, och vilka fiskemetoder tar död på fisken? Kunskapen förbättras ständigt, och vi vet nu ganska väl att en torsk inte bara är en torsk och att beskattningar av de olika bestånden måste anpassas var för sig. Ekosystemansatsen

innebär att också människan skall tillerkännas sin roll i ekosystemet. Att studera människans beteende, det vill säga fiskets bedrivande i tid och rum, i förhållande till hur fiskeresurserna fördelar sig är därför mycket viktigt, eftersom vi förvaltar fisken och även till stor del ekosystemet genom att reglera fisket.

Den viktigaste åtgärden för att återuppbygga våra torskbestånd är att minska fiskeridödligheten. Fiskefria områden och zoner som kan hjälpa, genom att exempelvis flytta icke selektiva fisken till mindre känsliga områden och därmed bidra till att minska fiskeridödligheten för de bestånd som behöver skyddas. Men hänsyn måste också tas till de negativa konsekvenser en flytt av fisket kan ge.

En annan viktig del av införandet av områdesskydd är uppföljning. Uppföljningsprogrammet i Kattegatt utförs av myndigheternas forskningsinstitutioner i samarbete med svenska och danska fiskare. Provfiskena visar att torskens fördelning stämmer ganska väl med skyddsområdenas avgränsning men också att området

bör utökas något för att bättre täcka in kärnområdet för vuxen torsk, och därmed fullgott skydda lekbiomassan. Denna typ av uppföljning kan lära oss mycket om effekterna av skyddsområden, vilket kan vara till gagn för framtida områdesförvaltningar och på sikt också det svenska framtida fisket. **S**

LÄSTIPS

Råd från Internationella havsforskningsrådet ICES, www.ices.dk

Cardinale, M., Svedäng, H. 2004. *Modelling recruitment and abundance of Atlantic cod, *Gadus morhua*, in the Kattegat-Eastern Skagerrak (North Sea): evidence of severe depletion due to a prolonged period of high fishing pressure*. Fisheries Research, 69: 263-282.

Hilborn, R. and Litzinger, E. 2009. *Causes of decline and potential for recovery of Atlantic cod populations*. Open Fish Science Journal 2: 32-38

Svedäng, H., D. Righton, och P. Jonsson. 2007. *Migratory behaviour of Atlantic cod *Gadus morhua*: natal homing is the prime stock-separating mechanism*. Marine Ecology Progress Series, 345: 1-12.





Foto: Tony Holm/Azote

Trots rapporter om torskens återkomst ligger lekbestånden 2009 under en livskraftig nivå i alla våra havsområden.

Västerhavet

Den vårlekande sillen i sydvästra Östersjön, som vandrar till Skagerrak/Nordsjön och Kattegatt för att söka föda, anses ha ett stabilt, men historiskt sett lågt lekbestånd. Beståndet förväntas minska eftersom det haft en dålig rekrytering sedan 2004.

För den höstlekande sillen i Nordsjön som delvis växer upp i Kattegatt och Skagerrak är lekbeståndet under sin biologiska tröskelnivå, den nivå där man tror att fortplantningskapaciteten blir påverkad. Fiskeridödligheten, det vill säga hur många fiskar som försvinner till följd av fisket, anses ändå ligga på en hållbar nivå. Den ligger dock högre än vad som är angivet i förvaltningsplanen. Sedan 2002 har alla årsklasser varit små, vilket kommer att leda till ett minskande lekbestånd på sikt.

Torsken i Nordsjön och Skagerrak bedöms ha en minskad möjlighet till förökning eftersom lekbeståndet ligger under det gränsvärde över vilket beståndet anses ha full fortplantningskapacitet och alla årsklasser sedan 1996 har skattats ligga under genomsnittet. För torsken i Kattegatt är det ännu sämre. Internatio-

nella havsforskningsrådet, ICES, anser att lekbeståndet är på ett historiskt minimum, mindre än tio procent av 1970-talets nivå, och att beståndet fortfarande minskar. Fiskeridödligheten kan inte skattas på ett tillförlitligt sätt, och ICES råd är att ingen torsk ska fångas i Kattegatt under 2010. Under 2009 införde Sverige och Danmark ett fredat område i sydöstra Kattegatt med syfte att flytta fisket från de för torsken mest känsliga områdena.

För skarpsill har ingen beståndsuppskattning kunnat göras. Rekommendationer för skarpsillsfisket grundas på att den fiskas tillsammans med ungsill, och den begränsning man vill lägga är för sillens skull.

Östersjön

I centrala Östersjön och Bottenhavet bedömer ICES att strömmingen beskattas på ett varaktigt hållbart sätt. I Bottenviken finns dock inte tillräckligt med information för att bedöma beståndets status.

Torsken i Östersjöns västra del riskerar minskad fortplantningsförmåga eftersom lekbeståndet bedöms ligga på en för låg

nivå. Den biologiskt säkra gränsen har dock inte kunnat definieras och fiskeridödligheten har varit hög de senaste åren. Nu finns en förvaltningsplan för torsken i Östersjön som ska säkerställa att uttaget är lämpligt även för ett varaktigt nyttjande. I Öresund, som är en del av det västra beståndet och där fisket begränsas av ett trålningsförbud sedan 1932, är dock torskens täthet betydligt högre och storlekssammansättningen mer ursprunglig.

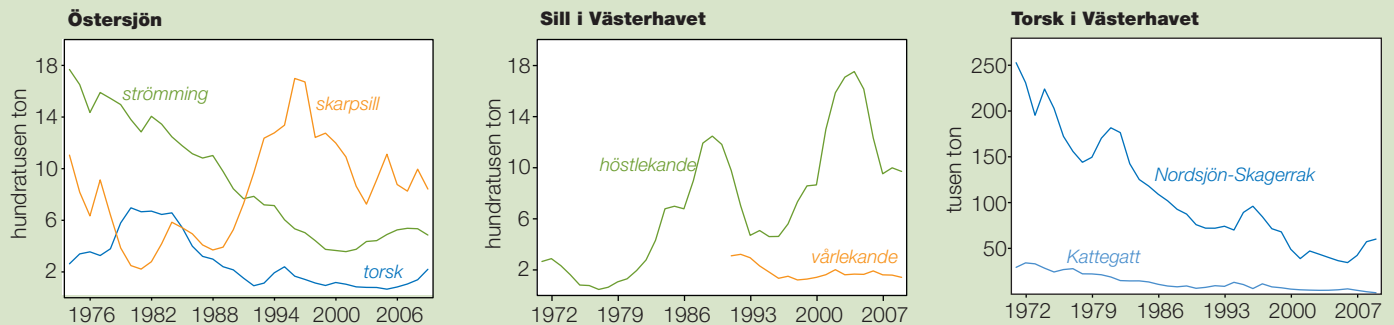
Torskbeståndet öster om Bornholm är fortfarande på en låg nivå historiskt sett, men sedan 2005 har det skett en liten ökning. ICES rekommenderar att uttaget för 2010 följer förvaltningsplanen vilket innebär att om fiskeridödligheten är låg (runt 0,3) kan man öka kvoten med max 15 procent per år.

Lekbeståndet av skarpsill har minskat sedan 1997 men ligger över långtidsmedelvärdet. Skarpsill saknar en förvaltningsplan även i Östersjön.

LÄSTIPS

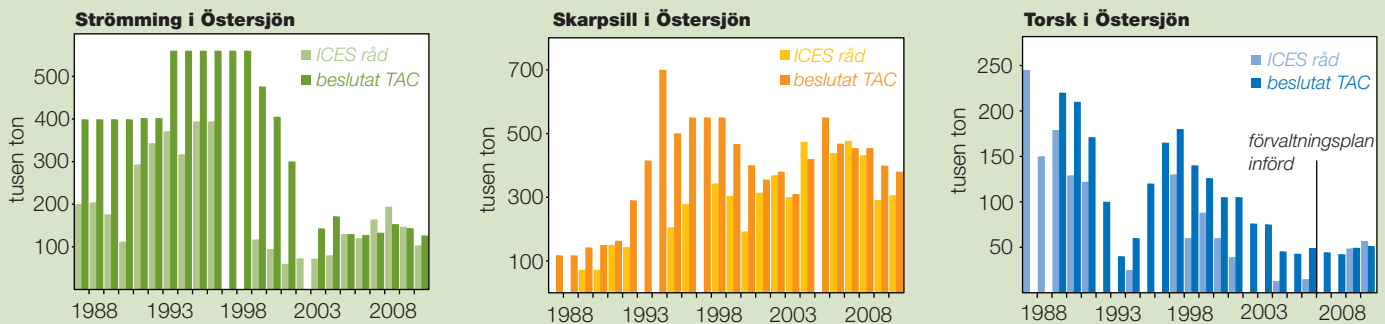
Fiskbestånd och miljö i hav och sötvatten, Resurs- och miljööversikt 2010, Fiskeriverket.

LEKBIOMASSA



➤ Uppskattning av lekbiomassan av sill, torsk och skarpsill i Östersjön (torsk område 25-32, strömming område 25-29, 32 exklusive Rigabukten, skarpsill område 22-32) samt av sill och torsk i Västerhavet. Observera de olika skalorna på y-axeln.

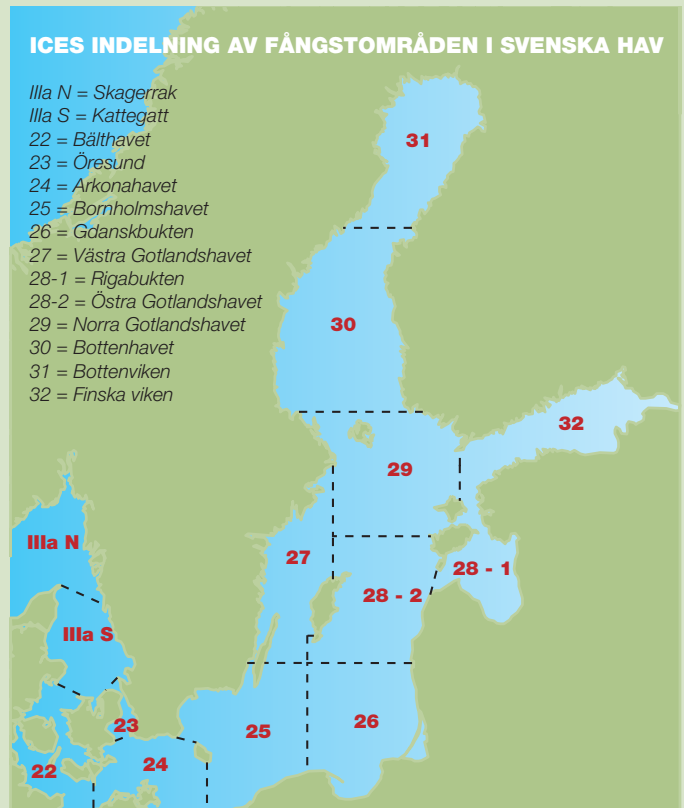
RÅD OCH BESLUT



➤ Internationella havsforskningsrådet ICES vetenskapliga råd och EU:s ministerråds beslutade TAC (Total Allowable Catch) 1987–2010 av strömming (område 25-29, 32), skarpsill (område 22-32) och torsk i Östersjön (från och med 2004, då man började med separat förvaltning av östra och västra beståndet, visas bara östra beståndet i figuren). ICES råd för torsk har varit noll år 1993, 2002, 2005, 2007 och 2008. I övrigt betyder frånvaro av stapel att inget beslut eller råd har getts det året, eller att rådet har varit en minskning men ej med en definitiv siffra.

ICES INDELNING AV FÅNGSTOMRÅDEN I SVENSKA HAV

Illa N = Skagerrak
 Illa S = Kattegatt
 22 = Bälthavet
 23 = Öresund
 24 = Arkonahavet
 25 = Bornholmshavet
 26 = Gdanskbukten
 27 = Västra Gotlandshavet
 28-1 = Rigabukten
 28-2 = Östra Gotlandshavet
 29 = Norra Gotlandshavet
 30 = Bottenhavet
 31 = Bottenviken
 32 = Finska viken



Rovfisk påverkar vegetation längs Sveriges kuster

PER-OLAV MOKSNES & SUSANNE BADEN, GÖTEBORGS UNIVERSITET / SONJA RÅBERG & LENA KAUTSKY, STOCKHOLMS UNIVERSITET

Det är inte bara näringsnivåer i kustområden som påverkar utbredningen av snabbväxande påväxtalger. Nya studier visar på kaskadeffekter i näringsväven, där frånvaro av stora rovfiskar leder till förändringar som i slutändan gynnar snabbväxande algmattor. Detta visar på vikten av att samordna miljö- och fiskeförvaltningen, så att fisket blir en integrerad del av den marina miljöförvaltningen.

■ Miljön i grunda kustområden i Sverige har genomgått stora förändringar de senaste femtio åren. Djuputbredning av fleråriga alger och sjögräs har minskat kraftigt utmed alla kuster. På många platser har dessa växter ersatts av snabbväxande ettåriga alger som ofta täcker både stenar och tång eller bildar drivande algmattor.

Algmattor ett stort problem

I Bohuslän på västkusten har exempelvis förekomsten av fintrådiga algmattor ökat dramatiskt, och de utgör idag det vanligaste habitatet i grunda mjukbottenområden under sommaren. Dessa alger täcker ofta fleråriga växter, och antas vara en förklaring till att utbredningen av ålgräsängar minskat med över 50 procent i Bohuslän sedan 1980-talet. Även i Östersjön utgör snabbväxande alger ett stort problem i grunda kustområden. I Ålands skärgård täcker numera drivande algmattor runt 40 procent av alla grunda vikar.

Förändringar i näringsväven förklarar

Övergödning anses vara en huvudsaklig förklaring till dessa förändringar. Ökad tillförsel av närsalter ger upphov till ökad växtplanktonproduktion, vilket försämrar ljus-

förhållandet i vattnet och leder till minskad djuputbredning av bottenvegetation. Snabbväxande fintrådiga alger är mindre känsliga för försämrade ljusförhållanden och gynnas av näringsberikning, och kan därför konkurrera ut fleråriga växter som sjögräs och tång.

Under senare år har det dock även framförts teorier om att förändringar i näringsvävar i kustekosystemen, orsakade av överfiske, kan vara en bidragande förklaring till de observerade förändringarna. Små algätande kräftdjur och snäckor har stor kapacitet att kontrollera biomassan av snabbväxande alger, även vid förhöjda nivåer av närsalter. Om stora rovfiskar försvinner från kustekosystemen kan en trofisk kedjereaktion ske, där mängden små rovdjur ökar, vilket i sin tur minskar mängden algbetare till en så låg nivå att de inte längre kan kontrollera algernas biomassa.



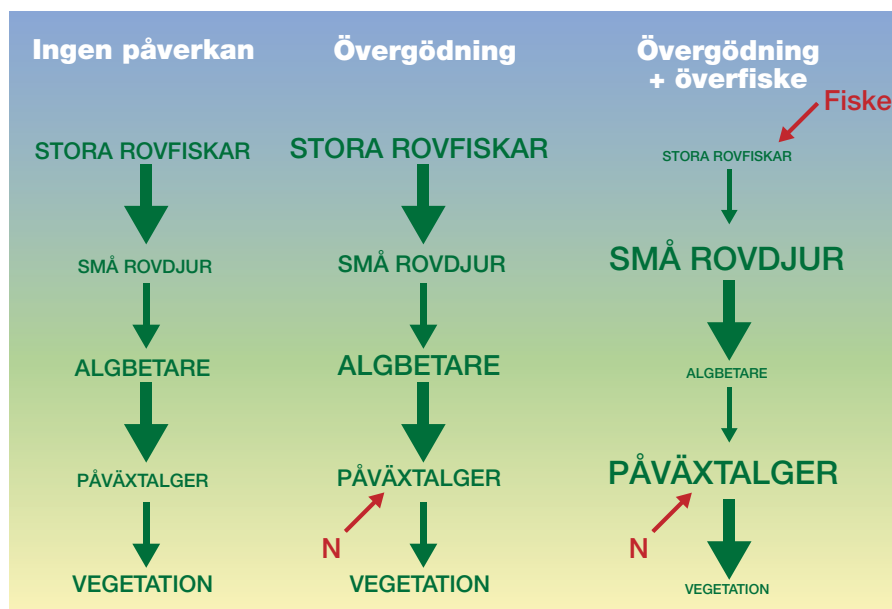
Foto: Hans Kautsky



Genom att använda burar kan man utestänga små rovdjur, och på så sätt kunna dra slutsatser om effekten på de små algbetarna.

Foto: Per-Olav Moksnes

Förenklad bild över hur övergödning och överfiske av stora rovfiskar tillsammans påverkar mängden snabbväxande alger och flerårig vegetation (t.ex. tång eller sjögräs). Storleken på texten symboliserar biomassan av organismer i näringskedjan. I en opåverkad miljö dominerar näringskedjan av stora rovfiskar och algbetare som kontrollerar biomassan av små rovdjur respektive alger. Vid ökade halter närsalter men lågt fisketryck kan algbetarna fortfarande kontrollera biomassan påväxtalger. Om stora rovfiskar fiskas ned till en låg nivå blir fördelningen av biomassa i näringskedjan den omvända, med ett högt antal små rovdjur och lågt antal algbetare. Algbetarna kan då inte längre kontrollera påväxtalger. Vid både övergödning och överfiske gynnas påväxtalger både av ökad näringstillgång och minskad betning, och kan bilda tjocka algmattor som påverkar den fleråriga vegetationen negativt. ➔



Stark koppling till stora rovfiskar

Överfiske har orsakat en dramatisk minskning av både biomassa och medelstorlek hos i princip alla stora rovfiskar i svenska kustvatten. I Västerhavet har exempelvis beståndet av torsk minskat med över 90 procent sedan 1970-talet, och medelstorleken av fångad fisk har halverats. I Östersjön har beståndet av torsk minskat med över 80 procent under samma period, och under senare år har även gädda och abborre minskat kraftigt på många platser i kustzonen.

Denna förändring av kustekosystemen tycks vara kopplad till den ökade mängden algmattor. På västkusten utgör ålgräs ett viktigt uppväxthabitat, bland annat för den stora rovfisken torsk, och ung torsk är ett viktigt rovdjur på små rovfiskar och rovkraftdjur i ålgräshabitat. Trots att närsaltsnivåerna i Västerhavet varit förhöjda sedan mitten av 1970-talet hade Bohuslänns ålgräshabitat på 1980-talet en liten mängd påväxtalger och dubbelt så stor utbredning jämfört med idag. Algbetare i form av gammarider och isopoder var talrika. När torskbestånden kollapsade i slutet av 1980-talet ökade algmattorna i Bohuslän, samtidigt som algbetande kraftdjur minskade dramatiskt och utbredningen av ålgräs halverades.

Även i Östersjön finns en stark koppling mellan mängden stora rovfiskar och mängden snabbväxande alger. I en nyligen publicerad fältstudie av hela 57 grunda vikar i Östersjön kunde man visa på ett tydligt

samband mellan rekryteringen av de stora rovfiskarna abborre och gädda och mängden små rovfiskar, främst storspigg, och ett starkt samband mellan stora rovfiskar och mängden algmattor i vikarna. På samma sätt som överfiske av torsk har orsakat stora förändringar i Östersjöns pelagiska ekosystem tycks alltså överfisket vara en bidragande orsak till vegetationsförändringar i grunda kustmiljöer i både Västerhavet och Östersjön.

Mängden små rovdjur viktig

Under 2000-talet har en serie fältexperiment utförts i Västerhavet och Östersjön för att studera hur närsalter, algbetare och små rovdjur påverkar förekomst av snabbväxande alger och tillväxt av makrovegetation. Studierna har utförts med samma teknik i både ålgräs- och blåstångsamhällen på flera lokaler i Bohuslän, Kalmarsund, Södermanlands skärgård och i Finska viken.

Resultaten visar på stora skillnader mellan regionerna både i mängd påväxtalger och algbetare samt vad det gäller effekten av små rovdjur. Skillnader mellan systemen i mängden små rovdjur visade sig vara den viktigaste förklaringen till de regionala skillnaderna. Ju mer små rovdjur som fanns, desto mindre mängd algbetare, och desto större mängd påväxtalger. Halterna av närsämsmen i vattnet var också viktigt, men påverkade bara mängden påväxtalger i områden där antalet algbetare var lågt.

Ålgräshabitat på västkusten

Ålgräshabitat i Bohuslän kännetecknas idag av stora mängder påväxtalger och algmattor, mycket låg biomassa av algbetande gammarider och isopoder, och höga tätheter av små rovdjur, såsom småfisk, tångräkor och strandkrabbor.

I studien gav experimentellt förhöjda närsaltsnivåer en ökad biomassa av snabbväxande alger, vilket ledde till en minskad tillväxt av ålgräs. Om rovdjuren stängdes ute med burar ökade biomassan av gammarider snabbt 10–20 gånger inuti burarna, varefter de betade ned algbiomassan till mycket låg nivå även då närsaltsnivåerna var förhöjda. I Bohuslän tycks alltså det höga antalet små rovdjur vara huvudorsaken till den låga tätheten av algbetare, och till påväxtalgernas höga biomassa.

FAKTA

Algbetarna

Runt Sveriges kuster finns en rad små kräftdjur och snäckor som kan äta påväxtalger på sjögräs och tång. I Västerhavet är framförallt märkräftor av släktet *Gammarus* (gammarider) viktiga algbetare i ålgräs, medan littorinasnäckor är dominantare betare av påväxtalger på tång. I Östersjön, där littorinasnäckor saknas, är gammarider, havsgråsguggor (isopoder) och sötvattenssnäckor viktiga algbetare i både tång och sjögräshabitat.

Ålgräshabitat i Östersjön

Till skillnad från västkusten tycks inte ålgrässets utbredning i Östersjön ha påverkats negativt av övergödning, trots att närsaltsnivåerna är likartade i de två systemen. I Östersjön växer ålgräs oftast på djupare, mer exponerade lokaler än på västkusten. Dessa habitat kännetecknas av låg biomassa påväxtalger, mycket hög biomassa av algbetare och låga tätheter av små rovdjur. Här påverkas algbetarna mycket lite av små rovdjur.

I studien gav experimentellt förhöjda närsaltsnivåer ökad produktionen av påväxtalger, men på grund av den stora mängden algbetare ökade inte algernas biomassa. Istället ökade biomassan av algbetare. Ålgrässets tillväxt tycks därför inte påverkas negativt av närsaltökningen i dessa system.

Blåstång i skyddade vikar

I motsatt till Östersjöns ålgräshabitat är förekomsten av små rovfiskar i grunda, skyddade vikar relativt hög i Östersjön. Här har mängden av bland annat storspigg ökat starkt på senare år, vilket tros vara en effekt av en minskad mängd större rovfiskar. Dessa vikar kännetecknas av hög biomassa av påväxtalger, och relativt låg biomassa algbetare.

Burexperiment i dessa vikars blåstångshabitat visade återigen att gammarider är viktiga betare på påväxtalger, men att små rovdjur reducerar algbetarna till låga tätheter. Även i motsvarande blåstångsmiljöer på västkusten hittas hög biomassa påväxtalger och starka negativa effekter av små rovdjur på algbetande kräftdjur.

Gammarider potentiella indikatorer

Märklkräftorna av släktet *Gammarus* tycks spela en nyckelroll i både ålgräs- och blåstångssamhällen genom sin förmåga att beta snabbväxande alger. Gammarider har en generationstid på knappt fyra veckor vid gynnsamma förhållanden. Populationerna kan därför snabbt svara på ökad tillgång på mat och fungera som en buffert mot blomningar av snabbväxande alger. Dessa storväxta märklkräftor äts dock gärna av små rovdjur, såsom småfisk. Vid höga tätheter av små rovdjur minskar därför biomassa och medelstorlek av gammarider dramatiskt.

I en jämförelse mellan alla de undersökta områdena i Bohuslän och Östersjön hittas

ett tydligt statistiskt samband mellan det uppmätta predationstrycket i området och antalet vuxna gammarider. Vidare hittas ett negativt samband mellan antalet vuxna gammarider och biomassan påväxtalger i området. Förekomsten av stora gammarider skulle därför kunna utvecklas till en indikator på förändringar i näringsväven och mängden små rovdjur i ett område, samt som ett mått på ett habitats ekologiska resiliens, motståndskraft, mot övergödning och utbredning av algmattor. För detta krävs dock bättre kunskap om hur antalet gammarider naturligt varierar över året i olika områden samt vilka algar som är motståndskraftiga mot betning.

Samordning krävs

Det är alltså inte bara så att kustnära uppväxthabitat är viktiga för många stora rovfiskar – många stora rovfiskar är också viktiga för kustnära uppväxthabitat. För att komma tillrätta med den ökande utbredningen av algmattor behövs åtgärder både för att minska tillförseln av näringsämnen och för att öka bestånden av stora rovfiskar i kustekosystemen. Miljö- och fiskeriförvaltningen måste därför samordnas, så att fisken och dess funktioner ses som en viktig del av den kustnära miljön, och att fisket blir en integrerad del av den marina miljöförvaltningen. Det innebär att man vid beslut om fiskekvoter inte bara skall ta hänsyn till fiskeriekonomiska aspekter, utan att man också måste väga in indirekta konsekvenser av minskade fiskbestånd för kustnära habitat och deras ekosystemtjänster. **S**

De beskrivna studierna har ingått bland annat i forskningsprogrammet MARBIPP "Marine biodiversity, patterns and processes" som finansierades av Naturvårdsverket 2001-2006.

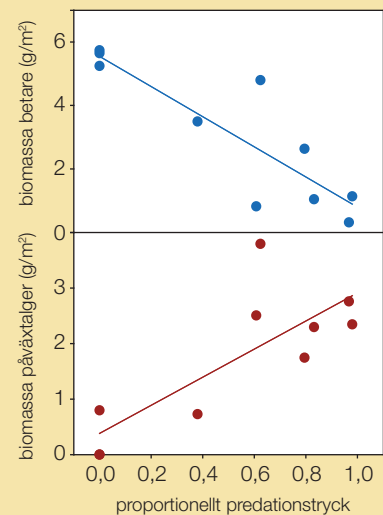
LÄSTIPS:

www.marbipp.se

Baden S., Boström, C., Tobiasson S, Arponen, H och Moksnes P-O. 2010. *Relative importance of trophic interactions and nutrient enrichment in seagrass ecosystems: A broad-scale experimental assessment*. Limnology and Oceanography. 55:1435-1448.

Eriksson BK, et al. 2009. *Declines in predatory fish promote bloom-forming macroalgae*. Ecological Applications, 19:1975-1988.

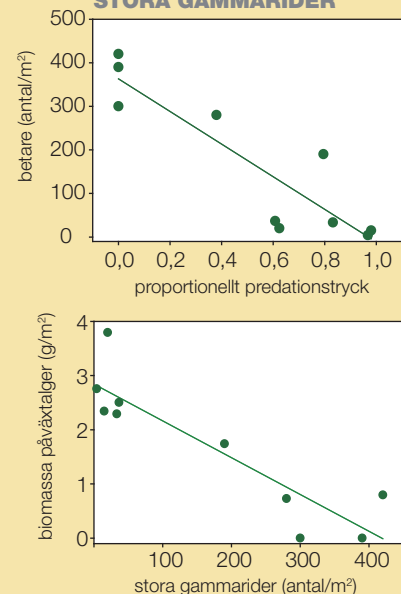
EFFEKT AV PREDATIONSTRYCK



➤ Predation från små rovdjur förklarar skillnader i mängden algbetare (gammarider och isopoder) och påväxtalger mellan regioner. I experiment har burar använts som stänger ute små rovdjur från ålgräs- och blåstångshabitat för att mäta predationstrycket på små algbetare.

Resultaten visar att de små rovdjuren håller nere populationerna av algbetare i vissa områden, och att de därför indirekt gynnar påväxtalgerna. I figuren har algdata kvadratrottransformerats för att göra sambandet linjärt.

STORA GAMMARIDER



➤ Stora gammarider indikerar förändringar i näringsväven. Ju högre predationstryck från små rovdjur, desto färre stora gammarider (>9 mm) hittas i ett område. Ju större tätheterna är av stora gammarider, desto mindre påväxtalger finns det i ett område. Förekomsten av stora gammarider skulle därför kunna utvecklas till en indikator på förändringar i näringsväven.



MILJÖGIFTER OCH DERAS EFFEKTER

PAH-halter varierar mellan år
Åtgärder får effekt
Döda bottnar håller miljögifter
Biologiska effekter
Havsörnar dör av blyförgiftning
Gråsälen som indikator

PAH-halter varierar mellan år

ELIN BOALT, ELISABETH NYBERG, MARIELLA SIÑA & ANDERS BIGNERT, NATURHISTORISKA RIKSMUSEET

PAH är ett samlingsnamn för ett stort antal ämnen med olika ursprung och olika hälsoeffekter. Gemensamt för dem är att de består av sammankopplade bensenringar, är giftiga och ackumuleras i fettvävnad. Halterna av olika PAH:er varierar kraftigt mellan år, vilket gör det svårt att bedöma miljöpåverkan och spåra utsläppskällor.

■ Polycykliska aromatiska kolväten, PAH:er, har analyserats i blåmussla från Kvädöfjärden i Egentliga Östersjön samt Fladen och Väderöarna i Västerhavet sedan 1980-talet. Sedan 2003 ingår PAH:er i den nationella marina miljöövervakningen.

Kraftig mellanårsvariation

Koncentrationerna för de flesta PAH:er uppvisar inga tydliga trender sedan 1980-talets mitt. Undantagen är signifikant

minskande halter av pyren vid Väderöarna samt naftalen vid Kvädöfjärden. Tittar man på utvecklingen de senaste tio åren ser vi istället signifikant ökande halter av antracen vid Väderöarna och benso(a)antracen vid Kvädöfjärden. Ämnena skiljer sig från varandra både vad gäller hälsoeffekter och ursprung, och tidstrenderna visar tydligt att halterna av de olika PAH:erna inte samvarierar eller är en enhetlig grupp.

Generellt sett fluktuerar koncentrationerna för de flesta PAH:er kraftigt mellan åren. Den stora mellanårsvariationen återspeglas i att det krävs mätserier på 22 till 39 år för att upptäcka en årlig förändring på fem procent. Det finns många exempel på störningsfaktorer som kan påverka möjligheterna att identifiera förändring i uppmätta koncentrationer över tid. Musslorna från Kvädöfjärden är exempelvis mycket mindre än från lokalerna på västkusten, vilket till-

sammans med bland annat skillnader i vattenhalt försvårar upptäckten av en eventuell förändring i PAH-koncentration.

Indikerar god miljöstatus

PAH-koncentrationerna skiljer sig mellan de olika övervakningslokalerna. De högsta halterna återfinns i Kvädöfjärden. Generellt indikerar halterna god miljöstatus. Under hela mätperioden har de uppmätta koncentrationerna av PAH på alla tre lokaler legat under de internationella miljökvalitetsnormerna för god miljö.

Men lokalerna är påverkade. De senaste fem åren har halterna av flera ämnen överstigit de miljökvalitetsnormer som anses motsvara halter i opåverkade områden. Det gäller benso(a)antracen, flouranten och pyren på alla lokaler, samt krysen i Kvädöfjärden och Fladen. Det är viktigt att påpeka att miljökvalitetsnormer för god miljö och för bakgrundsvärden i opåverkad miljö saknas för vissa PAH:er, exempelvis benso(b)flouranten och flouren. Därför kan inte alla PAH:er utvärderas utifrån befintliga miljökvalitetsnormer.

Många källor

PAH:er härstammar från ett vitt spektrum av processer. De två främsta antropogena källorna är petrogena, från exempelvis fossila bränslen, och pyrogena, från exempelvis ofullständig förbränning av organiskt material. Beroende på PAH:ernas ursprung varierar de i sammansättning, biotillgänglighet och toxicitet. I Europa anses pyrogena källor vara de dominerande till följd av atmosfärisk deposition.

Om vi jämför sammansättningen av PAH:er i organismer från olika områden ser vi tydliga skillnader mellan öst- och

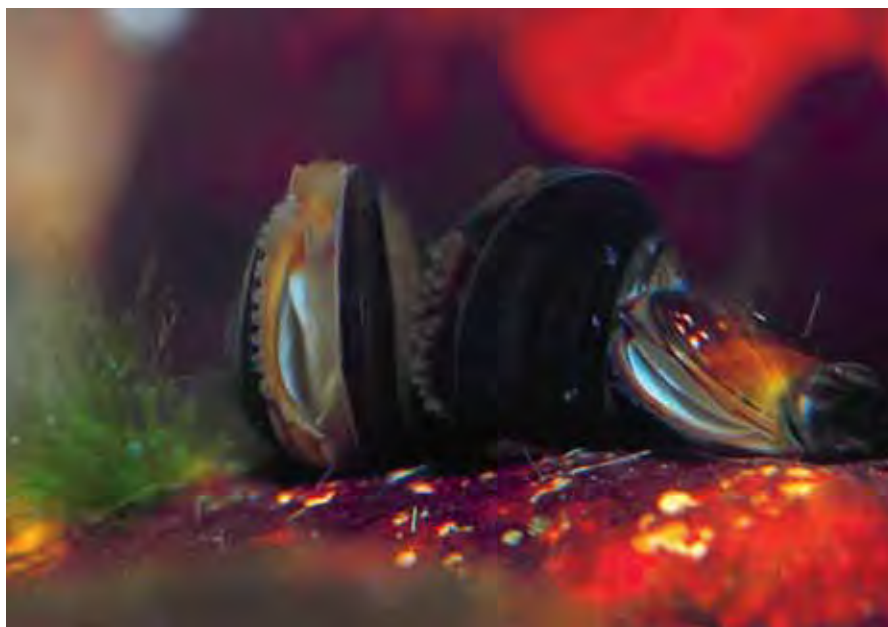


Foto: Jerker Lokrantz/Azote

västkusten, där inslaget av PAH:er från petrogena källor verkar vara högre på västkusten.

Hösten 2010 utökas PAH-analyserna inom det marina övervakningsprogrammet. De traditionella femton PAH:erna kompletteras med analyser av sina alkylerade motsvarigheter. Utökningen kommer att innebära förbättrade möjligheter att spåra utsläppskällor och utvärdera den relativa fördelningen mellan pyrogena och petrogena källor, rumsligt såväl som över tid. **S**

FAKTA

Polycykliska aromatiska kolväten, PAH

Polycykliska aromatiska kolväten, PAH, är opolära, till varierande grad lipofila och relativt persistenta ämnen som tenderar att ackumuleras i fettvävnaden hos marina organismer. De anses ha toxisk verkan med mutagena effekter.

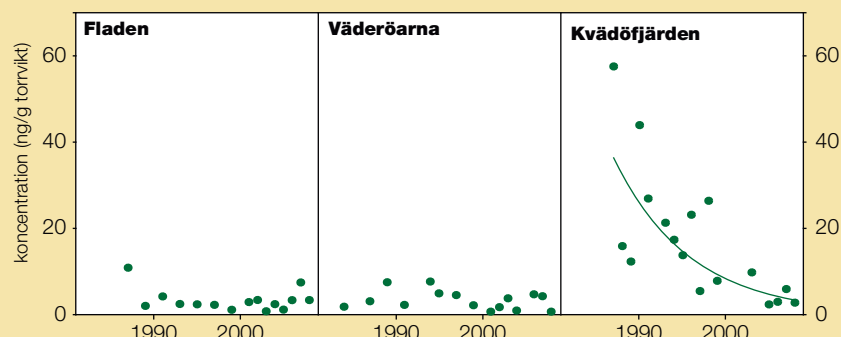
PAH:er som ingår i den nationella marina miljöövervakningen är naftalen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, flouranten, pyren, benso(a)antracen, krysen, benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(a)pyren, dibenso(a,h)antracen, benso(g,h,i)perylene och indeno(1,2,3-cd)pyren.

Det finns ett antal olika metoder för att spåra källan till PAH-utsläpp. Generellt sett bygger de på relativ fördelning av olika PAH:er med skillnader i profilen av alkylerade PAH:er, termodynamisk stabilitet och antal bensenringar.



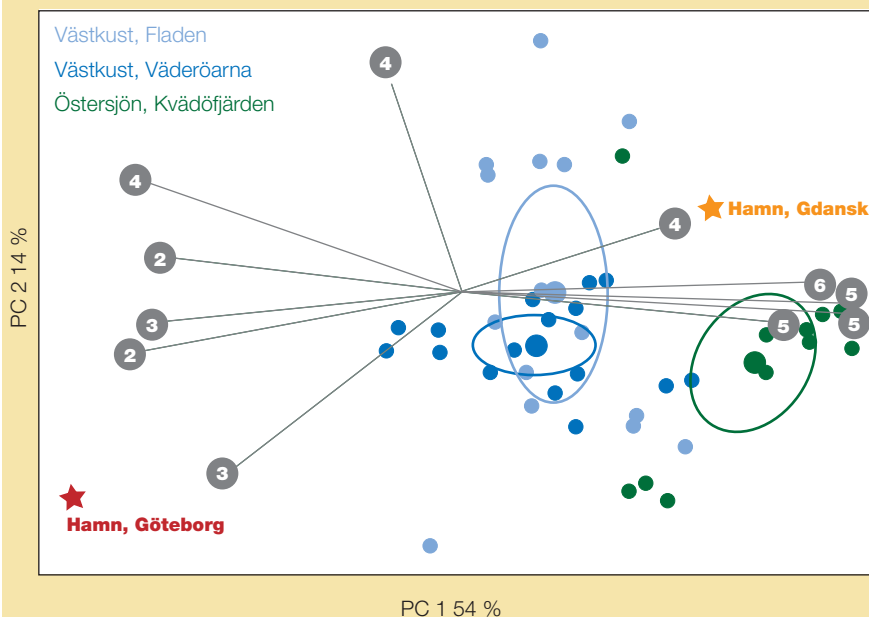
Foto: Oliver Hoffmann/Stockphoto

NAFTALEN I BLÅMUSSLA



➤ Mellanårsvariationen är stor för PAH:erna, vilket här illustreras med naftalen i blåmusla. De högsta halterna återfinns i prover från Kvädöfjärden i Egentliga Östersjön. På den lokalen har halterna dock minskat signifikant, och är nu i stort sett nere på nivåer liknande de övriga lokalerna.

PAH-PROFILER I MUSSLA



➤ Färgade prickar anger olika lokaler, och vektorerna anger de olika typerna av PAH:er. Siffrorna i de grå prickarna anger antal bensenringar hos de olika PAH:erna. Stora färgade prickar anger medelvärde för området, och de omgivande, färgade ellipserna motsvarar 95-procentigt konfidensintervall. Lokalerna från västkusten skiljer sig från Östersjölokalen, och prover från hamnen i Göteborg skiljer sig från alla övriga lokaler, trots att även hamnen i Gdansk förväntas ha PAH:er av petrogen urprung.

Data för hamnarna i Göteborg och Gdansk från Bellas et al. 2007 (Water Air Pollut. 181:265-279) respektive Potrykus et al. 2003 (Oceanologica, 45(1): 337-355).

Åtgärder får effekt

ANDERS BIGNERT & ELISABETH NYBERG, NATURHISTORISKA RIKSMUSEET / LILLEMOR ASPLUND, ULLA ERIKSSON, KERSTIN NYLUND & URS BERGER, STOCKHOLMS UNIVERSITET

Det finns fortfarande många kunskapsluckor att fylla när det gäller miljögifter i biologiskt material. De ämnen som övervakas är en försvinnande liten del av de ämnen som finns i kemiska produkter, varor och läkemedel. Glädjande nog har vi dock flera exempel på att resoluta åtgärder verkligen får effekt.

■ De största problemen med miljögifter i de svenska havsområdena finns i Östersjön. Detta innanhav är slutstation för föroreningar från högindustrialiserade länder med cirka 80 miljoner invånare i avrinningsområdet. Det tar också emot föroreningar som kommer med luften från länder långt utanför avrinningsområdet. Vattenomsättningen är långsam, och vattentemperaturen är relativt låg. Det bräckta vattnet i Östersjön medför dessutom att både söt- och saltvattenarter är speciellt känsliga för den kemiska stress som miljögifter ger.

Start på organiserad övervakning

För fyrtio år sedan stod gråsäl och havsörn på randen till utrotning, och uttern hade försvunnit längs Östersjöns kuster. Skalen runt sillgrisslans ägg från Stora Karlsö utanför Gotland var betydligt tunnare än ägg i museernas samlingar från tiden före introduktionen av DDT som bekämpningsmedel. Den katastrofala utvecklingen för många rovfågelpopulationer uppmärksammades, och medvetenheten växte om miljögifternas betydelse. Allt tydde på att höga koncentrationer av PCB var orsaken till att en stor del av gråsälshonorna var sterila. Samtidigt startade forskarsamhället och myndigheterna en organiserad över-



Foto: David Thyberg/Stockphoto

vakning av miljögifter, i första hand kvicksilver, DDT och PCB.

Resoluta åtgärder har effekt

Under 1970-talet förbjöds både DDT och PCB i Sverige, och liknande åtgärder infördes i alla andra länder runt Östersjön. Förbuden fick stor effekt, som kunde mätas i form av tydliga koncentrationsminskningar i bland annat fisk och sillgrissleägg.

Det här visar att resoluta åtgärder har effekt, och att belastningen av dessa extremt stabila ämnen rent av minskade snabbare än vi vågat hoppas. Framför allt för bekämpningsmedel som DDT och lindan där förbuden gav en minskningstakt på mellan 10 och 20 procent per år. För PCB, som ingår i en mängd produkter i samhället, blev minskningstakten långsammare, mellan 5 och 10 procent per år.

Parallellt med den här positiva utvecklingen har den tidigare nedåtgående trenden för populationerna av gråsäl, havsörn och utter vänt, och bestånden har börjat öka.

Men det finns fortfarande problem. Genom sin position högst upp i näringskedjorna är havsörn och sälar viktiga miljöindikatorer. Havsörnarna har fortfarande färre ungar i kullarna än före 1950, och hos gråsälarna förekommer svåra tarmsår i en omfattning som har ökat under senare år och antyder ett försämrat immunförsvar. Vi ser också minskande späcktjocklekar hos sälar, magrare strömmingar och sillgrisslornas ungar väger mindre än för tjugo år sedan.

Stort mörkertal

Ungefär 20 000 ämnen beräknas finnas i kemiska produkter, varor och läkemedel i



Foto: Sean Morris/Stockphoto

Sverige. I hela Europa ligger siffran troligen på mer än 30 000. De ämnen som idag övervakas utgör en mycket liten del av det totala antalet kemikalier som används i vårt samhälle. Ett hundratal nya ämnen tillkommer varje år. Exempelvis har läkemedelsrester i miljön hittills bara analyserats i mycket blygsam omfattning, trots att det numera används ungefär lika stora mängder läkemedel i samhället som bekämpningsmedel inom jordbruket.

Alla dessa ämnen kan naturligtvis inte betraktas som miljögifter. Av ett miljögift krävs att det är svärnedbrytbart, bioackumulerbart, produceras i relativt stor mängd och att det används på ett sådant sätt att det kan spridas i miljön och orsaka effekter på levande organismer. Vi kan dock misstänka att glappet mellan vad vi vet om ett fåtal kemikaliers uppträdande i miljön och vad som finns att veta om resten är stort.

Mycket arbete kvarstår

En viktig uppgift i framtiden blir att med kunskap om kemikaliers egenskaper försöka sälla fram potentiellt farliga ämnen och föreningar. Olämpliga kemikalier måste

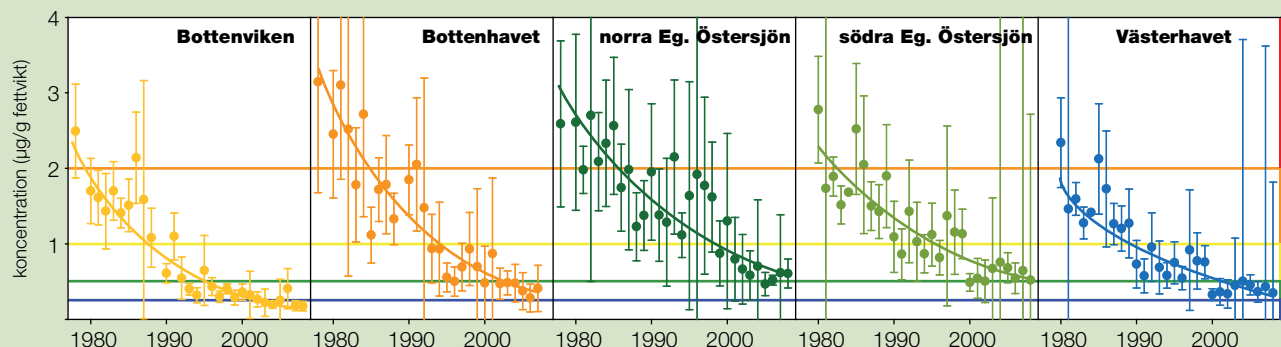
fasas ut och ersättas med ämnen som har mindre miljöfarliga egenskaper. Att inte tillåta användning av nya kemikalier utan en väldokumenterad riskbedömning utifrån ett miljöperspektiv är också väsentligt. Detta nödvändiga och viktiga arbete är sedan länge igång, men det kan inte ersätta provtagning och övervakning av miljön. Ideligen upptäcks nya potentiella hot och oväntade trender som ett resultat av sådana undersökningar.

Riksdagen har antagit miljömålet Giftfri miljö till år 2020. För att inte detta mål ska upplevas som tomt och till intet förpliktigande måste vår kunskap om tillstånd och trender för miljögifter öka markant. Vi måste också förbättra vår förmåga till riskbedömning och skapa tydliga bedömningsgrunder för åtgärder och prioritering av insatser. Att säl, havsörn och utter trots allt börjat återhämta sig visar att det inte är hopplöst att försöka göra något, trots den till synes oöverstigliga mängden kemikalier som släpps ut i vår miljö. I detta arbete är kunskap en förutsättning för effektiva och meningsfulla åtgärder. **S**

Miljögifter i biota

Anders Bignert & Elisabeth Nyberg, Naturhistoriska riksmuseet/ Lillemor Asplund, Ulla Eriksson, Kerstin Nylund & Urs Berger, Stockholms universitet

PCB I STRÖMMINGSMUSKEL

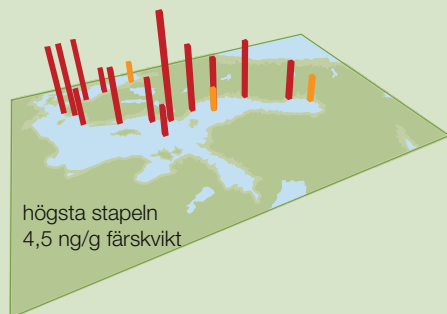


PCB och DDT

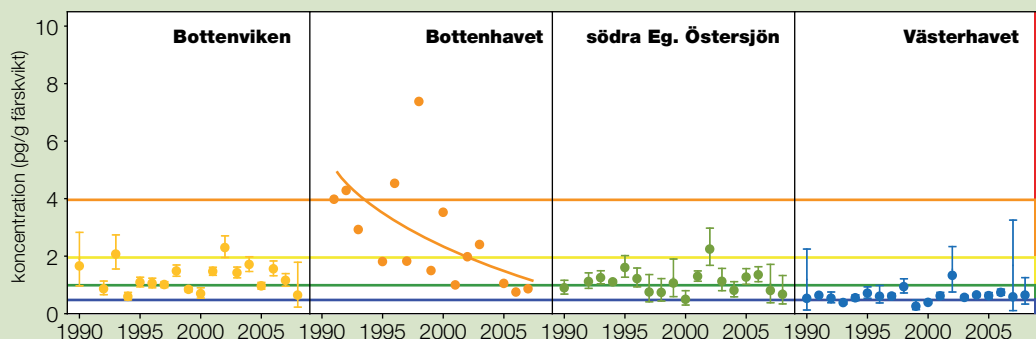
PCB i fisk och sillgrisslor från Östersjön och Västerhavet har minskat sedan 1970-talet. Som mest, i strömmingsmuskel från Karlskrona, har denna minskning varit hela 90 procent. Fortfarande ligger dock koncentrationen, i figuren till vänster illustrerad med kongenen CB-153, märkbart högre i fisk från Östersjön än i fisk fångad på västkusten. Stationen Harufjärden i Bottenviken har ovanligt låga värden. Det kan bland annat bero på att mindre individer analyserats just på denna lokal.

Även halterna av DDE har minskat signifikant sedan slutet av 70-talet både i Östersjön och Västerhavet. Detta är med stor sannolikhet huvudorsaken till att sillgrisslornas äggskal nu är lika tjocka som innan DDT började användas. Koncentrationerna är mycket högre i Egentliga Östersjön och Bottenhavet än på västkusten och i Bottenviken. Högst koncentrationer i strömmingsmuskel återfinns i södra Bottenhavet och södra Egentliga Östersjön.

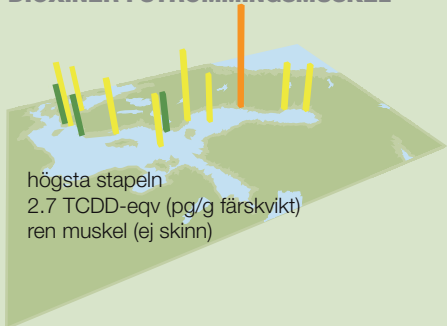
CB-153 I STRÖMMINGSMUSKEL



DIOXIN I STRÖMMINGSMUSKEL



DIOXINER I STRÖMMINGSMUSKEL



Dioxiner

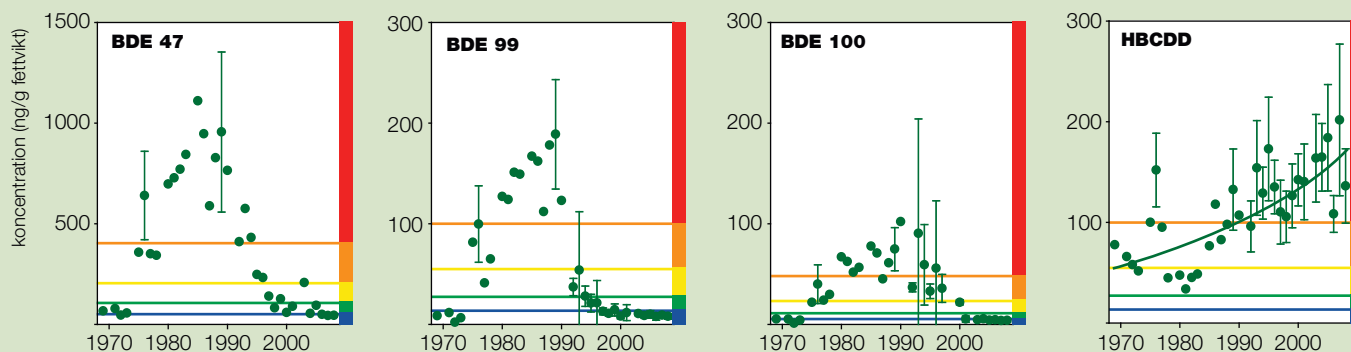
Dioxiner anses höra till de mest toxiska substanser vi känner, och kan orsaka cancer, försämra immunförsvaret och ge upphov till fortplantnings- och utvecklingsstörningar.

Livsmedelsverkets kostrekommendationer, som föreskriver att flickor och kvinnor i fertil ålder inte bör äta fet Östersjöfisk mer än tre gånger per år, beror främst på höga dioxinhalter. Det finns också ett gränsvärde för export av fisk inom EU. Det

överskrider i många strömmingsfångster norr om Ålands hav, och i Egentliga Östersjön ligger halterna nära gränsen. Detta får förstås allvarliga konsekvenser för fisket i Östersjön.

De dioxiner som finns i miljön är inte resultatet av en medveten produktion utan de uppstår oavsiktligt i flera olika processer, exempelvis sopförbränning vid för låg temperatur. De är därför svårare att komma tillrätta med än DDT och PCB. Ämnet är listat av både Helcom och Stockholms-

BROMERADE FLAMSKYDDSMEDEL I SILLGRISSEÄGG



konventionen som prioriterade substanser, vilket innebär att ingående länder aktivt arbetar för att förhindra utsläpp av dioxiner, med det slutgiltiga målet att nå koncentrationer nära noll. För att man ska kunna vidta effektiva åtgärder mot utsläppen krävs ökad kunskap om var dessa källor finns och hur mycket de släpper ut.

Dioxinerna har övervakats i sillgrissleägg sedan slutet av 1960-talet, och i strömmingsmuskel sedan början av 90-talet. Halterna har minskat i sillgrissla sedan övervakningsperiodens början, dock ej under de senaste tjugo åren. I strömming ser vi ingen minskande trend vare sig i Västerhavet eller i Östersjön, med undantag för lokalen i Bottenhavet (Ängskärsklubb). De högsta koncentrationerna har uppmätts i strömming från Bottenhavet. Lågst halter finns i sill från västkusten.

Dioxinhaltarna i figuren är något lägre än medelkoncentrationen i den strömming som fiskas för humankonsumtion i Östersjöns olika bassänger. Värdena är uppräknade för att representera exponering vid konsumtion, då förutom muskel även skinn och det fett som finns mellan muskel och skinn konsumeras. Tidsserierna är från referenslokaler, som är utvalda för att representera opåverkad miljö. Fisken är också något yngre än den som fiskas kommersiellt.

Under senare år har man även analyserat bromerade dioxiner. De produceras sannolikt naturligt av alger, och man har hittat höga halter i blåmussla och abborre från Östersjön. De här dioxinerna har eventuellt en koppling till övergödning och obalans i algproduktionen i Östersjön.

Bromerade flamskyddsmedel

Under 1970-talet ökade användningen av polybromerade difenyletrar, PBDE, och några år senare ökade halterna kraftigt i miljön. Produktionen av flera av dessa ämnen upphörde, och inom EU förbjöds PBDE i alla elektroniska produkter år 2006.

Halterna av lättbromerade flamskyddsmedel, såsom BDE-47 och BDE-99, har minskat sedan början av 1990-talet i sillgrissla, sill/strömming och torsk både från Västerhavet och Östersjön. Halterna är dock något högre i strömming från Östersjön jämfört med sill från västkusten. Högst halter av BDE-47 i strömmingsmuskel uppmätts i vårfångad strömming från södra Egentliga Östersjön. Koncentrationerna i Östersjömiljön sjönk nästan lika snabbt som de hade ökat. I exempelvis sötvatten och bröstmjölk har utvecklingen inte gått lika snabbt nedåt, även om trenden även här ser ut att ha vänt under senare år.

Hexabromcyklododekan (HBCDD) anses vara mycket giftigt för vattenlevande organismer. Ämnet används fortfarande, men EU håller för närvarande på att besluta om eventuella restriktioner eller förbud för användandet av detta ämne. De högsta halterna återfinns i strömmingsmuskel

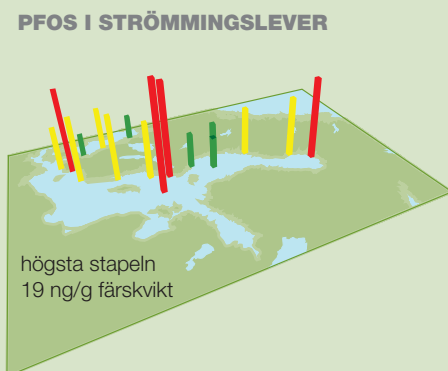
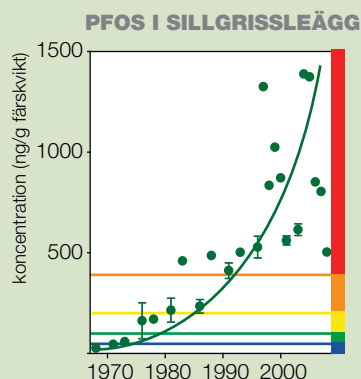
från södra Egentliga Östersjön. I strömmingsmuskel från västkusten minskar halterna signifikant. I sillgrissleägg observeras däremot en signifikant ökande trend, som möjligen börjar avta under det senaste årtiondet.

Även den högrobromerade föreningen BDE-209 har analyserats, dock hittills bara vid ett tillfälle. Genomgående låga halterna under detektionsnivå, vilket möjligen kan förklaras av att ämnet har mycket låg vattenlöslighet och binds hårt till partiklar i sedimenten. Vattenlevande organismer har inte möjlighet att ackumulera detta ämne om de inte exponeras direkt för partiklar. I den terrestra miljön däremot, har ökande halter observerats för exempelvis pilgrimsfalk. Möjligen bör analys av andra typer av marina organismer utföras.

HCb och HCH

Användandet av fungiciden HCB, hexaklorbensen, är förbjudet i Sverige, och det återkallades från marknaden 1980. Sedan mitten av 1980-talet har halterna minskat signifikant. Halterna är högre i Östersjön än i Västerhavet. Högst koncentrationer återfinns i södra Bottenhavet och i Egentliga Östersjön.





Användandet av Lindan, som är den mest toxiska isomeren av HCH, hexaklorcyklohexan, begränsades 1970 och förbjöds helt inom jordbruket 1978. Ett totalförbud kom 1988/89. Teknisk HCH, som innehåller alla tre isomerer, har inte använts av länderna som omger Östersjön sedan slutet av 70-talet. Koncentrationen av HCH:er har minskat med cirka 70 procent sedan mitten av 1980-talet. Alfa-HCH minskar snabbare än lindan. Koncentrationerna ligger numera nära detektionsnivån på många av lokalerna i Östersjön och under detektionsnivån för de flesta lokaler på västkusten. Förbudet av HCH har alltså verkligen varit effektivt.

PFAS

PFAS har använts både inom industrin och kommersiellt sedan början av 1950-talet. De är en grupp mycket svårnedbrytbara fluororganiska föreningar som används i en mängd olika produkter, bland annat i impregneringsmedel i papper, textilier och läder. PFAS används också vid förkromning och inom halvledarindustrin. Man kan räkna med förhöjda halter av PFAS i populationstäta områden. Föreningarna har alla egenskaper som kännetecknar ett miljögift, och svenska forskare och myndigheter har varit mycket aktiva när det gäller att uppmärksamma farorna med dessa föreningar.

Den intensiva debatt som förts har lett till att den största producenten, 3M, frivilligt upphörde med tillverkningen av PFOS, den mest problematiska PFAS-föreningen, år 2000. Halterna av PFOS har ökat med cirka 7 procent per år i sillgrisseägg från Stora Karlsö sedan slutet av 1960-talet, men det finns indikationer på att ökningen under de senaste åren börjar plana ut. Även strömmingslever har analyserats, men endast de senaste fyra åren. Koncentrationerna av PFOS i strömmingslever är relativt

homogena längs den svenska kusten, med undantag för två lokaler i norra Egentliga Östersjön där halterna verkar ligga något högre, samt lokalerna på västkusten som uppvisar något lägre halter.

Kvicksilver

Stora insatser har gjorts för att minska samhällets utsläpp av kvicksilver. Inom massindustrin har användningen varit förbjuden sedan 1966 i Sverige. År 1998 förbjöds också yrkesmässig tillverkning, försäljning och transport ut ur landet av de flesta varor innehållande kvicksilver.

Bakgrunds nivåerna har inte minskat lika tydligt som för flera av de organiska miljögifterna, men halterna ser ändå ut att ha halverats i Östersjöströmming och sillgrisseägg om man jämför med situationen på 1970-talet. Men i de svenska insjöarna kan fisk lokalt fortfarande ha mycket höga kvicksilverhalter, och det har kommit oroande rapporter om att kvicksilver ökar i bland annat isbjörn och sjöfågel i den arktiska miljön.

Koncentrationerna av kvicksilver i den marina miljön är dock avsevärt lägre än i limnisk miljö, och ligger under det gränsvärde som Livsmedelsverket satt upp för humankonsumtion av fisk på 500 ng/g färskvikt. I de flesta matriser tangerar dock koncentrationen gränsvärdet uppsatt för barnmat på 50 ng/g färskvikt.

Kadmium

Kadmium är ett annat ämne där man försökt minska utsläpp genom olika förbud och åtgärder, exempelvis genom successivt höjda avgifter för konstgödsel som innehåller ämnet. Det har varit förbjudet vid galvanisering och som termisk stabilisator sedan 1982, och sedan 1987 har batterier innehållande kadmium belagts med en avgift. 1993 kom dessutom restriktioner på innehållet av kadmium i gödsel.

Trots dessa åtgärder ser halterna av kadmium i miljön inte ut att minska. För tio år sedan ökade koncentrationen i fisk från Östersjön i stället kraftigt. Den utvecklingen har på senare tid vänt, men halterna är fortfarande högre än de som uppmättes i början på 1980-talet. Orsakerna är ännu inte klarlagda.

Biotillgängligheten av kadmium ökar med sjunkande salthalt, vilket möjligen delvis kan förklara att halterna i den limniska miljön är högre och att halterna i Östersjön är två till fyra gånger högre än på västkusten. Detta faktum borde dock, om belastningen vore konstant, i Östersjön leda till att koncentrationerna i fisk skulle öka norrut längst kusten, vilket inte är fallet.

Bly

Blyhalter i bensen har reglerats i lagstiftningen sedan 1970, och 1995 förbjöds ämnet helt som tillsats i bensen. Halterna minskar sedan början av 1980-talet på majoriteten av lokalerna, troligtvis som en följd av förbudet. Halterna är något lägre i musslor och strömming från västkusten än i motsvarande organismer i Östersjön. Högst halter i strömmingslever har uppmätts på lokalerna i Egentliga Östersjön.

Halterna i den marina miljön ligger på ungefär samma nivå som i limnisk miljö. Gränsen för bly i barnmat ligger på 50 ng/g färskvikt, och överskrider endast i vårfångad strömming från Utlängan i södra Egentliga Östersjön.



Döda bottenar håller miljögifter

INGEMAR CATO, SGU OCH GÖTEBORGS UNIVERSITET

Den nationella miljöövervakningen av metaller och organiska miljögifter i sediment sker i utvalda bassänger långt från land. Miljögifterna binder gärna till partiklar, som sedimenterar på havsbotten i någon av djupbassängerna. I dessa djuphålor råder ofta syrebrist, vilket innebär en fälla för giftiga ämnen, som fångas och låses fast där.

■ Genom att provtagningsplatserna utgörs av djuphålor och djupa bassänger med kontinuerlig ackumulation, som ofta lider av syrebrist, undviker man risken att sedimenten rörs om av bottenlevande och grävande organismer. Sådana bottenar återfinns i hela Östersjön. I Kattegatt och Skagerrak saknas denna botten typ, vilket försvårar tolkningen av data från dessa havsområden. Även områden som utsatts

för bottenrålning ger svårtolkade resultat och undviks därför.

De döda bottenarna är inte helt döda, utan där finns svavelbakterier (*Beggiatoa*) som växer ut till en vit väv och bildar ett tunt täcke på botten under sommaren och hösten. Företeelsen är ett säkert kriterium på att ingen bioturbation äger rum.

Riskabelt med syresättning

Flertalet av de organiska miljögifter som undersökts uppvisar de högsta halterna i de djuphålor och djupbassänger som har permanent syrebrist. Det beror framförallt på att ingen nedbrytning av dem kan ske utan tillgång till syre. Syrebristen medför också att inga djur kan komma i kontakt med miljögifterna. Risken är annars särskilt stor med bottenlevande organismer som äter av det organiska materialet i sedimen-

tet, och därmed åter för upp miljögifterna i näringsvävarna.

Av samma anledning finns det risk att en artificiell syresättning av de döda bottenarna skulle sätta många miljögifter som begravts i sedimenten i omlopp igen, vilket radikalt kan förvärra miljösituationen i Östersjön, Bottenhavet och Bottenviken. Risken, och osäkerheten kring vad som händer när miljögifterna frisätts, bör beaktas när konstgjord syresättning av Östersjöns döda bottenar diskuteras.

Bottenar med total syrebrist är naturligt och har förekommit i hundratals miljoner år. Merparten av jordens oljekällor har en gång tillkommit i innanhav som fått syrebrist i bottenvattnet, följt av en självaccelererande eutrofiering. **S**

Bottenlevande djur, som ishavsgåsugan *Saduria entomon* kan inte leva på helt syrefria bottenar. På andra bottenar kan de röra upp sedimenterade miljögifter när de äter av det organiska material som finns på botten.



Foto: Ingemar Cato (båda)



➤ Svavelbakterien *Beggiatoa* utnyttjar syret i sulfationen som finns i ytsedimentens porvatten och i bottenvattnet. Processen ger upphov till fritt svavel som omgående förener sig med andra ämnen, främst metaller, och bildar sulfider. Svavelbakterierna växer ut till en vit väv som breder ut sig som ett snötäcke över botten.

Miljögifter i sediment

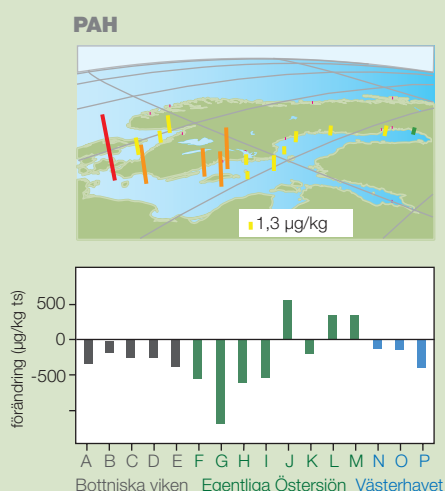
Ingemar Cato, SGU och Göteborgs universitet

Organiska miljögifter

Med fem års mellanrum har nu två undersökningar gjorts på sedimenten i Sveriges öppna havsområden, 2003 och 2008. Provtagningstekniken och resultaten från undersökningarna på metaller presenterades i Havet 2009. Den här gången är det resultaten och utvecklingen av 13 organiska miljögifter som redovisas. Merparten av dem ingår i EU:s lista över prioriterade miljöskadliga ämnen som skall övervakas i miljön.

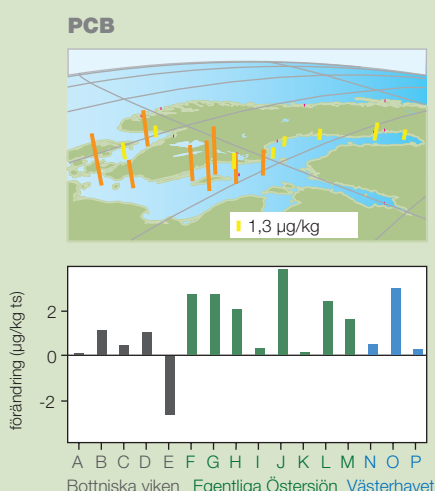
Resultaten visar att den geografiska fördelningen av miljögifter i sediment 2008 liknar den som rådde 2003. Djupbassängerna i Egentliga Östersjön uppvisar oftast de högsta halterna, vilket indikerar att djuphålorna med ihållande syrebrist har stor förmåga att binda och hålla kvar många substanser. PAH och HCB är exempel på ämnen som har en något avvikande fördelningsbild, starkt relaterad till källorna.

Det krävs längre tidsserier för att se några trender i miljögiftsbelastningen. Men jämför man resultaten från 2003 med 2008 års data kan man notera generellt lägre halter för en del bekämpningsmedel (DDT, HCH, HCB, TBT) och mjukgörare vid senaste provtagningen, medan halten av klordaner, PCB och vissa flamskyddsmedel har ökat.



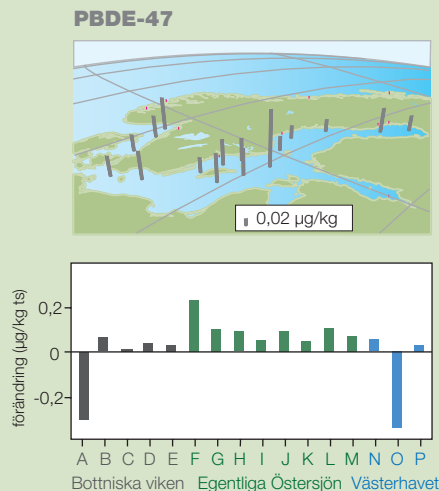
➤ PAH är en samlingsbeteckning för ett stort antal polycykliska aromatiska kolväteföreningar. De bildas framför allt vid förbränning, men förekommer också naturligt i petroleum. I Östersjön dominerar den förra gruppen medan den senare främst påträffas i Skagerrak. Miljöstatusen klassas utifrån 11 av 16 undersökta PAH-er.

Halterna är höga i södra och mellersta Östersjön, och betydligt lägre i övriga havsområden. De har, med undantag för södra Östersjön, genomgående sjunkit sedan 2003. Minskningen har lett till att miljöstatusen förbättrats från otillfredsställande till måttlig på fem stationer i norra Östersjön och Kattegatt, samt till god i Bottenviken.



➤ Trots att användning av den syntetiska oljan PCB totalförbjöds 1995 läcker ämnet fortfarande ut från fogmassor och andra byggnadsmaterial. Ämnet har också använts som flamskyddsmedel, som kyltillsats och som mjukgörare. Inom den nationella miljöövervakningen för sediment undersöks 7 av 209 olika PCB-kongener.

Fördelningen är snarlik den för PAH, med högst halter i Östersjön och lägst i Bottniska viken. Mönstret kvarstår sedan 2003, men halterna har, med undantag för Ålands hav, genomgående ökat. Miljöstatusen har därför försämrats från god till måttlig i Bottenhavet samt från måttlig till otillfredsställande i Östersjön och norra Kattegatt. Resultaten tyder på ett fortsatt läckage, vilket sannolikt kommer att pågå lång tid framöver.

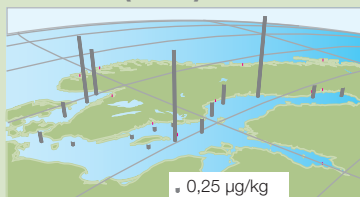


➤ Polybromerade difenyletrar, PBDE, är en grupp mycket effektiva flamskyddsmedel som dessvärre både bioackumuleras och är svårnedbrytbara. Ökade krav på brandsäkerhet har resulterat i att användningen av flamskyddsmedel ökar i hela världen, och det är svårt att hitta ersättare i andra kemikalier. Användning av lågbromerade kongener har dock minskat till fördel för högbromerade, som anses vara mindre biologiskt aktiva.

Miljöövervakningen följer utvecklingen av sju kongener. I kartorna visas två av dem. Svenska bedömningsgrunder saknas.

Kongen PBDE-47 är ganska jämnt fördelad i havsområdena, och har sedan 2003 ökat på samtliga stationer utom i norra Kattegatt och norra Bottenviken.

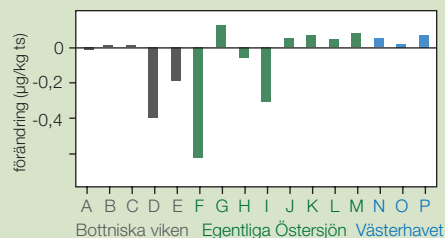
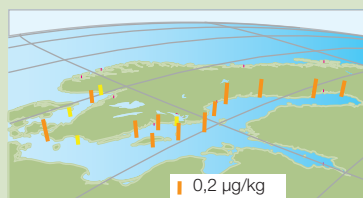
PBDE-209 (DECA)



➤ Kongenen PBDE-209 har tio bromatomer och kallas Deca. Den förekom på alla stationer utom i djupbassängerna runt Gotland och nära Bornholmsdjupet. De högsta halterna återfinns i norra Bottenhavet, nordost om Gotska Sandön och i norra Västerhavet. Ämnet undersöktes inte 2003.

Analysresultat som ligger under rapporteringsgränsen (vanligen tre gånger detektionsgränsen) har i sammanställningen redovisats som halva värdet för rapporteringsgränsen.

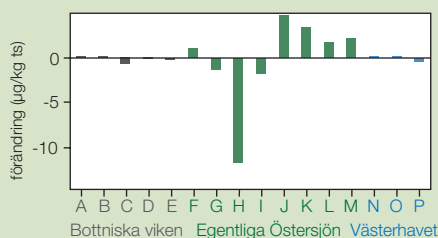
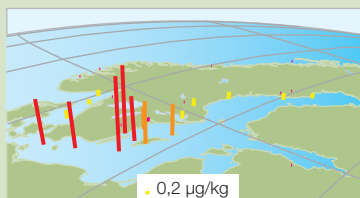
HCB



➤ Hexaklorbensen, HCB, har tidigare använts som bekämpningsmedel mot svamp. Det används fortfarande vid viss tillverkning, och är en biprodukt vid förbränning.

HCB förekommer i sedimenten på samtliga stationer. Fördelningsmönstret 2008 skiljer sig från mönstret 2003, då de högsta halterna påträffades i norra Östersjön och södra Bottenhavet. Där kan glädjande nog en kraftig minskning noteras. Sannolikt är det en effekt av att massaindustrin frångått klorblekningen av papper, en effekt som kan ta längre tid att observera i övriga havsområden. Miljöstatusen är dock fortfarande måttlig till otillfredsställande.

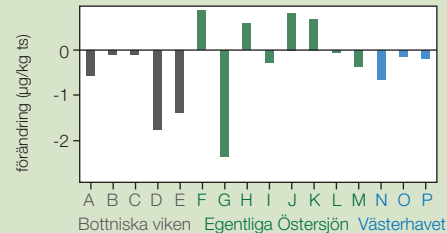
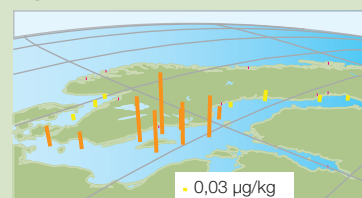
DDT



➤ Bekämpningsmedlet DDT förbjöds i Sverige på 1970-talet. Den geografiska fördelningen av summa DDT i sedimenten visar på höga halter och dålig eller otillfredsställande status i djupbassängerna i Egentliga Östersjön. Övriga havsområden har måttlig status.

Halten av den högaktiva toxiska komponenten p,p-DDT är på samtliga stationer mycket låg i förhållande till dess nedbrytningsprodukter, vilket visar att tillförseln har minskat radikalt sedan förbudet trädde i kraft. Med en fortsatt utveckling i denna riktning kan en förbättrad miljöstatus förväntas framöver.

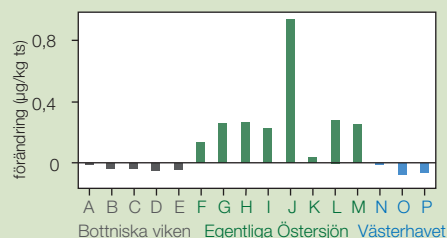
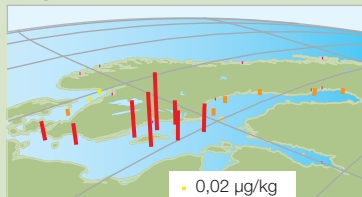
HCH



➤ Hexaklorcyklohexaner, HCH, förekommer i åtta isomerer varav bekämpningsmedlet lindan är mest känt. Ämnet ingår även i vissa hudkrämer och schampo för behandling av löss och skabb. Tre isomerer analyseras.

Halterna är högst i bassängerna runt Gotland, och statusen otillfredsställande i Ålands hav och Egentliga Östersjön. Övriga havsområden uppvisar lägre halter och måttlig status. Miljökvaliteten har sedan 2003 förbättrats från otillfredsställande till måttlig på fyra stationer. I Fårödjupet har statusen gått från dålig till otillfredsställande. Resultatet visar på hög persistens i områden med permanent eller långvarig syrebrist, samt på ett sannolikt tillskott från andra länder.

KLORDANER



➤ Klordaner och trans-nonaklor introducerades 1945 som pesticider mot många skadedjur i hem och trädgårdar och inom jordbruket. De förbjöds i Sverige 1971. De fördelar sig på liknande sätt som DDT och HCH, med högst halter och dålig status i Egentliga Östersjön. Där har halterna dessutom ökat sedan 2003. I övriga områden är statusen otillfredsställande, utom i norra Kattegatt och Skagerrak där statusen sedan 2003 förbättrats till måttlig.

Resultaten visar på ämnas höga persistens, samt en sannolik långväga luftburen tilltransport från sydligare breddgrader.

Stationer

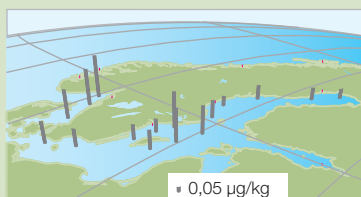
- A (17)-Norra Bottenviken
- B (01)-Södra Bottenviken
- C (02)-Hämöandsdjupet
- D (03)-Södra Bottenhavet
- E (04)-Ålandsdjupet
- F (05)-NO Gotska Sandön
- G (06)-Fårödjupet
- H (07)-SO Gotlandsdjupet
- I (08)-Landsortsdjupet
- J (09)-Norrköpingsdjupet
- K (10)-Karlsödjupet
- L (11)-Bornholmsbassängen
- M (12)-Arkonabassängen
- N (13)-Rödebank
- O (15)-Djupa Rännan
- P (16)-Skagerrak

(siffror)=stationens namn i provtagningsprogrammet.

Bedömningsgrundernas tillståndsklasser

- dålig
- otillfredsställande
- måttlig
- god
- hög

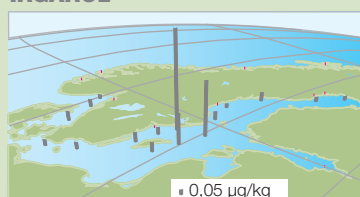
DIURON



➤ Diuron är ett ogräsbekämpningsmedel som hindrar fotosyntesen och används på jordbruksmarker. Det återkallades från den svenska marknaden 1993.

Högst halter återfinns i Skagerrak, med avtagande halter söderut. I norra Östersjön är halterna åter höga, men sjunker till lägre nivåer i Bottniska viken. Diuron undersöktes även 2003, men då var de använda detektionsgränserna för höga. Svenska bedömningsgrunder saknas.

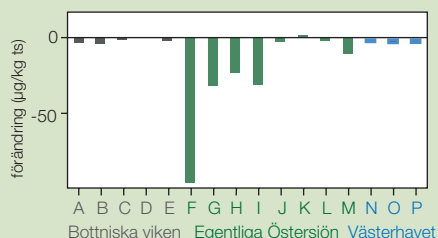
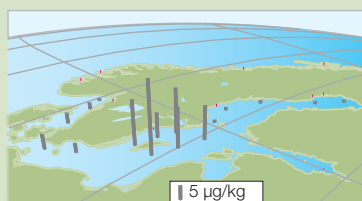
IRGAROL



➤ Irgarol är en specialiserad biocid med låg vattenlöslighet som i huvudsak använts i kombination med kopparbaserade båtbottenfärger för att hindra algpåväxt. Ämnet har inte tidigare studerats inom detta program. Svenska bedömningsgrunder saknas.

Fördelningen i sedimenten visar på höga halter i djupbassängerna i norra Östersjön, medan halterna är betydligt lägre i övriga havsområden, särskilt i Bottenviken och Skagerrak.

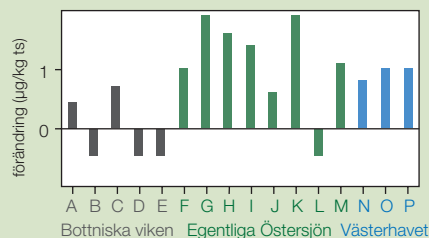
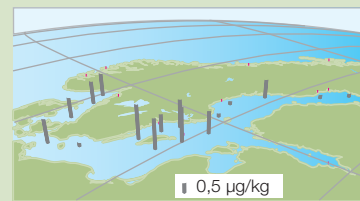
TBT



➤ Organiska tennföreningar, däribland TBT, tributyltenn, är framförallt känt som en tillsats i båtbottenfärger med syfte att förhindra påväxt av alger och havstulpaner. Det är ett av de giftigaste ämnen vi känner till, och är sedan 2008 totalförbjudet inom EU och i FN:s internationella sjöfartsorganisation, IMO.

De högsta halterna av TBT i sediment finns i djupbassängerna runt Gotland och i norra Östersjön, medan halterna är betydligt lägre i söder och väster. De lägsta halterna finns i norr. Halterna har genomgående minskat i det öppna svenska havsområdet, sannolikt till följd av bättre efterlevnad av förbudet. I många svenska hamnar och marinor är halterna avsevärt högre.

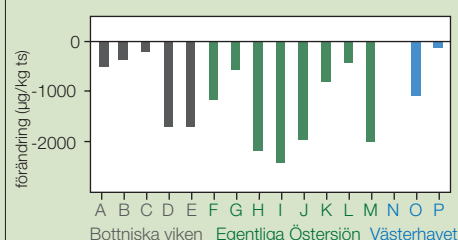
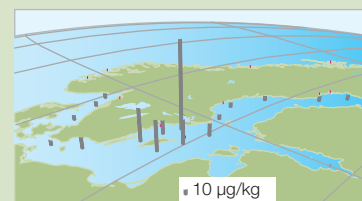
DOcT



➤ Dioctyltenn, DOcT är ytterligare en förbjuden organisk tennförening med liknande verkan och användning som TBT. Svenska bedömningsgrunder saknas.

Fördelningen i sedimenten påminner om TBT, med högst halter i djupbassängerna runt Gotland. Halterna i Västerhavet och i norra Bottenhavet är också ganska höga. Vid undersökningarna 2003 kunde DOcT inte detekteras i någon del av det svenska havsområdet. Sedan dess har halterna ökat på många stationer.

DEHP



➤ DEHP, Di-2-etylhexylftalat, ingår som mjukgörare av plaster i en mängd olika produkter. Det har visat sig vara cancerogent och ge upphov till reproduktionsskador. Sedan 1999 är det förbjudet i Sverige i leksaker och nappar. Svenska bedömningsgrunder saknas.

Fördelningen år 2003 visade på mycket höga halter i alla havsområden utom Bottenviken och södra Kattegatt. Sedan dess har halterna sjunkit dramatiskt, och kan nu endast hittas i djupbassängerna i norra Östersjön och runt Gotland samt i Bornholmsdjupet. Detta visar sannolikt på en generell minskad användning samt direkta effekter av förbudet.

Biologiska effekter – bedömningsgrunder under utveckling

MARTIN REUTGARD & BRITA SUNDELIN, STOCKHOLMS UNIVERSITET / MARINA MAGNUSSON & ÅKE GRANMO,
MARINE MONITORING AB / ÅKE LARSSON, LARS FÖRLIN, NIKLAS HANSON & JARI PARKKONEN, GÖTEBORGS UNIVERSITET

EU:s marina direktiv sätter effekter av miljögifter högt på dagordningen. En av direktivets elva definitioner av miljökvalitet anger att miljöfarliga ämnen i havet inte ska ge upphov till biologiska effekter. Den internationella expertgrupp som lämnat förslag på hur detta bör följas upp, framhåller att effekter måste inkluderas och utvärderas tillsammans med uppmätta halter i miljön. Även i Östersjö-ländernas gemensamma åtgärdsplan, Baltic Sea Action Plan, finns angivet att övervakning av biologiska effekter ska utvecklas.

■ I Sverige utförs redan övervakning av biologiska effekter på några arter i den marina miljön. Det vi saknar är fastställda gränsvärden, som tydliggör vad som är naturlig variation och vad som är ett tecken på påverkan. Ett utvecklingsarbete pågår dock inom samtliga delprogram för att skapa bedömningsgrunder för de olika effektvariablerna. De referensdata som tagits fram inom den nationella övervakningen utgör här ett värdefullt material för att definiera den naturliga variationen.

Modellen för bedömningen bör vara enkel och tydlig så att beslutsfattare och

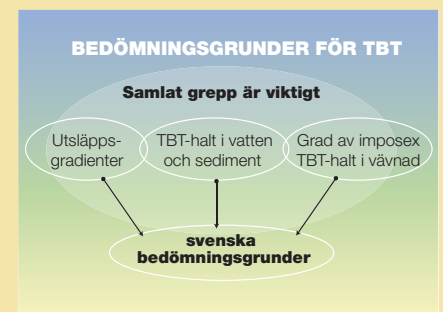
andra intressenter kan förstå och hålla med om tolkningen. Den skall även säkerställa att olika bedömare kommer till samma slutsats utifrån samma underlag.

Imposex påvisar giftigt ämne

Imposex är en mycket ämnesspecifik biomarkör som innebär att honor hos snäckor utvecklar hanliga könskaraktärer till följd av att de under sina juvenila stadier har exponerats för organiska tennföreningar. Dessa ämnen, framförallt tributyltenn, TBT, påminner om hanliga könshormoner och kan därmed inducera bildandet

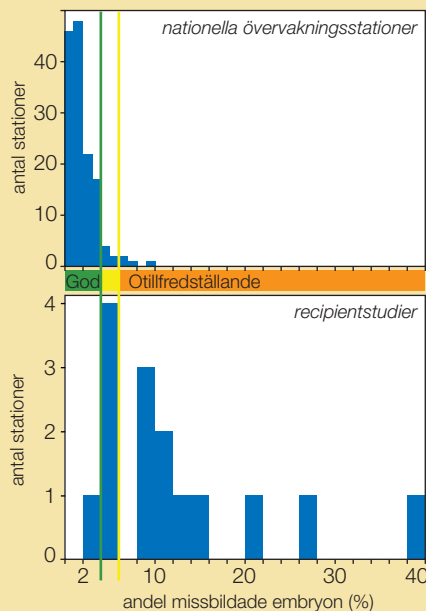


Foto: Petter Almström/Stockphoto



➤ I arbetet med att ta fram svenska bedömningsgrunder är det viktigt med ett samlat grepp. Grad av imposex och halt av TBT i vävnad bör kopplas till halter i vatten och sediment samt till gradienter från utsläppskällor. En sådan undersökning pågår för närvarande och förhoppningen är att resultaten ska underlätta framtagandet av svenska bedömningsgrunder.

BEDÖMNINGSGRUNDER FÖR VITMÄRLA



Sammanställning av data från 16 års nationell miljöövervakning i relativt opåverkade områden i Bottenhavet och Egentliga Östersjön, samt data från 11 recipienter för olika typer av industriell verksamhet.

För 93% av mätningarna i de opåverkade områdena ligger andelen missbildade embryon under 4%. I recipienterna däremot, visar 93% av stationerna belägna mindre än 10 km från källan en missbildningsfrekvens över 4%. Vitmärlans embryon svarar således generellt mot olika typer av industriell påverkan.

Förslaget till bedömningsgrund är därför att områden med mindre än 4% missbildade embryon klassas som opåverkade av miljögifter. En skadefrekvens mellan 4 och 6% utgör en mellannivå ur förorenings synpunkt, medan nivåer över 6% klassas som påverkade av miljögiftsexponering.

Endast stationsmedelvärden baserade på mer än 10 honor är inkluderade i analysen.



I februari samlas de äggbärande vitmärlorna in med bottenkrapa och van Veen-huggare. Samtidigt provtas sediment för kemisk analys.

Foto: Martin Reutgard

av penis och sädesledare hos snäckhonor. Detta är en välkänd effekt som man hittills har hittat hos ett hundratal arter spridda över världen.

TBT har använts i båtbottnfärger sedan 1960-talet och anses vara ett av de giftigaste ämnen vi släppt ut i miljön. Trots det har Sverige i dagsläget inga egna bedömningsgrunder, varken för halter i sediment eller i vävnad eller för de effekter som kan uppstå i biota, exempelvis i form av imposex. Även internationellt är det ovanligt med bedömningsgrunder för TBT-halt i vävnaden och grad av imposex, men flertalet länder i Europa har tagit fram gränsvärden för TBT-halt i sediment.

Internationella bedömningssystem finns

Inom Oskar, samarbetsorganisationen för Nordsjön och Nordostatlanten, har man tagit fram ett klassificeringssystem som ska kunna användas av alla ingående länder, trots mycket stora olikheter vad gäller artförekomst och geografiska förutsättningar. Systemet delar in resultaten i sex klasser och integrerar värden för TBT-halter i musslor, vatten och sediment.

Av våra nordiska grannländer är det endast Norge och Danmark som utför miljöövervakning som omfattar imposex. I Norge, som tillämpar Oskars klassificering använder man sig endast av purpur-

snäckan. Danmark har ett mer omfattande program som innefattar provtagning i både kust- och utsjöområden och analyserar graden av imposex hos totalt fem arter. Danskarna har även arbetat vidare med att ta fram miljö kvalitetskriterier för imposex, och anpassat dem till den femgradiga skala som används inom vattendirektivet. Här har utgångspunkten varit vattendirektivets Environmental Quality Standard, som är framtagna gränsvärden för att miljön och människors hälsa ska skyddas. Det danska systemet är mycket likt det som används inom Oskar för klassning av imposex, men gränsvärdena är inte så stränga när det gäller halter i vatten och snäckor.

Svårt med Östersjön

Då den svenska västkusten kan tänkas vara mest likartad den danska och då båda länderna även gränsar till havsområdena Kattegatt och Skagerrak så har utgångspunkten vid värdering av svenska resultat hittills legat i det danska systemet.

Sedan 2008 sker även övervakning längs den svenska ostkusten. Där är salthalten för låg för nätsnäckor, så istället används havssallatssnäckan *Hydrobia ulvae*. Eftersom denna art är extremt liten är användandet av den i miljöövervakningssyfte inte så vanlig. Några bedömningsgrunder för denna art finns därför varken i Oskars

klassificeringssystem eller i det danska.

Det vi hittills har sett är att havssallatssnäckan inte tycks vara lika känslig som andra arter för exponering av TBT. Den förekommer i kraftigt förorenade områden, men uppvisar trots det endast de lägre stadierna av imposex. Även den procentuella påverkan är betydligt lägre för havssallatssnäckan, om man jämför med nätsnäckorna på västkusten. Detta trots att exponeringen för TBT i sedimentet oftast är högre.

Specifik känslighet hos vitmärla

Ett förslag på gränsvärden har tagits fram för missbildade embryon, en av de variabler som mäts inom vitmärlaprogrammet. Denna variabel visar en tydlig dos-respons på miljögifter, med ett signifikant samband mellan andelen missbildade embryon och avståndet från punktkälla. Biomarkören uppvisar också en hög känslighet, då mänsklig påverkan kan upptäckas och mätas upp till tre mil från utsläppskällan.

Missbildningar hos vitmärlans embryon orsakas framför allt av exponering för olika typer av kemikalier som metaller och organiska miljögifter. Andra stressfaktorer i miljön, som syrebrist, födobrist och temperaturstress, ger upphov till andra typer av skador som döda och outvecklade ägg. Den specifika känsligheten för miljögifter, samt

det faktum att den är kopplad till reproduktionen, gör missbildade embryon till en särskilt lämplig och relevant effektvariabel för miljögiftsexponering.

Färdigt förslag finns

Även i en miljö där exponeringen för miljögifter är liten eller obefintlig kan missbildningar uppstå. En anledning kan vara spontana mutationer. Östersjön är inget rent hav, och det finns sannolikt en viss storskalig exponering i hela området. Eftersom det saknas helt opåverkade lokaler i Östersjön kan vi inte uttala oss om vilka bakgrundsvärden som kan förväntas i en miljö med nollnivåer beträffande miljögifter.

Efter mer än femton års studier med 144 stationsmedelvärden har vi emellertid en relativt god uppfattning om Östersjöns bakgrundsvärden. Baserat på övervakningsdata från Bottenhavet och Egentliga Östersjön, samt elva recipienter utanför olika typer av industrier, kan vi också uttala oss om vid vilka nivåer variabeln missbildade embryon hos vitmärkan kan klassas som påverkad av miljögifter.

En skadefrekvens under fyra procent bör klassas som opåverkad. Är andelen missbildade embryon högre än sex procent så är området exponerat för miljögifter.

Påverkan på nästa generation?

Det förslag till bedömningsgrunder för vitmärka som vi tagit fram ger information om vid vilken skadenivå som populationen bör bedömas som påverkad av miljögifter. Detta är nödvändigtvis inte samma skadenivå där effekter kan förväntas på nästa generation. I det perspektivet är föreslagna gränsvärden att betrakta som gränsvärden för bedömning av exponering.

Målsättningen är givetvis att utifrån de påverkade variablerna kunna uttala sig om dess konsekvenser på populationstillväxten. Här finns dock fortfarande kunskapsluckor. Även om embryonala skador minskar fekunditeten, bidraget till nästa generation, är det inte uppenbart hur mycket det betyder i populationssammanhang. En rad olika faktorer förutom fekunditet och fertilitet påverkar populationsstorleken. Exempelvis den procentuella överlevnaden av de nykläckta juvenilerna, som i sin tur är beroende av födotillgång och predationstryck – något som sannolikt kan skilja stort mellan olika områden. På vissa övervakningsstationer har man kunnat visa att

FÖRSLAG TILL BEDÖMNINGSMODELL FÖR FISKHÄLSA

Miljögifter	Exponering	Effekter	Slutsats
+	+	+	Påverkad fiskhälsa; troligen orsakad av miljögifter.
+	+	–	Exponering för miljögifter i halter som inte påverkar fiskens hälsa. Tidig varningssignal.
+	–	+	Påverkad fiskhälsa; troligen orsakad av miljögifter som ej fångas upp av exponeringsmarkörer.
+	–	–	Miljögifter ej biotillgängliga eller tillgängliga i ofarliga nivåer.
–	+	+	Påverkad fiskhälsa; troligen orsakad av miljögifter som ej analyserats.
–	+	–	Varningssignal för ej analyserade miljögifter.
–	–	+	Påverkad fiskhälsa; kan vara orsakad av annan stress än miljögifter.
–	–	–	God fiskhälsa; inga tecken på miljögiftspåverkan.

➤ Tabellen visar förslag till bedömningsmodell baserad på de tre komponenterna miljögiftbelastning, exponering och effekter. För varje komponent görs en bedömning om den är påverkad (+) eller opåverkad (–). Detta ger åtta möjliga kombinationer och därmed åtta olika slutsatser om fiskens hälsostatus.

populationsstorleken styrs av predationen från ishavsgråsuggan, *Saduria entomon*, medan man på andra stationer inte ser något tydligt samband.

Det är således sannolikt att en minskad nyrekrytering beroende på missbildade embryon får skiftande betydelse beroende på lokal. Genom att bestämma födotillgång och predationstryck på olika typlokaler i Östersjön skulle det vara möjligt att i framtiden uttala sig om vad en reproduktionskada får för konsekvenser i typområdet. Även andra omgivningsfaktorer, som sedimentbeskaffenhet, temperatur och salthalt, måste förmodligen ingå.

Ur ett ekosystemperspektiv bör man dessutom väga in rovdjurens minskade tillgång på föda, om vitmärkans embryon har hög skadefrekvens och nyrekryteringen därmed minskar.

Integrerad fiskmodell på förslag

Vårt förslag till modell för bedömning av miljögiftspåverkan på fiskar är baserat på tre komponenter: miljögiftbelastning, exponering och effekter. För varje komponent görs en bedömning om den är påverkad eller opåverkad.

För miljögiftsbelastning finns ofta underlag i form av kemiska analysdata från regional övervakning eller recipientkontroll, exempelvis i form av uppmätta halter

i biota, botten sediment eller vatten. En statistisk signifikant haltförhöjning av ett eller flera ämnen jämfört med referensområden är tillräckligt underlag för att konstatera att det finns en miljögiftsbelastning i området.

Även för exponeringsmarkörer, som exempelvis DNA-addukter i lever, Erod, PAH-metaboliter i galla eller metallothionein, är det tillräckligt att konstatera statistisk signifikant skillnad jämfört med referensområden för att visa att miljögifter är biotillgängliga och att en exponering föreligger.

Effekter svårast att bedöma

För effektmarkörer är bedömningen mer komplicerad, eftersom effekter på olika fysiologiska funktioner kan ha olika stor betydelse för fiskens hälsa.

Ett sätt att uppnå god biologisk relevans är att dela in de olika effektmarkörerna efter vilken fysiologisk funktion de återspeglar. Varje sådan funktion viktas och poängsätts efter dess uppskattade relativa betydelse för populationstillväxten. Poängsättningen är än så länge approximativ, men baserad på erfarenheter från mångårig tillämpning av biomarkörer både i kontrollerade laboratorieexperiment och vid fältundersökningar.

Enligt denna modell betyder en påverkan på viktiga funktioner som reproduktion

FAKTA

Halt, exponering och effekt

Kemiska analyser av kända miljögifter visar om just dessa ämnen finns i förhöjda halter, men de ger mycket lite kunskap om biotillgänglighet och eventuella effekter i miljön. Man kan inte heller mäta alla kemikalier utan riskerar att missa okända eller oväntade ämnen i miljön.

Biomarkörer är olika biokemiska, fysiologiska och histologiska mått som visar om en individ är stressad av något i miljön. De kan delas upp i exponeringsmarkörer och effektmärkörer.

- En exponeringsmarkör är exempelvis ett avgiftningsenzym, som visar att en viss typ av miljögift har tagits upp av individen, och att olika försvarsmekanismer har aktiverats. Denna exponering behöver dock inte innebära att organismens hälsa är försämrad.
- Uppvisar organismen däremot förändringar i effektmärkörer, såsom försämrad tillväxt, reproduktionsskador eller nedsatt immunförsvar finns det en risk för påverkan på populationen. Dessa fysiologiska variabler är ofta mer generella än de biokemiska. Det innebär att de kan svara på flera former av stress förutom miljögifter, såsom temperaturförändringar och övergödning.

tion, kondition eller metabolism alltid att fiskens hälsa bedöms som påverkad. Det finns också skäl att vikta olika biomarkörer inom varje fysiologisk funktion. Till exempel bör en vävnadsförändring i levern bedömas som viktigare för leverns funktion än en förändring i aktiviteten hos ett enskilt leverenzym.

I vår föreslagna modell bedöms fiskens fysiologi och hälsa alltid som påverkad om minst fem biomarkörer, representerande minst två olika fysiologiska funktioner, visar signifikant förändring.

Test av modellen

Vi har testat vår modell för bedömningsgrunder av fiskhälsa på tidigare data.

På 1980-talet orsakade komplexa utsläpp från Norrsundets sulfatmassafabrik mycket kraftiga effekter på ett stort antal biomarkörer och gravt störda fysiologiska funktioner hos abborre i hela recipienten. Om modellen för bedömningsgrunder prövas på erhållna data från dessa undersökningar blir den sammanvägda bedömningen *"Påverkad fiskhälsa; troligen orsakad av miljögifter"*.

Kraftfulla åtgärder medförde att utsläppen av miljöfarliga ämnen minskade, och en återhämtning ägde rum. Vid uppföljande studier återstod endast svaga effekter på någon enstaka effektmärkörer i närområdet och på en exponeringsmarkör, förhöjd Erod-aktivitet. Detta ger bedömningen *"Exponering för miljögifter i halter som inte påverkar fiskens hälsa. Tidig varningssignal"*.

År 2003 genomfördes undersökningar på tånglake i Göta älvs mynningsområde i samband med en omfattande muddring. Resultaten visade bland annat lägre konditionsfaktor, förändrad leverstorlek, vävnadsförändringar i levern och tecken på påverkat immunförsvar. Exponeringsmarkörer som Erod-aktivitet och metallothionein indikerade förekomst och upptag av främmande ämnen. Om resultaten sätts in i modellen blir bedömningen *"Påverkad fiskhälsa; troligen orsakad av miljögifter"*.

I det nationella referensområdet Kvädöfjärden har ett flertal signifikanta förändringar observerats sedan övervakningen av fiskens hälsa startade 1988. Om man använder bedömningsmodellen leder detta till att bedömningen av fiskhälsan idag, jämfört med slutet av 1980-talet, blir *"Påverkad fiskhälsa; troligen orsakad av miljögifter som ej analyserats"*. Detta är naturligtvis alarmerande eftersom Kvädöfjärden är utvalt för att representera den mest ostörda miljön vi kan hitta längs den svenska Östersjökusten.

Mer integration är målet

Det är önskvärt att denna modell utökas med fler komponenter för att få en mer integrerad och därmed säkrare bedömning av fiskstatusen i ett visst område. Uppgifter om eutrofieringsstatus och tillståndet för population och fiskesamhälle kan ge kompletterande underlag. De kan visa om observerade fysiologiska effekter påverkar populationen eller inte, samt om det finns någon typ av stress som påverkar fiskesamhället men inte fiskens hälsa, exempelvis högt fisketryck.

Även i en sådan utökad modell kan en bedömning göras enligt den princip som visas i tabellen, där varje komponent bedöms som påverkad eller inte påverkad. Den enda skillnaden är att antalet möjliga utfall fördubblas för varje komponent som läggs till. Arbete pågår för att ta fram en sådan integrerad och mer heltäckande modell för bedömning av fiskstatus.

Att bedöma en hel havsregion

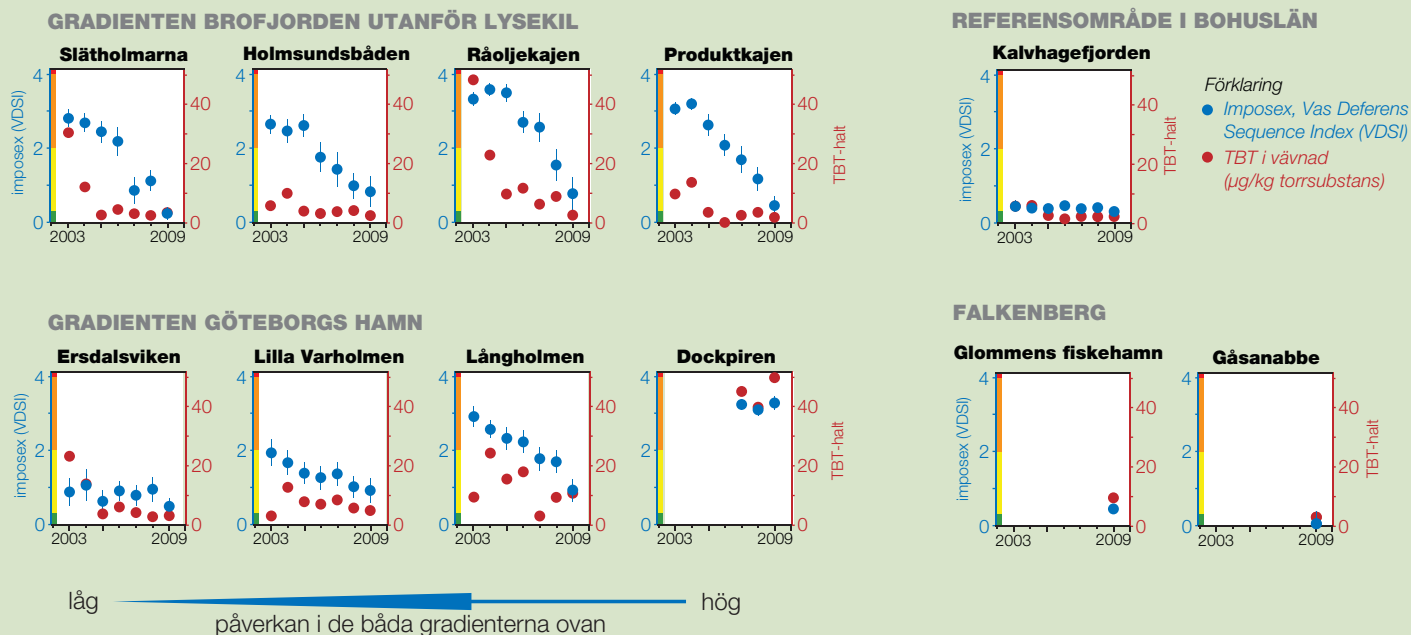
För framtiden vore det önskvärt att sammanväga samtliga bedömningar gjorda på fisk, snäckor och vitmärlor i ett havsområde till en mer integrerad bedömning av biologiska effekter.

Om denna sedan skulle kunna kombineras med resultat från mätningar av miljögiftshalter och även med resultat från populationsövervakning, skulle bilden av tillståndet i en region bli mer heltäckande. Tillsammans med kunskap om annan miljöpåverkan, såsom övergödning, fiske och klimatförändringar, skulle förklaringsgraden för vad som orsakar förändringar öka markant.

Hur resultat från olika övervakningsprogram ska sammanvägas är dock långt ifrån enkelt. Såväl inom de båda regionala konventionerna Helcom och Ospar som inom forskningen pågår ett utvecklingsarbete kring hur olika variabler ska vägas samman för att olika havsområden skall kunna bedömas. Svenska forskare deltar aktivt i olika EU-finansierade forskningsprogram som arbetar med dessa frågeställningar. **S**

Biologiska effekter av organiska tennföreningar

Marina Magnusson, Anders Borgegren, Sandra Andersson & Åke Granmo, Marine Monitoring AB



➤ Svenska bedömningsgrunder saknas. Danska bedömningsgrunder används för lokalerna på västkusten. Enligt dessa klassas två lokaler (Slätholmarna och Gåsanabbe) som goda, och övriga som måttliga eller sämre. Gränsen för måttlig status hos nätsnäckor går vid 0,3 VDSI. Vertikala staplar anger 95% konfidsintervall.

Västerhavet

En del förändringar i stationsnätet infördes under året. I Göteborgs hamn utgick den södra gradienten och i Brofjorden utanför Lysekil utgick lokalerna vid Bläckhall, Furusundsholmarna och Sandvik. Istället tillkom en punktkälla och en referenslokal utanför Falkenberg i Halland.

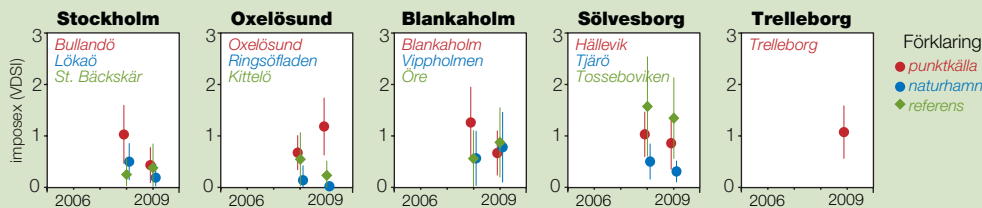
Graden av imposex hos nätsnäckor fortsätter att minska vid de flesta lokalerna, men i Göteborgsgradienten är minskningen mindre tydlig i områdena långt ifrån punktkällan.

Minskningen av TBT i snäckornas vävnad verkar däremot ha planat ut, det

är endast vid Långholmen och Dockpiren i Göteborg som halterna nu ligger över 5 µg/kg. Vid råoljekajen i Brofjorden är vävnadshalten ungefär densamma som för snäckorna från referensområdet i Kalvhagefjorden.

De nytillkomna lokalerna utanför Falkenberg visade förvånansvärt låga värden. På referenslokalen vid Gåsanabbe uppvisade endast 2 av 44 infångade honor imposex, och stationens status klassas därför som god. Även de snäckor som fångades i Glommens fiskehamn visade på förhållandevis bra värden.

ÖSTERSJÖN



Bedömningsgrunder för snäckarten *Hydrobia ulvae* ingår inte i de danska bedömningsgrunderna. Om man använder gränsen för måttlig status hos nätsnäck, 0,3 VDSI, även för *Hydrobia* innebär detta att 10 av 13 lokaler klassas som måttliga eller sämre. Vertikala staplar anger 95% konfidensintervall.

Egentliga Östersjön

Provtagningarna i Egentliga Östersjön är inne på sitt andra år och det är ännu för tidigt att se någon trend. Generellt påträffas *Hydrobia* med imposex på alla undersökta lokaler. Eftersom dessa snäckor bara blir ett par år gamla är det rimligt att anta att snäckor som uppvisar imposex är utsatta för en pågående exponering av TBT.

Variationen i antalet påverkade honor

är dock stor, från 3 procent vid Ringsöfladen till 62 procent vid Tosseboviken. Den högsta påverkan ses vanligen vid punktkällor såsom hamnar. Referenslokalen Tosseboviken utanför Sölvesborg är dock ett undantag. Detta är en mycket grund, sandig vik som helt saknar båtbyggro, men som trots detta åter uppvisar högst värde för imposex. Det är anmärkningsvärt, och orsaken är fortfarande oklar.

Sedimentprover har tagits och kommer att analyseras. Eftersom parasiter misstänks kunna orsaka imposex plockas angripna djur bort före analys.

Arbete pågår med att hitta fler lokaler längs Skånes kust. Hittills har tillräckligt med snäckor hittats endast vid punktkällan Trelleborgs hamn.



Foto: Marine Monitoring



Hydrobia ulvae



Foto: Niklas Hanson

Miljögifter påverkar

Hälsoundersökningar av abborre och tånglake visar för de flesta mätvariabler inga förändringar. Detta kan ses som naturligt eftersom referensområdena anses vara obetydligt påverkade av samhälleliga och industriella verksamheter.

Under senare år har dock signifikanta tidstrender observerats för allt fler biomarkörer, vilket indikerar att fisken är påverkad av miljögifter. Dessa förändringar är mest påtagliga hos abborre i Kvädöfjärden, men liknande effekter har successivt börjat uppträda även vid Holmöarna och Torhamn. Hos tånglake noteras färre förändringar.

Högre Erod-aktivitet

Hos abborre i Kvädöfjärden har leveraktiviteten för avgiftningsenzymet Erod blivit fem gånger högre under de dryga tjugo år som undersökningarna pågått. Uppföljande forskning visar ett samband mellan Erod-aktivitet och både halten PAH-metaboliter i gallan och flödesdata från Vindån som rinner ut i kustområdet. En ständig tillförsel av PAH:er till kustvattenmiljön genom landavrinning kan därför vara en möjlig förklaring till de observerade effekterna. Det kan dock inte uteslutas att även andra kemiska ämnen kan spridas diffust på liknande sätt och ge upphov till komplexa samverkans effekter på kustfiskens hälsa.

Flera varningssignaler

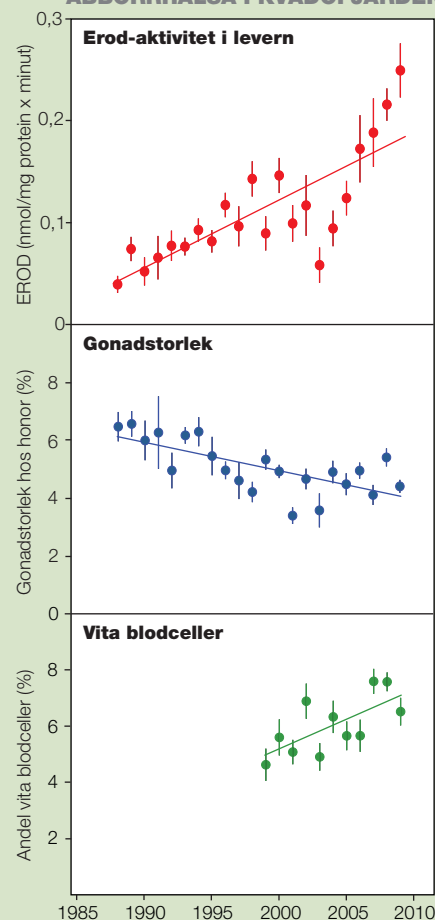
Att fisken i Kvädöfjärden exponeras för kemiska ämnen stöds av andra observerade effekter. Den relativa gonadstorleken hos abborrhonor har minskat med cirka 30 procent. Denna signifikanta förändring, som även ses vid Holmöarna, är en allvarlig varningssignal om att fisken exponeras för något främmande ämne som påverkar könsmognaden. Uppföljande histologiska studier visar inga vävnadsförändringar på gonaderna, utan det tycks vara antalet ägg som minskar hos de köns mogna honorna.

En förhöjd aktivitet för enzymet glutationsreduktas i levern tyder på ökad förekomst av reaktiva ämnen som ger upphov till oxidativ stress. Samma förändring ses även hos abborrar vid Holmöarna och Torhamn.

I Kvädöfjärden observeras också en ökning av klorid och kalcium i blodet, vilket indikerar att fiskens saltreglering inte fungerar normalt. Vidare ökar totala antalet vita blodceller och antalet trombocyter i blodet, vilket signalerar att immunförsvaret kan vara påverkat. En ökning av antalet vita blodceller har också observerats hos tånglake i Kvädöfjärden och Fjällbacka. Denna ökning hos tånglake sker parallellt med en ökning av halten metallbindande protein och kadmium i levern.

Sammantaget visar hälsoundersökningarna att fisken i de nationella referensområdena i ökande grad exponeras för något

ABBORRHÄLSA I KVÄDÖFJÄRDEN



eller några miljögifter som är okända eller inte övervakas idag, och att allt fler hälsvariabler visar förändringar som tidigare påvisades endast hos fisk i komplext förorenade områden.

Missbildade embryon minskar

Andelen missbildade embryon, som indikerar att det finns miljögifter i sedimentet, är genomgående vanligare i vitmärlor från Egentliga Östersjön än från Bottenhavet. Missbildningarna, som ökade kraftigt under några år, orsakas av att lipider läcker ut från äggmembranet vilket dödar embryot före kläckningen.

En nyligen genomförd multivariat-analys visar att parasitangrepp är positivt korrelerat med andelen obefruktade honor. Om det finns ett orsakssamband är svårt att säga, men det visar att parasiter kan vara en möjlig förklaring till varför vissa honor inte lyckas bli befruktade. Det finns däremot

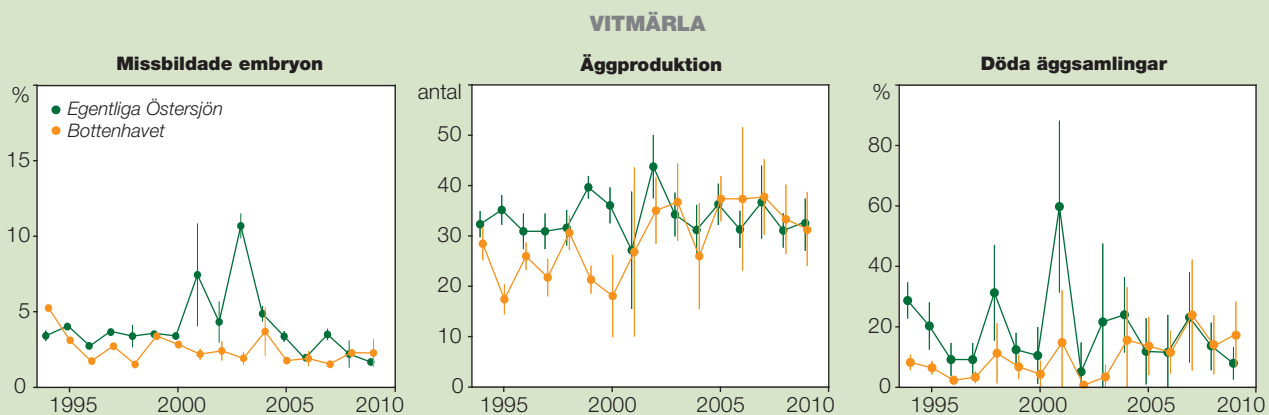
mot inget samband mellan muskelparasiterna och missbildade embryon.

Vattenmassorna hänger ihop

Vitmärlans äggproduktion, mätt som antalet ägg per hona, har tidigare varit högre i Egentliga Östersjön än i norr. När populationerna i Bottenhavet mycket drastiskt minskade efter 1999 ökade äggproduktionen, troligtvis på grund av minskad konkurrens om födan. Idag finns inga skillnader mellan bassängerna. Efter populationskraschen ser vi ett likartat mönster mellan ökad och minskad äggproduktion i de båda bassängerna.

Helt eller delvis döda äggsamlingar indikerar syrebrist under utvecklingen av ägganlag eller embryo. Tidigare var dessa vanligast i Egentliga Östersjön, men har under senare år ökat i Bottenhavet och är idag av samma storleksordning i de båda bassängerna. Ökningen i Bottenhavet sammanfaller med minskade syrekoncentrationer i bottenvattnet.

För båda dessa variabler kan vi notera samma mönster i bassängerna, vilket antyder att vattenkvaliteten i Östersjön också styr förhållandena i Bottenhavet.



↗ Data visar medelvärden med 95% konfidensintervall från fem bottenhugg samt ett bottenskrap.

Havsörnar dör av blyförgiftning

BJÖRN HELANDER & ANDERS BIGNERT, NATURHISTORISKA RIKSMUSEET / JEANETTE AXELSSON, UPPSALA UNIVERSITET
HANS BORG & KARIN HOLM, STOCKHOLMS UNIVERSITET

Östersjöns havsörnar har under lång tid varit drabbade av kraftiga störningar på fortplantningen. Höga halter av miljögifter har bland annat lett till att örnarnas ägg inte har kunnat kläckas. Nu visar det sig att även vuxna fåglar dör av förgiftning, och källan är sannolikt bly från ammunition som havsörnarna får i sig genom skjutna bytesdjur.

■ Miljögifter har varit ett mycket allvarligt problem för havsörnen under lång tid. Havsörnens fortplantningsproblem i Östersjöområdet under andra halvan av 1900-talet kan helt tillskrivas effekter av miljögifter, framför allt DDT och PCB. Den förbättring som började visa sig i slutet av 1980-talet kom som ett välkommet svar på de förbud som infördes under 1970-talet.

Men koncentrationerna är fortfarande mycket höga i Östersjöns havsörnar – i runda tal omkring hundra gånger högre än till exempel i strömming, och femtio gånger högre än i norrländska kungsörnar.

Inte bara havsörnens fortplantning hotas av människans påverkan. Även de vuxna fåglarna riskerar att förgiftas genom att de äter bytesdjur eller kadaver som är skjutna och kontaminerade med blyhagel eller blyfragment från ammunition. Detta innebär i många fall en långsam och plågsam död för de drabbade havsörnarna.

Nya metallundersökningar

På grund av den starka hotbilden som reproduktionsförsämringen innebar har undersökningarna av olika miljögifter länge fokuserat på de döda ägg som samlats

in vid bokkontrollerna. Men havsörnen tillhör de arter som omfattas av jaktförordningen 33§, så kallade statens vilt, som ska rapporteras och samlas in för vetenskapliga ändamål. Detta innebär att organprover fortlopande tagits tillvara och sparats i miljöprovbanken vid Naturhistoriska riksmuseet. De kemiska analyserna av ägg har nästan uteslutande omfattat klorerade kolväten. För ett par år sedan fick vi möjlighet att undersöka även metaller i havsörn och valde då att utnyttja organprover från miljöprovbanken. De metaller som undersökts är bly, kadmium, kvicksilver och selen.

Havsörnsunge och ett dött ägg 2009. I södra Bottenhavet är andelen havsörnsbon med döda ägg fortfarande betydligt högre än vid övriga kusten. ↵



Foto Björn Helander

Syftet med studien var dels att belysa tidstrender, eventuella geografiska skillnader och spridning med avseende på koncentrationer, men också att utreda omfattningen av eventuell dödlighet genom förgiftning. Materialet bestod uteslutande av fåglar som tagits tillvara färskt och omfattade 118 individer från perioden 1981–2004.

Alla havsörnar som kommer in till Naturhistoriska riksmuseet undersöks och röntgas för att utreda dödsorsak och kontrollera eventuell skadeskjutning och innehåll av ammunitionsrester från bytestdjur i mag-tarmkanalen.

Blyförgiftning vanligt

Blykoncentrationer över 6 µg/g torrsvikt betraktas som en förhöjd exponering av bly och över 20 µg/g har angivits som en dödlig koncentration för rovfåglar. Tjugofem av individerna hade mer än 6 µg/g i lever eller njure och sexton av dessa hade nivåer över 20 µg/g. Det visar att bland de 116 vuxna havsörnarna i materialet hade nästan en fjärdedel utsatts för doser av bly som är så höga att de inte kan förklaras av naturligt förekommande blykällor och 14 procent hade ett blytillskott som är dödligt.

Bland de individer som inte hade förhöjda blyhalter i organen låg koncentrationerna ofta långt under det angivna gränsvärdet på 6 µg/g. Hos lever- och njurprover med koncentrationer under gränsvärdet låg 87 respektive 83 procent under 2 µg/g, vilket tyder på att den naturliga exponeringen av bly i miljön är låg.

Inga signifikanta skillnader i blykoncentrationer kunde påvisas mellan könen, eller mellan olika åldrar. Inte heller mellan olika regioner, eller ens över tid, kunde några signifikanta skillnader i bakgrundsbelastningen av bly påvisas.

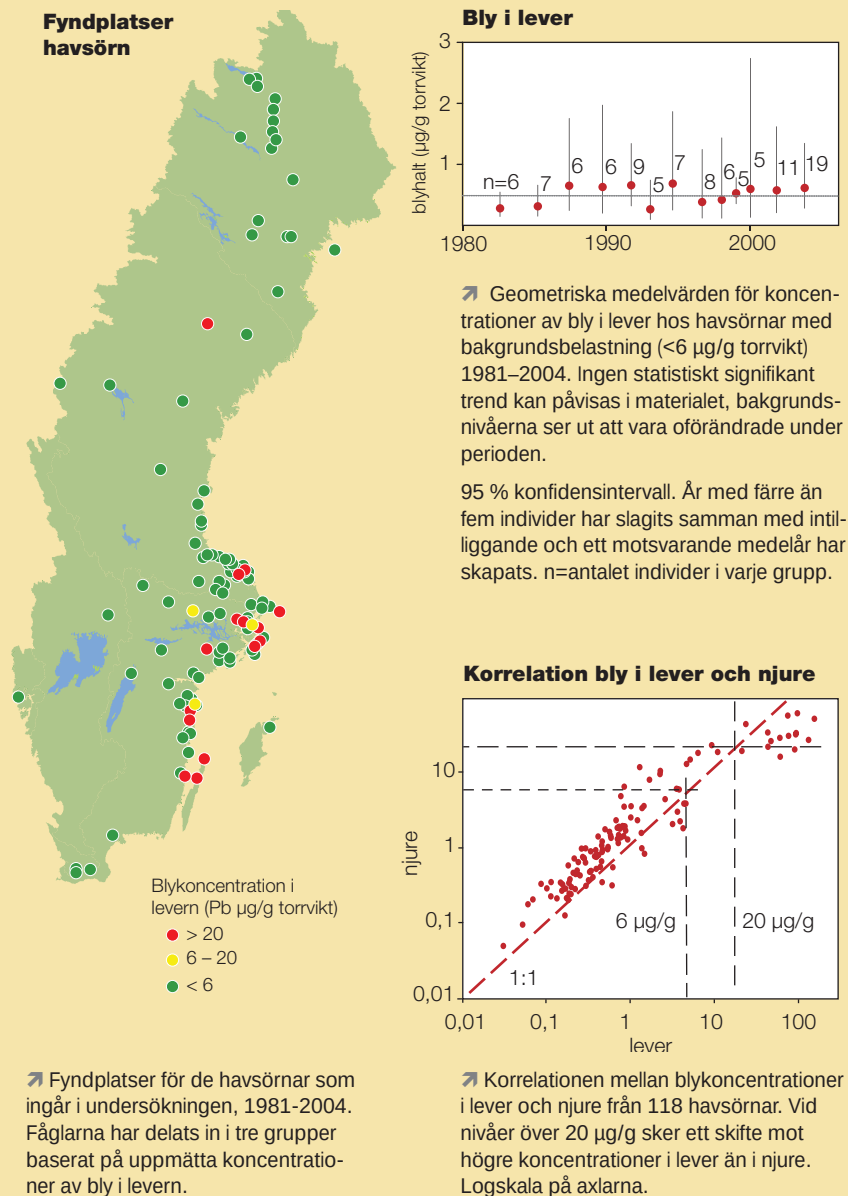
Havsörnar med diagnosen blyförgiftning hade mellan 21–154 µg/g i levern. Andelen blyförgiftade fåglar har dessutom ökat stadigt, från 7 procent i början av 1980-talet till 18 procent i början av 2000-talet.

Bly minskar i naturen

Det finns inget som tyder på att de akuta förgiftningarna av bly som observerats hos örnarna skulle kunna orsakats av den naturliga förekomsten av bly i naturen, eller av tillskottet till mark och vatten från till exempel luftburet nedfall.

Övervakningen av bly i andra biologiska

BLYFÖRGIFTNING HOS HAVSÖRN



prov i Sverige visar också en samstämmig bild av en betydande minskning under senare decennier. Minskningar på mellan 4 och 13 procent per år har konstaterats inom det nationella övervakningsprogrammet, där man mäter koncentrationerna i lever från strömming och torsk, och i ägg från sillgrissla. Detta står i skarp kontrast till situationen för havsörnar.

En studie från södra Östersjön indikerar också att olika spårmetaller, bland annat bly, inte ökar i koncentrationer i näringskedjan på samma sätt som till exempel DDT och PCB. Det är därför anmärknings-

värt att medelvärdena för det vi kallar en bakgrunds-nivå för bly hos havsörnar är fyra till tio gånger högre än nivåerna i strömming och abborre från Östersjökusten.

Ammunition är boven

I flera fall har blyförgiftade havsörnar visat sig innehålla ammunitionsrester i mag-tarmkanalen, oftast blyhagel men även kulsplitter. Det här är ammunitionsrester som örnarna fått i sig via födan, från skjutna och skadeskjutna byten. Detta är ingen tillfällighet – havsörnen är en selektiv jägare som i första hand tar skadade byten när



Foto: Björn Helander

Dödsorsak hos 116 vuxna havsörnar, 1981–2004	
Blyförgiftning	16
Kollision med fordon	25
Kollision med ledningar och byggnader	22
Skjutna, dödade av annan örn	13
Annat trauma	9
Utmärgling, sjukdom	5
Okänd	26
Totalt	116

☛ Blyförgiftad havsörn
48 timmar innan den dog.

det finns, och den utnyttjar också kadaver, särskilt under vinterhalvåret.

Bly löses snabbt upp i den sura miljön i magen och formar blysalter som sedan kan tas upp av kroppens organ. Vid låga nivåer av bly i kroppen ($<6 \mu\text{g/g}$) är koncentrationerna signifikant högre i njure än i lever. När bly frigörs från till exempel blyhagel i magen och koncentrationerna stiger till toxiska nivåer ($>20 \mu\text{g/g}$) är blyhalten oftast betydligt högre i levern än i njuren.

Inte bara i Sverige

Akut blyförgiftning till följd av att örnarna fått i sig ammunitionsrester har rapporterats från flera andra länder och är nu ett välkänt problem för örnar och andra rovfåglar på många håll i världen. Även i Sverige har denna typ av förgiftningar hos örnar varit känd länge. Men bristande kunskap om problemets omfattning kan vara en orsak till att den utfasning av bly i

ammunition som planerats och varit på väg under senare år hittills inte har blivit av. Att det nu är visat att blyförgiftning är en betydande dödsorsak bland havsörnar i Sverige innebär att det sannolikt är ett problem även hos andra fågelarter och däggdjur som på liknande sätt utnyttjar skjutet vilt som föda. **S**

LÄSTIPS

Helander, B., Axelsson, J., Borg, H., Holm, K. & Bignert, A. 2009. *Ingestion of lead from ammunition and lead concentrations in white-tailed sea eagles (*Haliaeetus albicilla*) in Sweden*. Sci. Total Environ. 407:5555–5563.

Lind, Y., Bignert, A. & Odsjö, T. 2006. *Decreasing lead levels in Swedish biota revealed by 36 years (1969–2004) of environmental monitoring*. J. Environ. Monitor. 8:824–834.

Szefer, P. 1991. *Interphase and trophic relationships of metals in a southern Baltic ecosystem*. Sci. Total Environ. 101:201–215.

Oförändrat läge

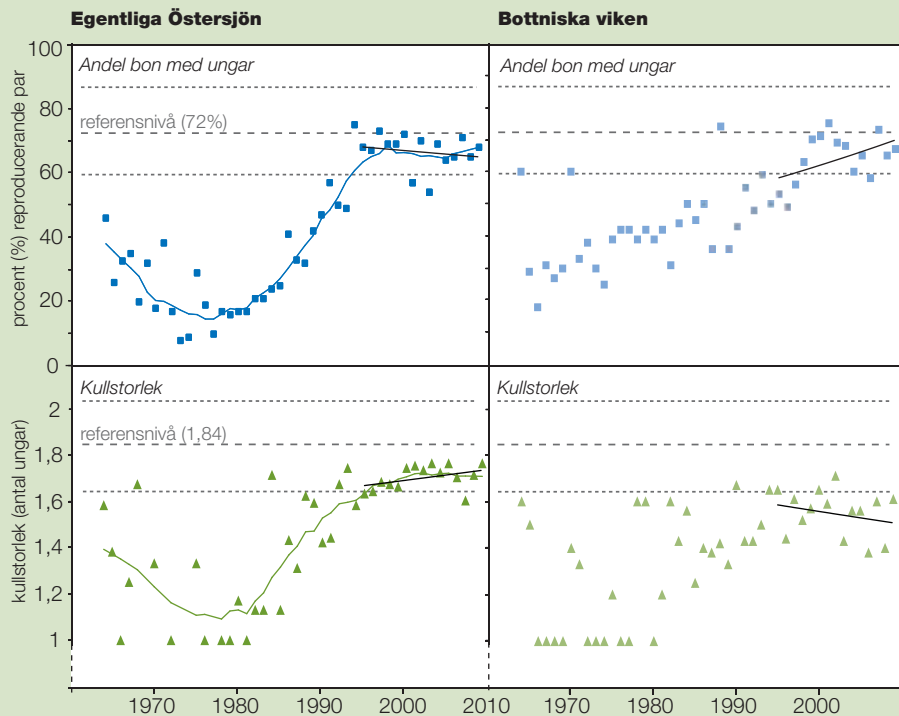
Reproduktionsutfallet 2009 för havsörnarna vid Östersjökusten var förhållandevis jämnt. Andelen reproducerande par låg på samma nivå i Egentliga Östersjön och i Bottniska viken. Antalet ungar per kull var lägre i Bottniska viken, men skillnaden var något mindre än den varit i genomsnitt tidigare under 2000-talet.

I figurerna visas regressionslinjerna för utvecklingen under de senaste 15 åren. Efter den förbättring av reproduktionsförmågan som började visa sig efter 1980 har både andelen häckningsförsök som resulterar i ungar och antalet ungar per lyckad häckning stabiliserats. Andelen lyckade häckningar har landat väl inom konfidensintervallet för den uppskattade referensnivån från före 1950-talet. Detta gäller också för kullstorlekarna i Egentliga Östersjön, medan kullstorlekarna hos havsörnarna i Bottniska viken ligger tydligt under referensnivån.

Sämre i södra Bottenhavet

Skillnader i kullstorlek kan ha naturliga orsaker, men här kopplar skillnaden till en tydligt högre andel döda ägg i bon som innehåller ungar i Bottniska viken. En uppdatering av de beräkningar som gjorts tidigare visar att andelen bon under perioden 2000–2009 som innehöll både ungar och döda ägg var 2,9 procent i Egentliga Östersjön (av 932 kullar) och 3,7 procent i Bottenviken och norra Bottenhavet (353 kullar) mot hela 19,4 procent i södra Bottenhavet (108 kullar).

HAVSÖRNENS HÄCKNINGSRAMGÅNG



HAVSÖRNSBESTÄNDET I SVERIGE 2009

	Undersökta bon	Lyckade häckningar	Ungar per kull	Ungar per par
Östersjökusten	299	68 %	1,71	1,10
Referensnivåer		72 %	1,8	1,3
Egentliga Östersjön	202	68 %	1,76	1,13
Götaland	108	65 %	1,72	1,07
Svealand	94	72 %	1,80	1,19
Bottniska Viken	97	67 %	1,61	1,03
Bottenhavet	68	66 %	1,63	1,03
Bottenviken	29	69 %	1,59	1,03
Inlandet i söder (Syd- & mellansverige)	108	78 %	1,65	1,26
Götaland	38	76 %	1,68	1,21
Svealand & södra Norrland	70	80 %	1,64	1,29
Inlandet i norr (Lappland & Norrbotten)	68	56 %	1,26	0,70

Nya miljögifter

Undersökningar pågår av om den betydligt högre andelen kullar som innehåller döda ägg i de södra delarna av Bottniska viken kan kopplas till "nya" miljögifter i äggen. Vi ser inga skillnader i belastningar i äggen med DDE (DDT), PCB eller PBDE (brome-

rade flamskyddsmedel). Undersökningar pågår nu av förekomst av dioxiner och plana PCB-er i de insamlade döda äggen. Av stort intresse vore också att undersöka förekomst av perfluorerade alkylsubstanser (PEFAS).



Foto Björn Helander

Gråsälen som indikator

BRITT-MARIE BÄCKLIN, CHARLOTTA MORAEUS, ANNA ROOS & ANDERS BERGMAN, NATURHISTORISKA RIKSMUSEET

Att undersöka gråsäl är ett sätt att tidigt kunna upptäcka förändringar i Östersjöns ekosystem och i förekomsten av miljögifter. Gråsälens hälsoutveckling de senaste hundra åren visar hur komplex bilden av miljötillståndet är. På Naturhistoriska riksmuseet finns ett unikt sälmaterial. Över 40 år av sälhistoria finns lagrad i museets miljöprovbanks och nästan 200 år i museets bensamling.

■ Eftersom sälen befinner sig högt upp i näringskedjan ackumulerar den svårnedbrytbara miljögifter. Detta faktum blev uppenbart på 1970- och 80-talet då man upptäckte en hel rad sjukliga organförändringar hos gråsäl och vikare i Östersjön, samtidigt som populationerna minskade. De skador man såg hos sälarna var ofta allvarliga och drabbade främst vuxna djur. Framförallt påvisades sammanväxningar och förträngningar i livmoderhornen, ofta med sterilitet som följd. Hos gråsälen upptäcktes dessutom flera andra hälsoproblem i form av livmodertumörer, skador i hud, klor, blodkärl, binjuror, käkben, tarmar och njurar. Denna sjukdomsbild med grava organförändringar har inte rapporterats från sälpopulationer utanför Östersjön.

En del av dessa organskador har minskat sedan mitten av 1980-talet. Det gäller framför allt sammanväxningar och förträngningar i livmodern hos gråsäl. I slutet på 1980-talet började antalet gråsäl samtidigt att öka i Östersjön. Under perioden 1977-1986 förekom livmoderskador hos 42 procent av de undersökta honorna. Under nästa tioårsperiod sjönk siffran till 9 procent. Efter 1993 har denna typ av skador i livmodern inte observerats hos



Foto: Anna Roos

gråsäl i svenska vatten, men fortfarande kan det förekomma enstaka gamla honor med livmodertumörer.

Arkiv med miljöhistoria

Till Naturhistoriska riksmuseet kommer årligen 50–100 sälar som fastnat och drunknat i fiskeredskap, samt ett mindre antal som hittats döda på stränder. Under den årliga avlysningsjakten på gråsäl, som startade år 2001, skickar jägare in nedfrysta inre organ och uppgifter om sälarna. År 2001-2009 kom det in material från 683 skjutna gråsäl.

Samtliga sälar och tillgängliga organ undersöks och journalförs. Därefter tas prover för mikroskopiska undersökningar. Vid misstanke om infektion tas prover för

att undersöka bakterier, virus och parasiter. För att ta reda på vad sälen ätit tas prover från mage, tarm och späcklager. Organprover för miljögiftsundersökning sparas och förvaras djupfrysta i museets miljöprovbanks. De äldsta, frysta gråsälproverna i miljöprovbanken är från slutet av 1960-talet. Benvävnad för museets bensamling omhändertas och prepareras. Den äldsta skallen från gråsäl i museets bensamling är från 1830-talet. Genom att räkna årsringarna i ett tandsnitt gör man åldersbestämning av sälarna.

Kunskap avslöjar förändringar

Sedan 1970-talet har vi undersökt gråsälens hälsotillstånd med hjälp av obduktioner. Då var halterna av PCB och DDT i Öster-

Överkäke från en 12-årig gråsälshona insamlad 1993 visar inte på någon observerad benförlust.



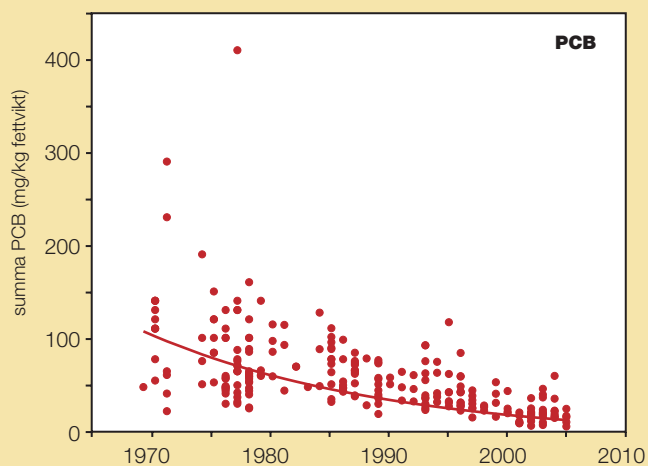
Överkäke från en 28-årig gråsälshona insamlad 1986 visar däremot en kraftig benförlust och förlust av tänder. Där tänder saknas har alveolerna överbyggts av spongiöst ben. Kraftig benförlust ses även runt kvarvarande tänder.



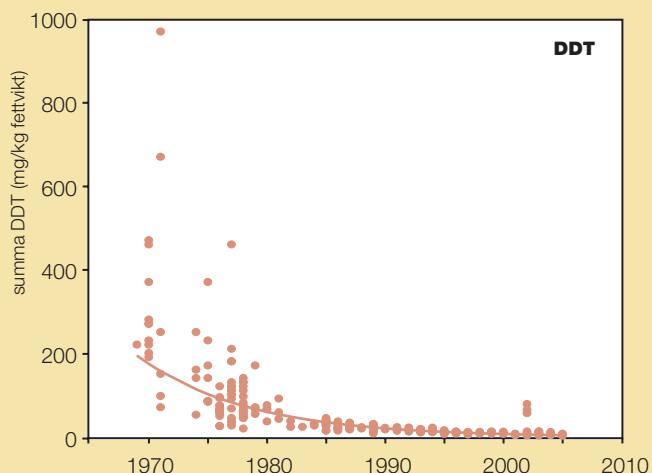
Naturhistoriska riksmuseets bensamling är mycket värdefull för studier eftersom den omfattar material även från tiden före tillverkning och introduktion av miljögifter i miljön.

Foto: Charlotta Moraeus

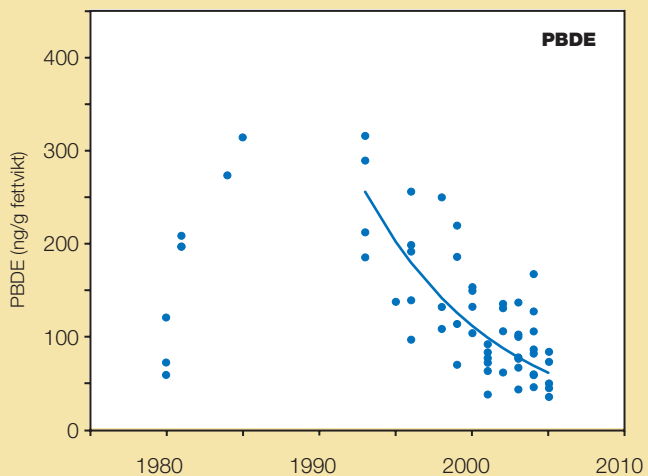
MILJÖGIFTER I GRÄSÄL



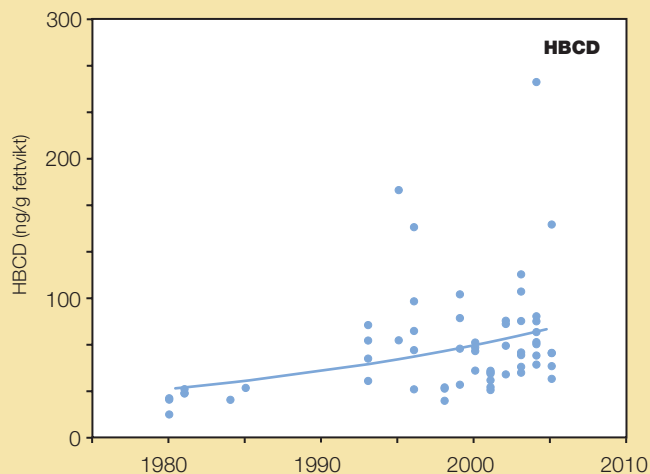
➤ Summa PCB i unga gräsäl mellan 1968–2005. Halterna minskar med knappt 5 procent årligen.



➤ Summa DDT i unga gräsäl mellan 1968–2005. Halterna minskar med ungefär 11 procent årligen.



➤ PBDE (bromerade flamskyddsmedel) i unga gräsäl mellan 1980–2005. Halterna ökar under 1980-talet och minskar därefter.



➤ HBCD (bromerat flamskyddsmedel) i unga gräsäl mellan 1980–2005. Halterna ökar med 3–4 procent årligen.

sjöns biota högre än idag. Hälsostillståndet har till viss del förbättrats sedan dess, i takt med att halterna av PCB och DDT i miljön har minskat. Undersökningarna på det stora materialet av ben och skelett har gjort att både försämringen av benstatus under perioden 1960-1985 och förbättringen under senare år kunnat följas.

Den kunskap vi byggt upp genom åren gör det möjligt att upptäcka framtida störningar när det gäller såväl miljögifter som förändringar i ekosystemet. Undersökningsfynd under senare år som kan tyda på förändringar i ekosystemet är till exempel minskad späcktocklek och ökad förekomst av parasitrelaterade skador. Dessa fynd kan ge viktiga ledtrådar till fiskforskare och andra som vill studera havets ekosystem ur olika aspekter.

Halter av olika miljögifter mäts inte

rutinmässigt i Östersjöns sälar. Några tids-serier avseende miljögifter i gräsälar finns dock på Naturhistoriska riksmuseet. Förutom en tidsserie på PCB och DDT i unga gräsälar så har halter av flamskyddsmedel analyserats under senare tid.

Miljögifter fortfarande ett problem

Hos unga gräsälar har summa PCB (summan av de vanligaste kongenerna i PCB) och summa DDT (summan av ursprungsprodukten DDT och nedbrytningsprodukten DDE) analyserats mellan 1974 och 2004. Både sPCB och sDDT uppvisade en statistiskt signifikant minskning under denna period. DDT hos Östersjöns gräsälar minskade i ungefär samma takt som hos strömming medan PCB minskade mycket långsammare.

Individuella halter av sDDT i fett från

späcklagret hos unga gräsälar varierade från 2,3 till 460 mg/kg fettvikt och sPCB från 6 till 410 mg/kg fettvikt. Utfodringsförsök på mink har visat att PCB-koncentrationer vid 12 mg/kg fett orsakat reproduktionsproblem hos detta djur. Av de analyserade gräsälarna hade 14 av 19 djur halter över 12 mg/kg fettvikt under 2000-talet. Detta signalerar att situationen fortfarande är allvarlig.

Halterna av bromerade flamskyddsmedel av typ PBDE ökade hos de unga gräsälarna i början av 1980-talet och minskade under och efter 1990-talet, ett mönster som också noterats i strömming och sillgrissleägg. Halterna av en annan typ av bromerat flamskyddsmedel, HBCD, ökade mellan 1980 och 2005, och var i slutet av undersökningsperioden sex gånger högre än i början av 1980-talet. År 2004 infördes ett förbud inom EU mot användning av en miljöfarlig blandning av PBDE:er. HBCD tillverkas inte i Sverige men kommer via import av produkter som innehåller ämnet.

Det finns en koppling mellan PCB och gräsälens livmoderskador och troligen även en koppling till iakttagna bensskador, eftersom förekomsten följer halterna. Djurförsök med PCB har visat att både reproduktion och benvävnad påverkas.

Samarbete över gränserna

Det är viktigt att öka samarbetet mellan östersjöländerna för att sammanställa resultat och öka mängden data från olika delar av Östersjön.

Med hjälp av medel från Nordiska Ministerrådet hölls en workshop år 2009 i Polen, dit salforskare från samtliga länder runt Östersjön inbjödits. Målet var att harmonisera hälsorelaterade data på säl. Ett gemensamt obduktionsprotokoll utarbetades och ett nätverk bildades med syfte att öka utbytet av kunskap. Östersjöländernas såldata kommer att redovisas årligen på Helsingforskommissionens hemsida (www.helcom.fi) som ett indikator-faktablad för varje sälart. Även ett globalt samarbete är nödvändigt, för att kunna jämföra förekomst av sjukliga förändringar och miljögiftshalter hos olika gräsälspopulationer världen över. Ett samarbete har därför inletts med forskare i Kanada, Storbritannien, Island och Norge. **S**

FAKTA

Skador hos gräsäl

- Skador i *skallben* hos gräsäl karakteriseras av benvävnadsförlust runt tänder, vilket med tiden leder till bortfall av tänder och, i allvariga fall, med angrepp på och destruktion av käkben. Frekvensen av tandbens- och käkbensskador hos gräsälar var mycket hög under perioden 1960-1985 jämfört med perioden före 1950. Efter 1986 och fram till 2009 har lägsta ålder för skadornas uppträdande ökat hos gräsälshonor.
- *Hudförändringar* i form av tunn hud och vidgade hårsäckar har inte noterats sedan 1983.
- *Blodkärslsskador* i form av arterioskleros (åderförfettnings), vanligen i bakre delen av aorta (stora kroppspulsådern) och dess förgreningar, liksom binjurebarksförtjockning var och är fortfarande år 2009 vanliga hos gräsälar som är äldre än 15 år.
- Mikroskopiska *njurskador*, som påvisats tidigare, har inte undersökts efter 1996. Ett stort material från njurar och andra organ har dock tillvaratagits för mikroskopisk undersökning.
- Svåra *kloskador* förekommer fortfarande hos enstaka gräsälar.
- Förekomsten av *tarmsår* ökade till skillnad från många andra sjukliga förändringar signifikant i mitten på 1980-talet. Denna ökning observerades framför allt hos gräsälar i åldersgruppen 1-3 år. Ungefär 10 år senare observerades ökningen även hos äldre sälar. Förekomsten av tarmsår har dock inte ökat i frekvens under senare år men är fortfarande högre än i slutet av 1970-talet och början av 1980-talet (se avsnittet om årlig miljöövervakning av sähälsa).
- *Inflammation i gallgångar och lever* orsakad av leverflundreinfection förekom endast hos enstaka gräsälar före år 2007. Detta år visade det sig dock att 7 procent (7 av 105) av de undersökta gräsälarna var drabbade av denna parasit. År 2008 ökade förekomsten av gallgångs- och leverskadorna signifikant till 24 procent (34 av 140). En trolig mellanvärd för denna parasit är karpfiskar som till exempel mört.
- *Minskad späcktocklek* har också observerats hos gräsäl under senare tid (se Havet 2009 och avsnittet om årlig miljöövervakning av sähälsa efter denna artikel). Något samband mellan tunt späcklager och tarmsår eller leverparasiter har inte kunnat påvisas.

Tre sälarter övervakas

Gråsäl, knubbsäl och vikare har inventerats i Sverige sedan mitten av 1970-talet, och ingår numera i den marina miljöövervakningen. Under denna period har arternas situation förbättrats avsevärt. Från att ha varit akut hotade under 1970-talet är de nu en allt vanligare syn i våra skärgårdar. Det låga antalet under de sämsta åren berodde på en kraftigt nedsatt reproduktion orsa-

kad av miljögifter hos de sälar som klarat sig undan den årliga jakten som intensifierades i början av 1900-talet.

Bestånden tillväxer långsammare

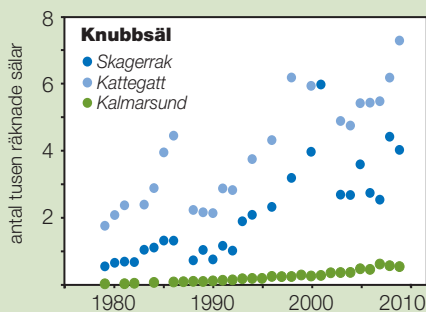
Inventeringarna utförs under de olika arternas respektive pälsbytes-period, då merparten av djuren befinner sig på land eller på isen. Inventeringarna visar att sälbestånden tillväxt under de senaste

decennierna, men att takten har avstannat betydligt och skiljer sig mellan arterna.

Hälsoproblemen kvarstår

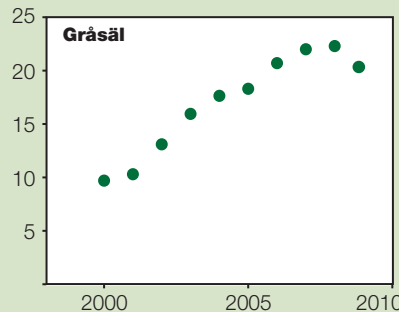
Även om sälarnas hälsa förbättrats avsevärt sedan 1970-talet, finns det fortfarande skador och förändringar som drabbar dem. De vanligaste är tarmsår och minskad späcktjocklek. Tarmsår har i stort sett bara observeras hos gråsäl från Östersjön.

POPULATIONsutveckling



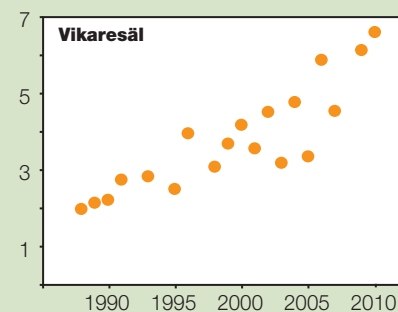
➤ Bestånden i Västerhavet som inkluderar Danmark och Oslofjorden tillväxer i normal takt om 12 procent per år. Massdöd i sälpest slog ut halva bestånden 1988 och 2002. Under 2006 dog många knubbsäl i en ännu oidentifierad sjukdom.

Den genetiskt isolerade populationen i Kalmarsund har ökat med 9 procent per år sedan mitten av 1970-talet. Dessa sälar är en liten överlevande spillra från ett bestånd som invandrade efter istiden för 8000 år sedan.



➤ Sedan år 2000 är inventeringarna samordnade i hela Östersjöområdet och grafen omfattar därför det totala antalet gråsäl räknade i Östersjön 2000-2009 i Sverige, Finland, Ryssland och Estland.

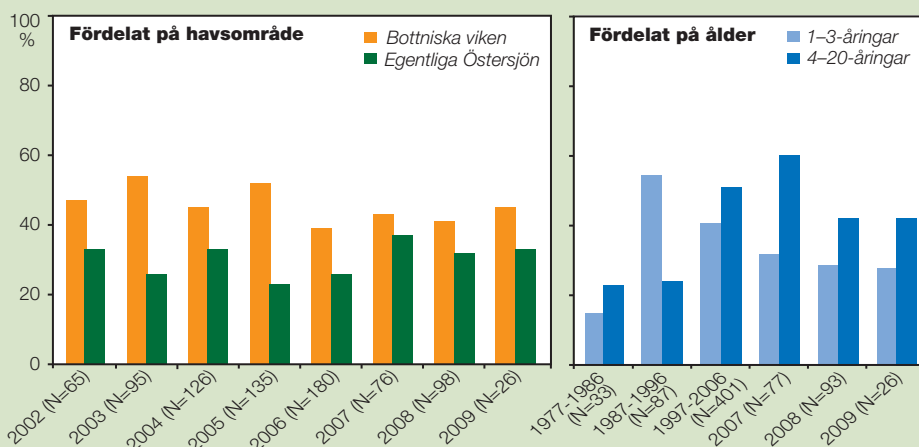
Under 1990- och inledningen av 2000-talet ökade antalet gråsäl med cirka 7-8 procent årligen, men de senaste årens relativt blygsamma räkningsresultat antyder sannolikt att tillväxten minskat betydligt.



➤ För vikarebeståndet i Bottniska viken är tillväxttakten endast 4,5 procent per år. Det är avsevärt lägre än den maximala tillväxten runt 10 procent. Detta tyder på kvardröjande problem med dålig fruktsamhet eller en mycket hög kutdödlighet.

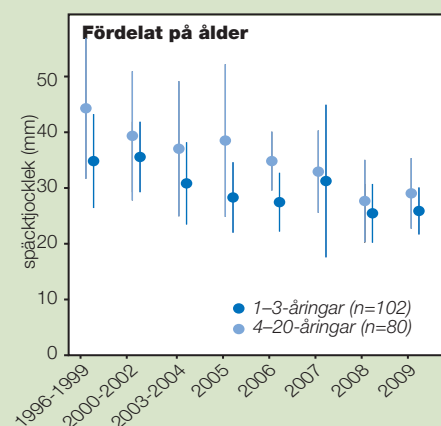
Problemen för vikaresälarna är trots allt mindre i Bottenviken än för populationerna i Finska viken och Rigabukten, dessa bestånd tillväxer inte alls.

TARMSÅR HOS BIFÅNGADE GRÅSÄLAR



➤ Ökningen av tarmsår observerades först hos unga gråsäl och senare hos de äldre vilket indikerar att ökningen startade hos gråsäl som föddes från och med mitten på 1980-talet. Förekomsten är högst i Bottniska viken och framför allt i Bottenhavet. I figuren som redovisar tarmsår fördelat på havsområde är alla gråsäl 0-40 år inräknade.

SPÄCKTJOCKLEK



➤ De senaste tio åren har medelspäcktjockleken hos bifångade gråsäl minskat signifikant. Späcktjockleken har mätts under hösten, då det borde vara som tjockast.

A full-page photograph of a person swimming in the ocean. The person is in the lower-left foreground, with their legs and arms visible above the water. The water is a deep blue with gentle ripples. In the distance, a small, low-lying island with some vegetation is visible on the horizon. The sky is a pale blue with a few wispy clouds. The overall mood is serene and natural.

ATT FÖRVALTA HAVSMILJÖN

Vart tar alla data vägen?
Kosterhavets nationalpark
Miljöövervakning från rymden

Vart tar alla data vägen?

TOVE LUNDEBERG & SVERKER EVANS, NATURVÅRDSVERKET



Den svenska marina miljöövervakningen ger upphov till mängder av data. Dessa hanteras och presenteras på flera olika sätt. Dels i större utvärderande rapporter som HAVET, men också i form av enklare indikatorfaktablad. Resultaten redovisas på varierande geografiska skalor, antingen på nationell nivå, på havsområdesnivå eller på europeisk nivå.

■ Den marina miljöövervakningens övergripande syfte är att ta fram resultat som ska ligga till grund för havsplanering och annan miljöpolitik. Detta syfte är betydelsefullt för lokala, regionala och nationella myndigheter inom Sverige såväl som för EU och de internationella marina konventionerna för Östersjön (Helcom) och Nordostatlanten (Ospar). Även globala utvärderingar av tillståndet i den marina miljön behöver våra svenska data. Utformningen av Naturvårdsverkets nationella marina miljöövervakning är därmed inte enbart till för att kunna följa upp de svenska nationella miljömålen för havsmiljön eller för att ge en storskalig bild av miljötillståndet i svenska vatten. Exempel på specifika områden där den nationella miljöövervakningen fyller viktiga internationella behov är:

- *EU:s vattendirektiv*: God ekologisk status i kustvatten och övergångsvatten.
- *EU:s marina direktiv*: God miljöstatus i kustvatten och öppet hav.
- *EU:s habitatdirektiv*: Bevarandeplaner och bevarandestatus för skyddade områden samt för naturtyper och arter i kustvatten och öppet hav.
- *Helcom och Oskar*: Tidsserieövervakning för uppföljning av miljötillstånd och miljömål i Östersjön och Nordsjön.

För att resultaten ska kunna utvärderas på dessa olika geografiska skalor, samordnas provtagningsmetodik, mätfrekvens och val av provtagningsplatser både inom Sverige och med andra länder.

Större utvärderingar ger helhetssyn

Resultaten från miljöövervakningen ger underlag för fördjupade analyser av långsiktiga trender. De gör det också möjligt att utvärdera effekterna av de åtgärder som tillämpas regionalt, nationellt och internationellt, för att komma tillrätta med viktiga miljöproblem. Sådana utvärderingar innebär en stor och tidskrävande arbetsinsats med många personer inblandade, men är också mycket användbara. De ger inte bara en övergripande bild av miljötillstånd och påverkan, utan också av drivkrafterna till miljöutvecklingen i havet, samt samhällsekonomiska analyser och förslag till åtgärder.

På det internationella planet tar de marina miljökonventionerna Oskar och Helcom fram rapporter över tillståndet i våra omgivande havsområden med mellan fem till tio års mellanrum. Rapporterna utgör beslutsunderlag för gemensamma insatser under de följande åren. Båda konventionerna har producerat sådana rapporter under 2010. Som underlag till dessa övergripande tillståndsrapporter utarbetas också ofta rapporter med ett särskilt tema, exempelvis övergödning eller biologisk mångfald.

På liknande sätt arbetar den europeiska miljöbyrån, EEA, som ger ut en övergripande rapport om miljötillståndet i Europa vart femte år. 2010 publiceras "Miljön i Europa – tillstånd och utblick", om tillståndet i miljön i EEA:s 32 medlemsländer tillsammans med en utblick mot framtiden och Europas inverkan på den övriga världen.

I Sverige publiceras rapporten HAVET varje år. Den redovisar tillståndet hos våra svenska havsområden så väl som de mest angelägna miljöproblemen. Rapporten baseras på den senast tillgängliga informationen från den nationella miljöövervakningen och innehåller både fördjupningar och en sammanfattning som redovisar skillnaderna mellan våra olika havsområden och konsekvenserna för de nationella miljömålen som rör havet.

Faktablad redovisar färska resultat

För att lyfta fram tolkad information från specifika delar av övervakningsprogrammen används ofta standardiserade faktablad baserade på utvalda dataserier. Dessa uppdateras i de flesta fall årligen. Jämförelser med uppsatta miljömål eller bedömningar baserade på bedömningsgrunder görs där detta är möjligt. Faktabladen produceras dels för uppföljning av miljömålen, dels i form av officiell statistik.

Indikatorerna för uppföljning av miljömålen omfattar både nationell och regional uppföljning där de miljömålsansvariga myndigheterna svarar för innehållet. Länsstyrelsernas samordningsorgan RUS, Regionalt uppföljningssystem, samordnar länsstyrelsernas miljömålsuppföljning. Länsstyrelserna ska under 2010 få möjlighet att presentera sina egna specifika indikatorer på Miljömålsportalen.

Naturvårdsverket har ansvaret för den svenska officiella statistiken inom området miljö, som bland annat omfattar miljötillståndet i havet. Exempel på marina övervakningsdata som används för detta är koncentrationer av bly och kadmium i fisk, dioxin och PFOS i sillgrissleägg och beståndsutveckling och hälsotillstånd hos gråsäl. Dessutom redovisas bestånds- och hälsoövervakning av fisk i årliga faktablad.

Våra svenska data rapporteras också vidare internationellt för att ingå i Östersjö- och Europagemensamma faktablad som publiceras av Helcom och av EEA.

Marina direktivet införs

Just nu pågår en process för att införa det marina direktivet i Sverige. För att bedöma om våra marina områden uppfyller god miljöstatus, och för att mäta effekter av olika åtgärder, ska miljötillståndet bedömas utifrån ett antal kriterier eller deskriptorer (se faktaruta). I varje marin region ska länderna gemensamt komma överens om

FAKTA

Deskriptorer – marina direktivet. Förhållanden som kännetecknar god miljöstatus.

1. Biologisk mångfald bevaras.
2. Främmande arter förändrar inte ekosystemen negativt.
3. Kommersiellt nyttjande tillåter att bestånd av fisk och skaldjur befinner sig inom säkra biologiska gränser.
4. Alla delar av de marina näringsvävorna förekommer i normal omfattning och deras reproduktiva kapacitet är intakt.
5. Eutrofieringens negativa effekter är reducerade till ett minimum.
6. Havsbottens egenskaper påverkas inte negativt.
7. Mänskliga förändringar av de hydrografiska villkoren påverkar inte ekosystemen negativt.
8. Koncentrationerna av främmande ämnen håller sig på nivåer som inte ger upphov till förorenings effekter.
9. Främmande ämnen i fisk och skaldjur avsedda som livsmedel överskrider inte fastställda nivåer.
10. Marint avfall orsakar inga skador på den marina miljön.
11. Tillförsel av energi inklusive buller ligger på nivåer som inte påverkar den marina miljön negativt.

Indikatorer deskriptor 5:

Indikatorklass	Indikator
Fysisk – kemiska	Tillförsel av näringsämnen
	Koncentrationer av näringsämnen
	Kvoter av näringsämnen (Si:N:P)
	Siktdjup
	Syrgashalt
Biologiska	Klorofyll
	Opportunistiska makroalger
	Växtplanktons sammansättning
	Perenna makrofiter



Foto: Yashin i online/Stockholm

vilka specifika indikatorer som bäst beskriver tillståndet för respektive deskriptor, och besluta vilka gränsvärden som ska gälla för god miljöstatus för respektive indikator. Indikatorerna med sina gränsvärden kommer därmed att fungera som bedömningsgrunder för respektive region.

Användbara grunddata

Genom att grunddata från övervakningen finns tillgängliga hos Naturvårdsverkets nationella datavärddar kan en användare med särskilda önskemål hämta hem dataserierna och bearbeta dem enligt sina egna behov och önskemål. Exempelvis har den marina forskningen användning av långa sammanhängande tidsserier av mätvariabler för att verifiera hypoteser och studier av ekosystemets olika funktioner.

Adaptiv övervakning krävs

Nya hot dyker också upp vid horisonten. Den pågående klimatförändringen skapar nya utmaningar för att följa upp och förstå de komplexa fysiska, kemiska och biologiska orsakssamband som följer av förändrade temperatur- och salthaltsförhållanden. Det gäller också de ökande koldioxidhalterna i

atmosfären som orsakar en minskad alkalinitet hos havsvattnet. De långa ledtiderna mellan påverkan och effekter i havsekosystemen kräver långa och stabila tidsserier. En balans måste finnas mellan att behålla dessa långa tidsserier och att förändra dess innehåll och omfattning för att kunna fånga upp nya hotbilder. **S**

LÄSTIPS

Större utvärderingar:

HELCOM: http://www.helcom.fi/publications/en_GB/publications/

OSPAR: <http://qsr2010.ospar.org>

EEA: <http://www.eea.europa.eu/publications>

Indikatorfaktablad:

Svensk miljömålsuppföljning:
<http://www.miljomal.se/>

Svensk officiell statistik: <http://www.naturvardsverket.se/sv/Tillstandet-i-miljon/Officiell-statistik/Statistik-efter-amne/>

Svenska kustfiskdata: <https://www.fiskeriverket.se/vanstermeny/statistikochdatabaser>

HELCOM: http://www.helcom.fi/BSAP_assessment/ifs/en_GB/cover/

EEA: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps>

Kosterhavets nationalpark – nya förvaltningsformer för havet

ANDREA MORF, GÖTEBORGS UNIVERSITET

Kosterhavet är Sveriges första marina nationalpark och på väg att bli ett pilotexempel för nya förvaltningsformer av havet. Vägen till nationalpark har varit både lång och krokig. Sektoriell toppstyrning har fått ge vika för en mera underifrån- och ekosystembaserad förvaltning som integrerar ekologisk hållbarhet med landsbygdsutveckling. En omfattande dialog med lokala aktörer har lett till samarbete och en gemensam syn på utvecklingen, vilket varit avgörande för parkens tillkomst. Men detta är bara början...

■ Miljöproblemen i havet är komplexa och svåra att avgränsa. Både resurser och deras användare är rörliga. Vi kan inte längre bortse från att natur och samhälle hänger intimt ihop. Därför talas det allt oftare

om behovet av ett ekosystemperspektiv i havsförvaltningen. Sveriges miljömål Hav i balans samt levande kust och skärgård kräver ett utökat skydd av kust- och skärgårdsmiljöer. För att skyddet ska bli hållbart på sikt måste miljö- och samhällsaspekter integreras med varandra.

Bildandet av Kosterhavets nationalpark i Strömstads och Tanums kommuner kan bli ett exempel på hur ett integrativt samhälls- och ekosystemtänkande kan utvecklas i praktiken. Att aktivt involvera dem som bor och arbetar på platsen har varit viktigt i processen. På detta sätt har lokal kunskap nått myndigheterna, och problemlösningar blivit anpassade till de lokala förhållandena. Ett annat viktigt karaktärsdrag är att man har kopplat lokala näringslivsutvecklingsfrågor till bevarande och inte hållit isär dem. Efter år av

motgångar och protester har man samlats kring insikten att ett skyddsvärt område som Kosterhavet kan vårdas även genom att nyttjas, bara man gör det på ett långsiktigt hållbart sätt och utvecklar och utvärderar skötseln i samverkan.

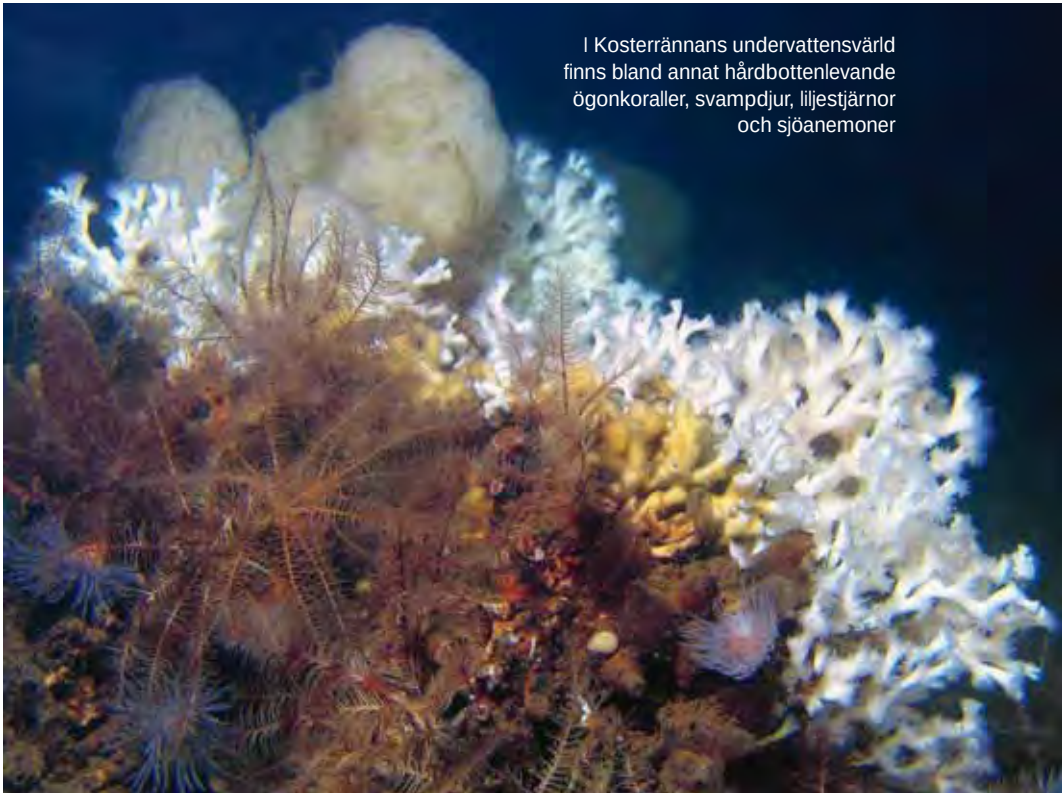
En unik plats...

Kosteröarna och skärgården däromkring är ett attraktivt landskap, både för boende och för rekreation. Havets säregna drag är en djupränna med kallt, saltrikt Nordsjövatten, som går mellan Koster och fastlandet. Kosterfjorden möjliggör en artrikedom unik för svenska vatten, med över 6000 arter. På djupet finns sällsynta svamparter och kallvattenkoraller, och på skären finns gott om säl och sjöfågel. Sedan 60-talet har området närstuderats av forskare och studenter på den marinbiologiska



Stor piprensare (*Funiculina quadrangularis*) – en art som har påverkats negativt av trålfisket.

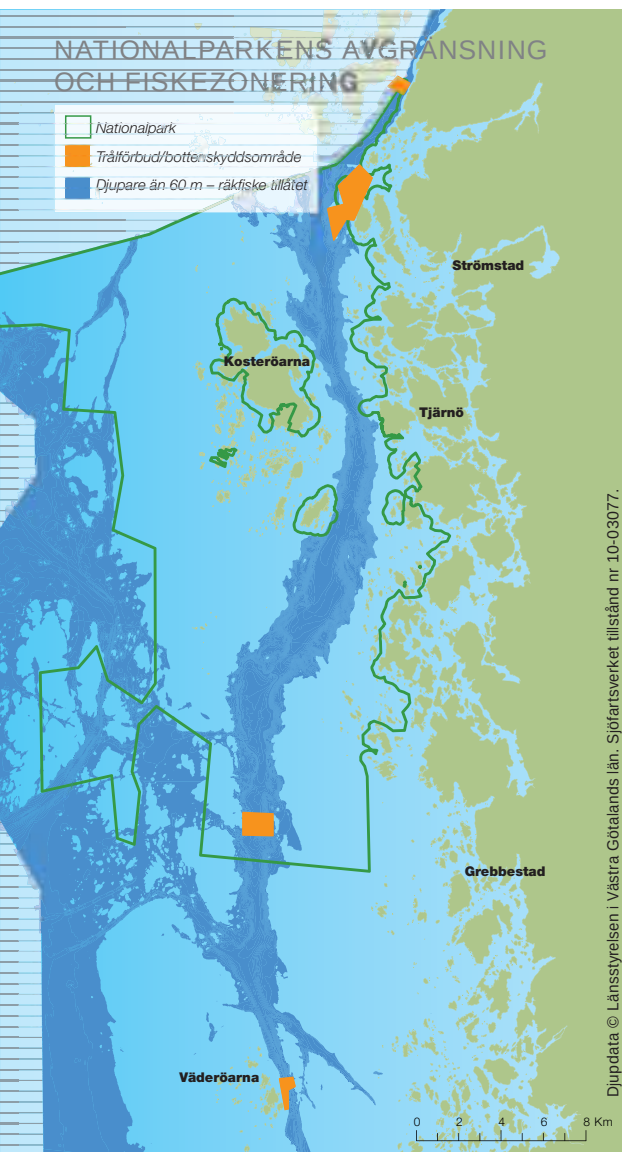
Foto: Tomas Lundälv (båda).



I Kosterrännans undervattensvärld finns bland annat hårbottenlevande ögonkoraller, svampdjur, liljestjärnor och sjöanemoner

NATIONALPARKENS AVGRÄNSNING
OCH FISKEZONERING

- Nationalpark
- Trälförbud/bottenskyddsområde
- Djupare än 60 m – räkfiske tillåtet



FAKTA

Kosterhavets nationalpark

Areal: 38 900 hektar (varav havet är drygt 38 000 hektar)

Nationalpark innebär ett kraftfullt skydd för värdefull natur som skapar mycket uppmärksamhet. En nationalpark ska vara ett stort naturskönt eller unikt område som representerar en svensk landskapstyp. Den måste ligga på statligt ägd mark som därtill behöver köpas. Regeringen beslutar om syfte och avgränsning, efter medgivande av riksdagen. Naturvårdsverket beslutar om föreskrifter och skötselplaner. Länsstyrelsens naturvårdsenhet har förvaltningsansvar.

Naturreservat är en mer flexibel skyddsform. Syftena kombinerar ofta bevarande av biologisk mångfald, värdefulla naturmiljöer och friluftslivets behov. Marken i reservaten behöver inte vara i statens ägo. I beslutet, som tas av länsstyrelsen eller kommunen, ingår de inskränkningar i rätten att använda marken som behövs för att uppnå reservatets syften. Naturreservat finns på många håll i direkt anslutning till parken.

Nationalparkens förvaltning

Kosterhavets nationalpark och intilliggande naturreservat förvaltas av länsstyrelsen genom en delegation med lokal representation. Dessutom ska ett antal samrådsgrupper bildas för att åstadkomma en bred förankring. Arbetssättet ska utvärderas om några år.

Själva *Nationalparksförvaltningen* har det operativa ansvaret och är anställd av länsstyrelsen. Den består i dagsläget av tre personer.

Länsstyrelsen har delegerat ansvaret att förvalta nationalparken till *Kosterhavsdelegationen*. Denna består av representanter från länsstyrelsen (ordförande), kommunerna, lokala samhällsföreningar, Göteborgs universitet och yrkesfiskarna och kan adjungera ytterligare personer vid behov. Delegationen träffas minst 2 gånger per år. Viktiga uppgifter är att förvalta parken, naturreservaten och fastigheterna enligt föreskrifter och skötselplan, samt fördjupa kunskap och information om parken.

Ett antal tematiska *samrådsgrupper* ska bildas som kan ge input till nationalparksförvaltningen och delegationen.

För varje skyddsområde utvecklas specifika bindande *föreskrifter samt skötselplaner* som kan innehålla både begränsningar av bruket eller specifika åtgärder. I Kosterhavets fall samordnas skötselplanerna och skötseln mellan nationalpark och naturreservat.

Fisket regleras separat via Fiskeriverkets regelverk, men i samklang med parkens syften. Styrgruppen för Samförvaltningsinitiativ Norra Bohuslän, där myndigheter, lokalpolitiker och fiskare ingår, kommer att fungera som samrådsgrupp för fiske och vattenbruk åt Nationalparksförvaltningen och Kosterhavsdelegationen.

forskningsstationen på Tjärnö, idag Sven Lovén centrum för marina vetenskaper.

...som kämpar för sin överlevnad

Det finns ett lokalt yrkesfiske efter främst räka, kräfta och hummer. Fisket och relaterade näringar har betydelse som inkomstkällor, men utgör också en viktig del av områdets attraktionskraft. Som många andra kustsamhällen är Kosteröarna beroende av turism. Sommarens inkomster skapar förutsättningar för permanentboende, men innebär en sårbar ekonomi. Turismen behöver en vacker natur, men tar också på den. I juli mångdubblas befolkningen under några veckor, och ofta råder vattenbrist. Efterfrågan på fritidsboende och småbåtsplatser ökar. Markpriserna skjuter i höjden och permanentbostäder omvandlas till fritidshus, vilket medför att

samhället urholkas och servicen hotas.

Befolkningen jobbar för bygdens överlevnad genom många projekt och föreningar. Utveckling av skydd i samklang med hållbart nyttjande har blivit en överlevnadsfråga. Vill man balansera inkomst mot bevarande av ett attraktivt landskap och dess tillgångar finns många problem att lösa. Storsamhällets krav måste möta lokalsamhällets behov i en diskussion om den konkreta situationen.

Skydd eller nyttjande?

Det växande exploateringstrycket på 1970-talet gjorde att staten utpekade norra Bohuslän som riksintresse för natur- och landskapsskydd. Förslagen att bilda naturreservat på land accepterades inte eftersom de ansågs ta för lite hänsyn till permanentboende och lokal inkomst.

På Koster stod två läger mot varandra; på ena sidan representanter för den nygrundade samhällsföreningen och på andra sidan myndigheter och naturskyddsorganisationer. Efter smärre eftergifter vann naturreservaten laga kraft på 1980-talet, fortfarande mot befolkningens vilja. År 1989 föreslog Naturskyddsföreningen och Naturvårdsverket att en nationalpark skulle bildas i norra Bohuslän's kustvatten, något som då var otänkbart för både Kosterbor och fiskare.

Myndigheterna insåg att det behövdes åtgärder om inte Koster skulle dö ut, och finansierade en lokal utvecklingsprocess genom Koster's samhällsförening. Under flera vintrar träffades Kosterborna i studiecirklar där de sammanställde lokala tillgångar och utvecklingsidéer. Materialet blev del i en fördjupad översiktsplan för

En liten samling av den eftertraktade nordhavsråkan (*Pandalus borealis*). Den uppehåller sig gärna i utkanten av djuprännorna. Om det råder brist på mat vandrar råkan uppför väggarna och ibland vidare ut mot Nordsjön.



Foto: Tomas Lundälv.



Trållningen inom parken är noggrant reglerad. Dialogen som lett fram till överenskommelserna inom fisket har varit så framgångsrik att aktörer belönats med priser som Kungsfenan och Ånglamarkspriset.

Foto: Andrea Mori.

Kosteröarna 1995, men hoten mot samhället fanns kvar. Allt fler Kosterbor började se naturskyddet som möjlighet att avstyra turismens oönskade effekter och öka områdets attraktion för en mera kvalitetsorienterad rekreationsnäring.

Från konflikt till samförvaltning

På 1990-talet uppmärksammade forskare på Tjärnös fältstation kallvattenkorallrev och sällsynta arter som limamusslan på Kosterfjordens klippväggar och kosterpiprensaren på djupa mjukbottenar. Trålfisket ansågs vara ett hot mot dessa bottenlevande organismer. Forskare och naturvårdsmyndigheter föreslog därför 1997 en etablering av ett marint reservat. Detta mötte protester från fiskarna, som sedan början av 1900-talet trålat efter räka i området. Medieintresset fördjupade konflikten.

På initiativ av länsstyrelsen bildades 1999 en arbetsgrupp med representanter från bland annat kommunerna, fiskeorganisationer på olika nivåer samt fiske- och naturvårdsmyndigheter. Forskarna fick uppdraget att kartlägga Kosterfjorden, bland annat genom att filma förhållandena under vattnet. Stormiga diskussioner och förhandlingar ledde så småningom fram till Koster-Väderöfjordsöverenskommelsen. Denna innebar bland annat att fiskeförbud inrättades i sex områden och att en specialanpassad trål med sorteringsrist skulle användas.

Överenskommelsen blev även startskottet för en ny sorts kunskapsutbyte. Kosterhavets fiskare har gått en kurs i marinekologi och även hållit kurser för forskare och förvaltare om fisket i Koster-Väderöfjorden. År 2005-2006 deltog norra Bohusläns fiskare framgångsrikt i Fiskeriverkets Samförvaltningsinitiativ. Åren därefter utvecklade man inom Samförvaltningsinitiativet Norra Bohuslän en vision och en förvaltningsplan för fisket i norra Bohuslän, även med perspektiv på en eventuell nationalpark. Sedan 2008 har initiativet levt vidare i projektform, men man hoppas nu kunna permanenta det.

Marin nationalpark

År 2005 påbörjade länsstyrelsen och Naturvårdsverket ett formellt nationalparksprojekt i samarbete med Kosternämnden, ett folkvalt lokalt organ som funnits på Koster sedan år 2000. Under de följande åren var opinionen splittrad men svängde så småningom till att bli alltmer positiv. Det viktiga var att ta avstamp i ett hållbart nyttjande. Speciellt på Koster ansåg många att ett besökscentrum, naturum, var viktigt för den lokala utvecklingen. Kosternämnden genomförde en lokaliseringsstudie. Utformningen av centrumet bestämdes genom en arkitektävling.

Kommunerna fick vetorätt, vilket innebär att nationalparksplanerna hade stoppats om inte kommunerna visat intresse.

Speciellt Strömstads kommun blev mycket aktiv, bland annat genom fördjupad översiktsplanering. Ett stort antal blandade referens- och arbetsgrupper bildades, om än med låg representation av delårsbor och skärgårdsbor från fastlandssidan.

Naturvårdsverket beslutade att köpa marken som skulle ingå i parken bara på frivillig basis, vilket innebar att skyddsvärd mark därutöver skulle fortsätta skötas som naturreservat. Föreskrifterna och skötselplanerna för land och vatten utvecklades i referensgrupper, workshops och i samråd med allmänheten. Det breda deltagandet resulterade i 19 regler för områdets skötsel.

Vissa bitar saknas

Sveriges första marina nationalpark invigdes 090909 – tillsammans med norska systerparken Ytre Hvaler vars planering gick parallellt i slutfasen. Varken naturum eller någon av de planerade parkentréerna blev klara till invigningen. Naturumets placering och utseende överklagades av grannarna i området under detaljplaneringen. Ett nytt läge har arbetats fram, så att ett naturum för Kosterhavet kan bli klart till sommaren 2012. Även entréerna med informationstavlor är på gång, och två av dem ska bli klara till maj 2011, på Rossö och Tjärnö/Saltö. Nationalparksprocessen har inneburit ett antal bakslag och konflikter, men man har hittills lyckats ta sig igenom dessa och komma ett steg vidare.

Fruktsam förvaltning

Processen som ledde fram till Kosterhavets nationalpark visar på ett nytt sätt att planera och förvalta marina skyddsområden. Genom att låta utvecklingen utgå från den lokala kontexten har man kommit nära både ekosystemansatsens ideal och forskningsresultat om hållbara resursförvaltningssystem. Fortfarande saknas dock några delar, inte minst ett uppföljningsprogram för parken, för både ekologiska och samhälleliga aspekter. Ett ekologiskt sådant är dock under utveckling.

Överenskommelsen kring fisket i Kosterhavets nationalpark är ett bra exempel på hur man kan nå långt genom att uppmuntra lokala brukares deltagande. Det har under processens gång skapats dynamik och ett socialt kapital som bygger på förtroende och en gemensam kunskapsbas. Man har fått större respekt och förståelse för varandras kunskap och arbetssituation.

Engagemangets svårigheter

Myndigheterna har lämnat ett stort ansvar för förankringsprocessen till lokala orga-

nisationer och individer. Lokala krafter kan vara en tillgång i naturresursförvaltning, men måste hanteras varsamt. Eldsjälar lägger ner enormt mycket tid och personligt engagemang. Det är lätt hänt att den personliga trovärdigheten kopplas till uppfattningar i en sakfråga, eller att konflikter sopas under mattan för att man inte vill stöta sig med grannen man är beroende av. Vissa personer hanterar sådant utan problem, men för andra är det väldigt slitsamt. Om lokala krafter skall få ansvar för förankringsprocesser är det viktigt att det finns resurser för dialog och stöd för konstruktiv konflikthantering.

Syftet med deltagandet, vem som skall vara med och hur och varför, har inte alltid varit tydligt. Processen hade först mycket fokus på Koster, men utvidgades under slutfasen till skärgården och fastlandet i Strömstad och senare i Tanum. Många inblandade tycker att denna utvidgning skedde lite sent. Att mobilisera människor skapar förväntningar. Det blir lätt frustration vid misslyckanden eller om man kommer in när allt redan känns klart.

Kräver strategi, kunskap och tid

Att inkludera alla relevanta aktörer från lokal nivå ända upp till regering, och planera en social process på ett sätt som leder framåt, kräver en ny sorts specialistkompetens. Få tjänstemän inom Sveriges naturresursförvaltning är idag utbildade i att leda stora, breda processer och hantera konflikter. Många har lärt sig under vägen, men det finns fortfarande för lite systematisk kunskap och expertis. Med en tydlig strategi för deltagande och samverkan och en löpande utvärdering kan problem upptäckas tidigt och resurser satsas på ett effektivt sätt.

Hela processen att bilda nationalpark tog tre decennier. Attitydförändringar och lärande sker inte över en natt. Att skapa processer, bygga upp förtroende och nätverk mellan aktörerna, samt få idéer att spira och spridas, måste få ta sin tid.

Frågor inför framtiden

Det är en utmaning att utveckla ett hållbart nyttjande av havet. Framtiden får visa hur väl förvaltningsmodellen som testats i Kosterhavets nationalpark fungerar. Ett antal frågor väntar på svar. Vad innebär nyttjande i nationalparken? Hur följer man upp effekterna av turism, forskning eller fiske? När kommer det att bli ett naturrum? Kommer den förväntade ekonomiska utvecklingen? Kommer man att få med dem som fortfarande är kritiska mot nationalparken? Kan friluftslivet och sommarvästerna involveras bättre? Hur följer man upp deltagandearbetet? Kort sagt, kommer förtroendet och dialogen som skapats att leva och utvecklas vidare?

Detta är bara början. Medan processen fortgår lär sig alla delaktiga mer och mer om hur man driver integrativa förvaltningsprocesser och skapar konstruktiv delaktighet. **S**

FAKTA

Ekosystemansatsen

Begreppet ekosystembaserad förvaltning, eller ekosystemansatsen, finns idag i många politiska dokument och skapar diskussion bland forskare. Principerna som används för att beskriva ansatsen har utvecklats utifrån erfarenheter, normativa krav och forskningsresultat från olika fält. Även om det inte finns någon klar enighet kring definitionen, kan det viktigaste sammanfattas med hjälp av följande begrepp:

Ekosystemperspektivet utgår från att natur och samhälle hänger ihop, att det finns naturgivna gränser för samhällets nyttjande av ekosystemets tjänster, och att man behöver veta hur ekosystemet fungerar i sig och ihop med samhället för att skapa en anpassad förvaltning. Detta gäller både rumsliga och tidsmässiga skalor och hur förvaltning och skötselansvar länkas och avgränsas. Ekosystem som skyddas kan även få brukas – men på ett långsiktigt hållbart sätt, ofta med traditionella metoder eller nyutvecklad lokalanpassad teknik. Bruket integreras med skyddsperspektivet genom en samhällsekonomisk värdering och uppföljning av ekosystemtjänsterna.

Integration: Dagens miljöproblem kräver i växande utsträckning ett samarbete över gränser: mellan vatten och land, över vetenskapliga disciplingränser och mellan vetenskaplig och vardagskunskap, över förvaltningsnivåer och sektorer, mellan privata och offentliga aktörer, mellan olika typer av nyttjande och så vidare.

Adaptivitet: Vi vet ofta inte tillräckligt mycket om hur ekosystemen fungerar, så när vi vidtar åtgärder är det ett experiment. Förvaltningen behöver anpassa sig snabbt i förhållande till natur och samhälle ifall åtgärderna leder till förändring som går i fel riktning. Miljö- och samhällsförändringar behöver följas upp. Försiktighetsprincipen bör tillämpas och stora, oåterkalleliga förändringar undvikas.

Deltagande: Deltagande hos dem som berörs motiveras med att deltagande är en demokratisk rättighet och att resurstillgångarna skall vara rättvist fördelade. Men också för att värdefull kunskap finns hos användarna och för att det är lättare att genomföra beslut när de berörda känner sig delaktiga. Detta gäller under förvaltningscykelns alla faser – från problemanalys via planering till genomförande och utvärdering.

LÄSTIPS

Kosterhavets nationalparks hemsida:
<http://www.lansstyrelsen.se/vastragotaland/Projektwebbar/kosterhavet/>

Samförvaltningsinitiativet Norra Bohuslän:
<http://www.samforvaltningnorrabohuslan.se>

Författarens hemsida: <http://www.globalstudies.gu.se/kontakt/personal/morf/>

Projektbeskrivning: http://www.globalstudies.gu.se/digitalAssets/1318/1318860_koster.pdf

Miljöövervakning från rymden

SUSANNE KRATZER & THERESE HARVEY, STOCKHOLMS UNIVERSITET

Att studera övergödning i kustzonen med hjälp av fjärranalys är ett forskningsområde som växer, och satellitövervakning är en metod med potential att komplettera traditionella mätningar i miljöövervakningen. Det är de optiska egenskaperna hos klorofyll, suspenderat material och humusämnen som ger värdefull information om vattenkvaliteten.

■ Fjärranalys av världens oceaner har gjort att vi bättre förstår hur havsströmmar och andra processer styr det globala klimatet,

som till exempel ENSO-fenomenet, El Niño/Southern Oscillation. Genom marin fjärranalys har vi också fått ökad förståelse för växtplanktons globala betydelse. Det har uppskattats att växtplankton utgör 40 procent av den totala globala produktionen. Bara 10 procent av världshaven är kustvatten, men trots detta sker en tredjedel av den globala produktionen där. Det betyder att kustvattnet är särskilt viktigt för både alg- och fiskproduktion och därmed också för miljöövervakningen. Eftersom kunskapen om de optiska egenskaperna i

kustvattnet är bristande är forskning inom fjärranalys av kustzonen ett högaktuellt område.

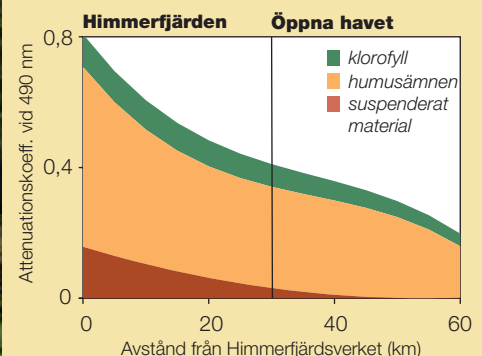
Enligt vattendirektivet ska en klassificering av den ekologiska statusen i alla kustvatten göras. I bedömningen ges särskild tyngd åt de biologiska parametrarna, medan fysikalisk-kemiska parametrar räknas som stödvariabler. Förekomst av växtplankton, frekvens och intensitet av algbloomingar samt siktdjup är några av de parametrar som ska undersökas enligt vattendirektivet. Dessa skulle kunna



En satellitbild över Östersjön tagen den 13 juli 2005, under en blomning av cyanobakterier. Upplösningen är 300 meter.

Med tillstånd av ESA.

ÄMNEN SOM PÅVERKAR LJUSET I VATTNET



➤ En optisk modell för kustområden visar hur mycket ljusavtagandet med djupet (attenuationen), påverkas av de optiska komponenterna klorofyll, suspenderat material och humusämnen. Fördelningen gäller ytvatten längs en 60 km lång profil, från den inre delen av Himmerfjärden (i närheten av Himmerfjärdsverket) ut till Landsortdjupet. Attenuationskoefficienten vid 490 nm är korrigerad för vattnets attenuation. Bilden visar hur mycket varje optisk komponent i vattnet bidrar till absorptionen av ljus vid 490 nm. Ungefär 30 km utanför inre delen av Himmerfjärden ligger Askö, som tillsammans med ett sund fungerar som barriär mellan kustvatten och öppet hav.

FAKTA

Vattnets bio-optiska egenskaper

Det finns i huvudsak tre ämnen som bestämmer vattnets spektrala sammansättning och därmed påverkar havets färg: *klorofyll*, *suspenderat material* och *humusämnen*. Det är också de ämnen som kan mätas optiskt från rymden.

Klorofyll, vars koncentration används för att uppskatta biomassan av växtplankton, både sprider och absorberar ljus. Även *suspenderat material* sprider och absorberar ljus, och oorganiskt suspenderat material ger upphov till en stor bakåtspridning av ljuset som då ökar reflektionen av vattnets spektrala signatur. *Humusämnen* absorberar ljus, främst i de blå våglängderna vilket är anledningen till att humusämnen syns som gul färg. Östersjön har höga halter av humusämnen jämfört med andra havsområden och är därför mörkare än andra hav. Vattenmolekyler absorberar och sprider också ljus, och absorptionen är som störst i de gula till röda (infraröda) våglängderna.

När solljuset når vattenytan kan en del av ljuset reflekteras direkt eller längre ner av vattenmolekyler, klorofyll eller suspenderat material. En del av ljuset absorberas av vattenmolekylerna men även av växtplankton och humusämnen. Det ljus som sprids tillbaka upp till atmosfären igen kan satellitens sensor registrera. Ljussignalen (ljusets spektrala signatur) som sensorn mäter är olika beroende på vad som skett med ljuset "på vägen", det vill säga vilka optiska egenskaper vattenmassan har.

bedömas genom att kombinera marin fjärranalys med bio-optiska metoder.

Östersjöns färg berättar

Med en satellitbaserad sensor, MERIS, är det möjligt att studera blomningar av cyanobakterier och bio-optiska variabler på ett nytt sätt. Sensorn är speciellt anpassad för studier och mätningar inom kustområden eftersom den har en upplösning på 300 meter som möjliggör mätningar i flikiga och varierade kustområden. Genom satellitbilderna kan man få fram koncentrationer av olika vattenkvalitetsparametrar. Det är förhållandet mellan klorofyll, suspenderat material och humusämnen i vattenmassan som påverkar havets färg, vilket gör att koncentrationerna av de olika parametrarna kan skiljas ut.

Under förutsättning att det är molnfritt kan man i Östersjöområdet få en satellitbild varannan eller var tredje dag under mars till oktober. Skulle provtagningar i fält göras med samma tidsupplösning skulle det vara mycket kostsamt. Satellittekniken gör det möjligt att kostnadseffektivt följa dynamiken hos algblomningar.

Siktdjup viktig parameter

Man har länge använt siktdjupet för att få en uppfattning om vattnets kvalitet. I öppna Östersjön varierar siktdjupet från ett par meter vid kraftiga algblomningar till nästan 20 meter under vintern. Långa tidsserier visar att siktdjupet har minskat med ungefär 5 centimeter per år sedan 1910. Detta har förklarats med en ökning av växtplankton, och siktdjupet har därför kommit att användas som en indikator för övergödning, både i Östersjöländernas gemensamma aktionsplan, Baltic Sea Action Plan, och

i Marina direktivet.

Eftersom det kan finnas flera faktorer som påverkar siktdjupet kan parametern endast användas som en indikator för övergödningen i de fall växtplankton tydligt dominerar vattnets optiska egenskaper, eller där variationen i någon av de två andra optiska komponenterna är liten. Kemiska parametrar såsom näringshalter kan inte mätas optiskt eftersom de inte påverkar ljuset tillräckligt. De kan dock mätas indirekt, till exempel genom att relatera siktdjup till den totala kvävehalten.

En optisk modell

Hur ljuset avtar med djupet har studerats i ytvatten längs en 60 kilometer lång gradient i Egentliga Östersjön, från den inre delen av Himmerfjärden ut till Landsortsdjupet.

Den optiska modellen för Himmerfjärden visar att kustområdet är optiskt dominerat av humusämnen och till viss del av oorganiskt suspenderat material och växtplankton. I öppna Östersjön är det bara humusämnen och växtplankton som bidrar optiskt. Förekomsten av oorganiska partiklar i vattenmassan kan användas för att skilja mellan kust och öppet vatten, och därmed avgöra kustområdets bredd. I den här delen av Östersjön kan det oorganiska materialet spåras ungefär 10–15 kilometer ut från kusten. Det betyder att kustzonen utifrån denna metod är betydligt bredare än vad som är fastlagt i vattendirektivet, där kustzonens bredd definieras som 1 sjömil, eller drygt 1,8 kilometer.

Genom att kartlägga de olika optiska

bidragen kan man få en ökad förståelse för processerna i det kustnära ekosystemet. Humusämnen kan användas som en markör för sötvatten och markavrinning, medan ökad biomassa hos växtplankton kan vara ett tecken på ökad tillförsel av näringsämnen från kust och vattendrag. Partiklar återsuspenderas i vattenpelaren genom vind- och vågrörelser i de grunda kustområdena, och är därför en indikator för de dynamiska och fysiska krafterna i havet.

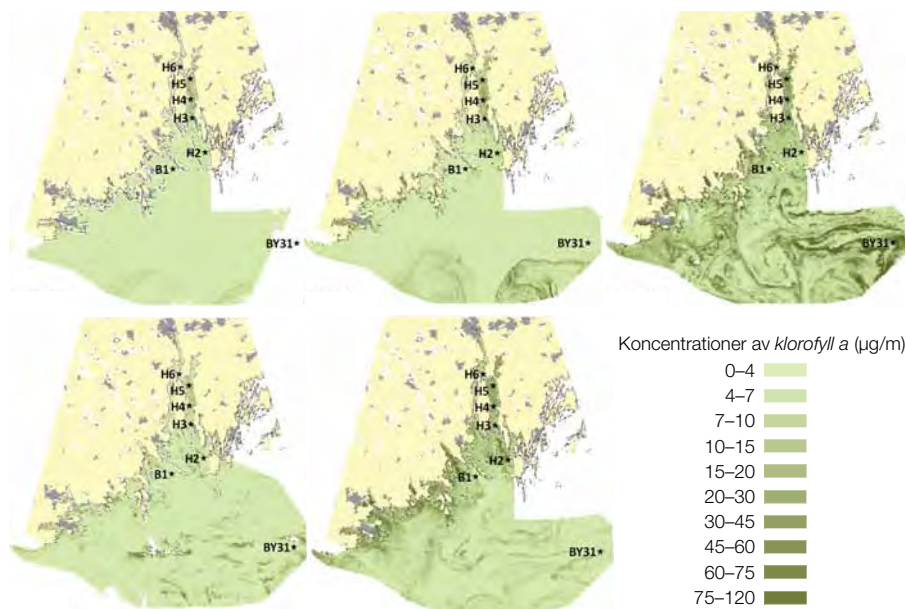
Många satellitbilder per säsong

Under säsongen april till september 2008 gjordes totalt 37 mätningar av klorofyll i Himmerfjärden, 17 med det nationella miljöövervakningsprogrammet i fält och 20 med fjärranalys. Under augusti var det inte möjligt att få fram några mätningar från satellitdata över Himmerfjärden på grund av intensiv molnbildning. Om satellitmätningar inkluderas i den regelbundna miljöövervakningen innebär det mer än en fördubbling av antalet mättillfällen, och då ska det nämnas att 20 satellitbilder för en säsong är relativt lite. För år 2009 finns runt 50 obearbetade bilder från Himmerfjärden.

Tillförlitligheten har ökat

Utvecklingen har accelererat under de senaste fem åren när det gäller tolkning av satellitdata. Nu kan de största felkällorna kompenseras genom atmosfärskorrektur och eliminering av störande reflektion från kusten. Med ökad tillförlitlighet ökar

ALGBLOMNING I HIMMERFJÄRDEN, SOMMAREN 2008



➤ Bildserien över Himmerfjärdsområdet från perioden 23 till 31 juli 2008 visar hur fjärranalys gör det möjligt att följa utvecklingen av en algblooming och förändringar i vattenkvalitetsparametrar över tid och rum. Kartorna visar situationen för klorofyll a de olika datumen 23, 24, 28, 30 och 31 juli. Stationerna H2-H6, B1 och BY31 ingår i den nationella miljöövervakningen. Lantmäteriet Gävle 2010. Medgivande I 2010/0053.

möjligheten att använda satellitdata som komplement till den konventionella miljöövervakningen. Det är dock viktigt att satellitdata har validerats lokalt.

Vi vet idag att klorofyllkoncentrationerna mätta med satellitdata från öppna havet omkring Himmerfjärden överskattats med runt 25 procent. En jämförelse mellan månadsmedelvärden utifrån satellitdata och månadsmedelvärden från det nationella miljöövervakningsprogrammet för station B1 i Himmerfjärden 2008 visar att klorofyllkoncentrationerna numera är jämförbara med båda metoderna.

Säsongsvariationen av klorofyllkoncentrationerna vid station B1 visar de stora fördelarna med att kunna mäta vattenkvalitetsparametrar med fjärranalys. Satellitmätningarna kompletterar miljöövervakningen genom att mätningar sker mellan tidpunkterna för fältprovtagningarna, vilket ger en mer komplett bild.

De begränsningar metoden har är att det måste vara relativt molnfrött och att resultaten endast avspeglar förhållandena ned till ett djup motsvarande ungefär två gånger siktdjupet. En annan aspekt är att satellitmätningarna måste kontrolleras mot fältdata, vilket är tidskrävande och kostsamt.

Men när det väl är gjort har man tillgång till omfattande data.

Bredda kustzonsförvaltningen

Pålitliga vattenkvalitetskartor kan nu enkelt hämtas hem och kommer att användas för att övervaka och utvärdera Helcoms mål att återställa vattnets transparens. Satellitdata kan också användas för att direkt övervaka övergödningens effekter. Mätningar sker tätt och kontinuerligt, har mycket stor rumslig täckning och mätdata behandlas på samma sätt vid varje tillfälle. Detta gör satellitmätningar till ett kostnadseffektivt och modernt miljöövervakningssystem. Redan nu kan man mäta flera vattenkvalitetsparametrar tillförlitligt i kustområdena och i framtiden kommer metodens betydelse sannolikt att öka. Förutsättningen är ett utökat samarbete mellan experter inom fjärranalys, den konventionella övervakningen och slutanvändare, i en mer integrerad kustzonsförvaltning. **S**

LÄSTIPS

Kratzer, K. and Vinterhav, C., 2010, *Improvement of MERIS data in Baltic Sea coastal areas by applying the Improved Contrast between Ocean and Land processor (ICOL)*, *Oceanologia*, 52 (2), 211-223.

FAKTA

Utveckling av satellitmätningar sker internationellt

År 2002 sände ESA (European Space Agency) ut ENVISAT, en satellit försedd med sensorn MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrophotometer) som används för mätningar av havets spektrala signatur, det vill säga havets färg. MERIS är den första sensorn som är speciellt anpassad för studier inom kustområden. Man kan få fram koncentrationerna av vattenkvalitetsparametrar som klorofyll, suspenderat material och humusämnen, med en hög rumslig upplösning på 300 meter vilket gör det möjligt att mäta i flikiga kustområden.

Nu utvecklas en ny sensor kallad "Ocean & Land Color Instrument" (OLCI) som kommer att skickas upp i rymden år 2013. Den liknar MERIS optiskt, men kommer att mäta i fler våglängder. OLCI kommer att vara i drift i 10 år, mellan 2013 och 2023, så att en långsiktig övervakning av vattenkvalitet från rymden säkerställs.

Ett operativt satellitsystem för övervakning av vattenkvalitet har utvecklats. Här kan man få fram koncentrationskartor av klorofyll, suspenderat material och humusämnen, och observera hur fördelningen av vattenkvalitetsparametrar förändras med tiden, och följa utvecklingen av en algblooming. Projektet startades som en pilotstudie under 2008, och har under 2010 anslutits till det europeiska programmet GMES MarCoast. I ett EU-projekt, SPICOSA, om integrerad kustzonsförvaltning utvecklas också fjärranalysmetoden som diagnostiskt verktyg, där olika optiska indikatorer för vattenkvalitet tas fram.

Kratzer, S. and Tett, P., 2009, *Using bio-optics to investigate the extent of coastal waters a Swedish case study*, *Hydrobiologia*, 629:169-186.

Kratzer, S., Brockmann, C. and Moore G., 2008, *Using MERIS full resolution data (300 m spatial resolution) to monitor coastal waters- a case study from Himmerfjärden, a fjord-like bay in the north-western Baltic Sea*, *Remote Sensing of Environment*, 112(5), 2284-2300.

Satellitsystem för övervakning av vattenkvalitet www.vattenkvalitet.se

Spinosa – EU:s projekt om integrerad kustzonsförvaltning. www.spicosa.eu/languages/en



FAKTA OM NATIONELL MARIN MILJÖ- ÖVERVAKNING

Belastning på havet
Fria vattenmassan
Vegetationsklädda bottnar
Makrofauna mjukbotten
Metaller och organiska miljögifter
Kustfisk
Utsjöfisk
Embryonalutveckling hos vitmärla
Säl och havsörn

Fakta om nationell marin miljöövervakning

Naturvårdsverkets miljöövervakningsprogram för Kust och hav ska ge underlag för beskrivningar av storskalig påverkan på havsmiljön, främst med avseende på övergödning, metaller och miljögifter samt biodiversitet. Programområdet omfattar sju delprogram som följer förändringarna i miljön. Delprogrammet Belastning på havet ingår i sötvattenprogrammet Flodmynningar. Data som samlas in lagras hos de nationella datavärdarna, och är tillgängliga för alla att använda. Läs mer på Naturvårdsverkets hemsida under Tillstånd i miljön, Miljöövervakning, Programområden.

I detta kapitel redovisas också fakta om Fiskeriverkets undersökningar av utsjöfiskbestånden.



Foto: Daniel Wentz/Stockphoto

BELASTNING PÅ HAVET

Övervakningen av den svenska belastningen av ett flertal ämnen har i dess nuvarande form pågått i ett 40-tal år. Antalet vattendrag och därigenom den yta som täcks av övervakningen har successivt ökat, men är sedan mitten av 80-talet förhållandevis oförändrad. Nytt för programmet från och med 2007 är att ett flertal metaller, inklusive kvicksilver, mäts månadsvis i samtliga flodmynningar, från att tidigare endast ha undersökts vid vissa stationer.

Belastningen på havet beräknas av datavärden med hjälp av haltuppgifter som tas fram inom övervakningsprogrammet, samt vattenföringsuppgifter från SMHI. De månadsvisa halterna räknas om till dygnshalter genom linjär interpolering och multipliceras sedan med dygnsmedelvattenföringen. Månads- och årstransporterna beräknas därefter för de enskilda vattendragen.

Flodmynningsnätet täcker ungefär 85 procent av den totala svenska vattenavrinningen, vilket innebär att uppskattningar måste göras för återstoden för att få den totala belastningen på havet. Uppskattningarna av oövervakade områden görs genom att använda den arealspecifika belastningen, d.v.s. belastningen per ytenhet, från likartade övervakade områden i närheten. Belastningsberäkningar för samtliga undersökta ämnen från och med 1969 finns hos datavärden.

Belastningsdata används dels nationellt för att övervaka påverkan på havet genom t.ex. uppföljningar av miljömålen, dels internationellt som underlag till olika rapporteringar till organisationer som Helcom, Ospar och Europeiska miljöbyrån. I de fall när flodmynningsbelastningen kompletteras med utsläpp från kustmynnande punktkällor sker rapporteringarna inom konsortiet SMED, Svenska MiljöEmissionsData.

SLU är nationell datavärd.



FRIA VATTENMASSAN

SMHI har gjort mätningar i den fria vattenmassan i öppet hav sedan i mitten på 1950-talet. Programmet har successivt utökats och samordnats med Naturvårdsverkets nationella miljöövervakning. Mätningarna följer fysiska, kemiska och biologiska förändringar i den fria vattenmassan kopplat till främst övergödning och biologisk mångfald.

Provtagningsfrekvensen varierar mellan stationer, men utgör en miniminivå för att få årsvärden för de stora havsbassängerna. Dessutom utför SMHI i egen regi lågfrekvent provtagning 1 gång per år vid ytterligare ett åttioal stationer.

Inom det nationella programmet mäts:

- salinitet
- temperatur
- ljusinstrålning
- siktdjup
- syre/svavelväte (O_2/H_2S)
- alkalinitet och pH
- fosfor (P-tot och PO_4)
- kväve (N-tot, NO_2 , NO_3 , NH_4)
- kisel (SiO_2)
- klorofyll-a
- primärproduktion
- växtplankton (individantal, artsammansättning och biomassa)
- djurplankton (individantal, artsammansättning och biomassa)
- sedimentation (mängd, hastighet, innehåll av kväve, fosfor och organiskt kol) (mäts i Egentliga Östersjön och Bottenhavet)
- löst organiskt kol (DOC) och humus (mäts i Bottniska viken)
- bakterier, antal och tillväxt (mäts i Bottniska viken)
- picocyanobakterier (mäts i Bottniska viken)

SMHI är nationell datavärd.



VEGETATIONSKLÄDDA BOTTNAR

Övervakning av makroalger har pågått sedan 1993 vid Gullmaren i Skagerrak och i Asköområdet i norra Egentliga Östersjön. År 2000 utvidgades övervakningen med fem lokaler runt Gotland, och sedan 2007 ingår även Gaviksfjärden och omkringliggande områden vid Höga kusten i Bottenhavet, Torhamn och Tärnö i Blekinge skärgård på sydkusten, samt ett område vid Onsalahalvön i Kattegatt. I Gullmaren undersöks sex lokaler med vardera fem transekter. Övriga lokaler har en transekt per lokal.

Resultaten används för att följa övergödningssituationen och den biologiska mångfalden. Dykinventering sker en gång per år, och djuputbredning och täckningsgrad av olika växter dokumenteras. Djuputbredningen av fleråriga makroalger styrs av ljusförhållandena som i sin tur påverkas av partikelmängden i vattenmassan, vilken delvis avspeglar närsaltsförhållandena.

Ett vattenområdes ekologiska status bedöms med en sammanvägd ekologisk kvalitetskvot, EQR, baserad på utvalda indikatorarters maximala djuputbredning. Beroende på var längs kusten man befinner sig varierar de ingående arterna, liksom kraven för att uppfylla de olika statusklasserna.

Fältmetodikerna är i grunden icke-destruktiva men skiljer sig åt mellan Östersjön och Västerhavet, bland annat i hur många transekter som läggs per lokal. Ambitionen är att på sikt harmonisera metoden så långt som möjligt. I Egentliga Östersjön tas även kvantitativa prover av olika makroalger och blåmussla.

SMHI är nationell datavärd.



MAKROFAUNA MJUKBOTTEN

Provtagning av djur som lever i mjukbotten har pågått under lång tid, i vissa områden sedan 1970-talet. Prover samlas in varje år under april–juni. För varje bottenfaunaprov bestäms individantal och våtvikt av varje art. På ett mindre antal stationer analyseras sedimentprover på vattenhalt, glödförlust samt redoxförhållanden. På dessa stationer analyseras även bottenvattnet med avseende på temperatur, salthalt och syrenehåll.

I Västerhavet är programmet samordnat mellan Naturvårdsverket, länsstyrelser och Bohuskustens Vattenvårdsförbund. Trettio stationer är fördelade på öppet hav, kust och fjord. Som ett komplement till bottenfaunaprovtagningen fotograferas även sedimentprofiler med hjälp av en sedimentprofilkamera. Kameran fungerar som ett upp och nedvänt periskop som tränger in i sedimentet och tar en bild av bottenprofil. Bilden analyseras sedan med avseende på syreförhållandet i sedimentet samt bottenfaunans aktiviteter. Denna typ av provtagning sker vid 72 stationer fördelade på sex områden, ofta utsatta för syrebrist.

Programmen i Bottniska viken och Egentliga Östersjön är samordnade mellan länsstyrelser och Naturvårdsverket med enhetlig metodik, rapportering och utvärdering. I utvärderingen för Bottniska viken ingår också resultat från undersökningar vid Holmöarna som är en del av uppföljningen av reservatets marina värden samt resultat från Rönnskärsverkets kontrollprogram för Skelleftebukten. Provtagningsstationerna är placerade gruppvis, vanligen så att för varje grupp av provtagningslokaler i ett kustområde finns det också ett antal utsjölokaler på ungefär samma breddgrad.

SMHI är nationell datavärd.



METALLER OCH ORGANISKA MILJÖGIFTER

Metaller och organiska miljögifter i marin biota

Årliga mätningar av metaller och organiska miljögifter görs i fisk (sill/strömming, abborre, torsk, tånglake), blåmussla och sillgrissleägg. Dessutom samlas material in och lagras i en provbank. Syftet är att uppskatta nivåer och variationer av olika tungmetaller och organiska miljögifter i olika marina djur. Vissa tidsserier sträcker sig mer än 40 år tillbaka, vilket gör dem till de längsta i världen för miljögifter. Trendövervakningen utförs fortlöpande men även retrospektivt, genom analys av material i provbanken. En sådan studie gjordes nyligen av PFOS i sillgrissleägg.

De miljögifter som studeras är:

Metaller: kvicksilver, bly, kadmium, nickel, krom, koppar och zink. Från år 2009 ingår även arsenik, silver, tenn och selen.

Organiska ämnen: industrikemikalier och oavsiktligt bildade ämnen, pesticider, flamskyddsmedel, polybromerade difenyletrar och perfluorerade ämnen.

Provtagningsstationerna är placerade så att de så långt som möjligt är opåverkade av lokala utsläpp. Detta gör resultaten lämpliga att använda som referenslokaler till regionala och lokala undersökningar. Programmet har nyligen förstärks med ett antal nya stationer för att få en bättre geografisk täckning.

IVL är nationell datavärd.



Metaller och organiska miljögifter i sediment

Sediment i områden där vågrörelser och strömmar inte påverkar botten utgör en sänka för metaller och långlivade organiska föreningar från olika former av utsläpp. I sänkorna sätter på så sätt kemikalieanvändningen sina fingeravtryck i havets botten.

Sedimenten har utnyttjats i recipientkontrollen sedan mitten av 1970-talet och inom den regionala miljöövervakningen sedan början av 1990-talet. Den nationella övervakningen med provtagningar ute i öppet hav kompletterar dessa undersökningar sedan starten 2003. Programmet omfattar sexton stationer placerade i olika djupområden. Sex sedimentkärnor tas på sju platser på varje station, sammanlagt 672 stycken. Provtagningen sker vart femte år, vilket är ett tillräckligt långt tidsintervall för att ett nytt översta sedimentskikt om minst 1 centimeter skall ha hunnit sedimentera. Provtagningsomgång nummer två genomfördes 2008.

Övervakningen omfattar 68 grundämnen och 66 organiska miljögifter. Under 2008 samordnades provtagningen med en engångsinsats för screening av antifoulingämnena Irgarol 1051 och Isotiazolin i sediment. Antifoulingämnena används i båtbottnfärger för att förhindra oönskad påväxt på skrovet.

Genom grundämnesanalysen i de sju punkterna kan den naturliga inhomogeniteten i sedimentet på varje station statistiskt beräknas för varje ämne. Med hjälp av dessa uppgifter kan sedan den statistiska signifikansen för att en haltförändring har skett mellan provtagningsåren fastläggas. Man kan därigenom med säkerhet avgöra om halten av ett ämne har ökat eller minskat över tiden.

SGU är nationell datavärd.



Biologiska effekter av organiska tennföreningar

Tributyltenn (TBT) tillhör gruppen organiska tennföreningar och har använts i båtbottnfärger sedan 1960-talet. TBT är mycket effektivt mot påväxt, men anses också vara ett av de giftigaste ämnena som vi har släppt ut i miljön. Nedbrytbarheten i sediment är låg och ämnet kommer därför, trots förbud, att finnas kvar i miljön under många år framöver.

Uppbyggnaden av TBT påminner om det hanliga könshormonet testosteron, vilket kan påverka många djur. På juvenila snäckor kan dessa molekyler inducera bildning av penis och sädesledare hos honor, så kallat imposex. Dessa effekter är mycket tydliga och specifika för TBT-exponering och snäckor lämpar sig därför väl för att påvisa TBT.

Övervakning av effekter hos snäckor orsakade av organiska tennföreningar har pågått sedan 2003 i Västerhavet och sedan 2008 i Egentliga Östersjön.

Provtagningen på västkusten utförs som gradientstudier från två stora hamnar, i Brofjorden utanför Lysekil och i Göteborgs hamn, därutöver har även ytterligare två lokaler tillkommit längs Hallandskusten. Totalt, inklusive referenslokaler, analyseras nätsnäckor från 12 stationer. Nätsnäckan *Nassarius nitidus* används som indikatorart. På grund av svårigheter med att åldersbestämma nätsnäckor kompletteras imposexgraderingen med en kemisk vävnadsanalys av TBT och dess nedbrytningsprodukter, vilket ger en indikation av när utsläppen skett.

I Östersjön besöks 12 lokaler fördelade på fem geografiska områden från Stockholm i norr till Sölvesborg i söder. Inom varje område analyseras snäckor från en punktälla, en naturhamn och ett relativt ostört område som tjänar som referenslokal. Under 2009 tillkom ytterligare en lokal i Trelleborgs hamn. Slamsnäckan *Hydrobia ulvae* används som indikatorart.

IVL är nationell datavärd.



KUSTFISK

Bestånd

Sedan 1991 ingår standardiserat provfiske i den nationella miljöövervakningen. Resultatet ger en bild av kustfisksamhällenas tillstånd, och en möjlighet att följa långsiktiga förändringar i miljön och den biologiska mångfalden. I programmet ingår mätningar av beståndstäthet och beståndsstruktur i kustfisksamhället, åldersfördelning hos abborre och tånglake samt förekomst av yttre sjukdomstecken. Provfisket sker i referensområden med låg lokal påverkan.

Fiskeövervakningen är samordnad mellan Fiskeriverket, Naturvårdsverket och länsstyrelser med enhetlig metodik, rapportering och utvärdering. Resultaten presenteras i så kallade resultatblad, ett per provtagningsområde, på Fiskeriverkets hemsida under Statistik och databaser/ Kustfiskeövervakning. Här finns också mer information om provfisket.

Fiskeriverket är nationell datavärd.

Hälsa

Flera beprövade och känsliga biokemiska, fysiologiska och histologiska mätvariabler, så kallade biomarkörer, har använts sedan 1988 inom den nationella miljöövervakningen för att kartlägga hälsotillståndet hos abborre och tånglake. Biomarkörerna speglar viktiga livsfunktioner och ger därmed en bild av fiskens hälsotillstånd. Mätningarna gör det möjligt att upptäcka effekter av miljöfarliga ämnen innan störningar ger effekt på populationsnivå.

Följande livsfunktioner följs:

- Reproduktion, tillväxt, kondition
- Leverfunktion, avgiftning, oxidativ stress
- Förekomst av genotoxicitet
- Indikator på metallbelastning
- Kolhydratmetabolism/stress
- Syretransport, blodbildning
- Immunförsvar, vävnadsskador
- Saltbalans, cellskador

Fiskeriverket är nationell datavärd.

Integrerad övervakning

Vid fyra gemensamma provtagningsstationer samordnas tre olika undersökningar inom miljöövervakningen: provfiske för uppskattning av fiskbeståndet, insamling av abborre och tånglake för undersökningar av fiskars hälsa och provinsamling för analys av metaller och miljögifter (se programområde Metaller och organiska miljögifter). Detta möjliggör en sammanvägd tolkning av resultaten och ger underlag för att bedöma störningar på ekosystemnivå.

IVL är nationell datavärd för miljögiftsdata.

UTSJÖFISK

Övervakning

Traditionellt har undersökningarna av våra fiskbestånd i utsjön varit kopplade till samarbetet i Europa och Internationella havsforskningsrådet ICES med fokus på kommersiella fiskbestånd. Under senare tid har dock dessa data använts i ett större sammanhang som ett led i mer traditionell miljöövervakning i ett ekosystemperspektiv.

I Östersjön görs två BITS expeditioner (Baltic International Trawl Survey) per år för att studera bottenlevande fiskesamhällen, främst torsk. Expeditionerna ingår i ett internationellt samarbete där Sverige tilldelas ett antal utslumpade trålstationer. Syftet är att undersöka antal individer per ålder och uppskatta mängden ettåriga torsk. Expeditionerna görs i samarbete med SMHI.

I Västerhavet görs två IBTS expeditioner (International Bottom Trawl Survey) per år. Expeditionen i kvartal ett har som syfte att försöka uppskatta mängden ettåriga fiskar bland ett flertal kommersiella arter. Främsta syftet med expeditionen i kvartal tre är att få en uppfattning om olika fiskars beståndsutveckling samt årets rekrytering. I samarbete med SMHI bestäms också ett antal olika hydrografiparametrar, från ytan till botten. Hydrografiresultaten presenteras i SMHI:s rapport "Expeditionsrapport från U/F Argos".

I Östersjön utförs även en akustisk undersökning kallad BIAS (Baltic International Acoustic Survey), en gång varje höst. Syftet med den undersökningen är att uppskatta mängden pelagisk fisk, i första hand sill och skarpsill. Även denna expedition görs i samarbete med SMHI.

Beståndsuppskattning

ICES gör beståndsuppskattningar och ger råd om hur mycket fisk man på biologiska grunder kan fiska. Beslutet om hur mycket man får fiska per förvaltningsområde tas sedan av EU:s Ministerråd och kallas Total Allowable Catch, TAC.

ICES har för beståndsuppskattning identifierat sex olika bestånd av sill/strömming i vattnen runt Sverige: ett i Bottenviken, ett i Bottenhavet, två i Egentliga Östersjön, ett i sydvästra Östersjön som på grund av vandringsmönster behandlas tillsammans med vårlekande sill i Kattegatt och Skagerrak samt ett höstlekande bestånd i Nordsjön, Skagerrak och Kattegatt.

Torsken runt Sverige är förvaltningsmässigt uppdelad i fyra bestånd: ett väster om Bornholm, ett öster om Bornholm, ett i Kattegatt och ett i Skagerrak/Nordsjön.

Skarpsill förvaltas som ett bestånd i Östersjön och ett i Västerhavet.

För mer detaljer se Fiskeriverkets årliga skrift Fiskbestånd och miljö i hav och sötvatten. Resurs- och miljööversikt 2010.



EMBRYONALUTVECKLING HOS VITMÄRLA

Sedan 1994 studeras reproduktionen hos de båda sedimentlevande vitmärlarterna *Monoporeia affinis* (sötvattensart) och *Pontoporeia femorata* (marin art). Syftet är att på ett tidigt stadium kunna upptäcka generella miljögiftseffekter. För att resultaten ska kunna användas som referens vid undersökningar i förorenade områden placeras provtagningsstationerna i områden som är opåverkade av lokala utsläpp. Insamling av äggbärande vitmärlor sker i februari med bottenskrapa och van Veenhuggare. Samtidigt provtas sediment för kemisk analys. Sedimentprover från samma stationer tas även i september för att bestämma syrehalt i bottenvatten och sediment samt organiskt kol, redoxpotential, sulfidhalt och pH på olika nivåer i sedimentet.

På vitmärlorna analyseras fekunditet (ägg/per hona), parasitangrepp och synliga skador på skal och extremiteter hos honan, procent missbildade, döda samt obefruktade/outvecklade embryon och procent honor med en död äggsamling i äggkammaren.

SMHI är nationell datavärd.



Foto: Klas Rune/N



Foto: Kaido Kärrer/Stockphoto

SÄL OCH HAVSÖRN

Sälar och andra toppkonsumenter är särskilt utsatta för miljögifter. De fungerar som indikatorarter för miljögiftseffekter, och för andra storskaliga förändringar i det marina ekosystemet.

Beståndsutveckling av gråsäl, vikaresäl och knubbsäl har studerats sedan 1970-talet, och sedan 1989 ingår undersökningarna i den nationella miljöövervakningen. Gråsäl och knubbsäl räknas årligen från båt och flyg vid alla kända traditionella tillhåll. Tre oberoende räkningar under räkningsperioden eftersträvas. Trender i beståndsutvecklingen kan bestämmas för valda tidsintervall och kustavsnitt.

Inventeringarna av vikare görs uppe på isen i Bottenviken. De inventeras längs linjetransekter som täcker minst 13 procent av hela isytan. Vikare är stationära i Bottenviken och är därför en lämplig indikatorart för miljön där.

Hälsotillståndet hos sälar i Östersjön studeras genom att dokumentera och klassificera skador på olika kroppsorgan. Det görs på strandade, bifångade och skjutna sälar.

SMHI är nationell datavärd.

Havsörnen används som indikator för miljögiftsbelastningen i havet eftersom toppkonsumenter är särskilt utsatta för miljögifter. Havsörnen signalerade redan på 1950-talet om Östersjöns problem med höga nivåer av organiska miljögifter, genom tydliga fortplantningsstörningar. Havsörnens reproduktion har följts av Svenska Naturskyddsföreningen sedan mitten på 1960-talet, och beståndet vid kusten övervakas sedan 1989 inom ramen för nationell miljöövervakning. Havsörnen finns utmed hela Östersjökusten, och enskilda par är i huvudsak stationära och därför representativa för regional belastning. Övervakningen omfattar samtliga kända revir. Under våren lokaliseras bebodda bon genom avståndsobservationer och flyginventeringar. Bona besöks sedan under maj–juni för kontroll av häckningsresultatet. Då räknas antalet ungar per kull, och andelen lyckade häckningsförsök noteras.

SMHI är nationell datavärd.

Adresser till havsmiljösverige

Naturvårdsverket
www.naturvardsverket.se
tel: 08-698 10 00
e-post: registrator@naturvardsverket.se

Havsmiljöinstitutet
www.havsmiljoinstitutet.se
tel: 031-786 65 61
e-post: info@havsmiljoinstitutet.se

Enheter finns vid:
Umeå universitet
Stockholms universitet
Linnéuniversitetet
Göteborgs universitet

Umeå Marina Forskningscentrum
www.umf.umu.se
tel: 090-786 79 74
e-post: info@umf.umu.se

Stockholms universitets
marina forskningscentrum
www.smf.su.se
tel: 08-16 37 18
e-post: smf@smf.su.se

Sven Lovén
centrum för marina vetenskaper
www.loven.gu.se
tel: 0523-185 00
e-post: ola.bjorlin@loven.gu.se

SMHI
www.smhi.se
tel: 011-495 80 00
e-post: smhi@smhi.se

Fiskeriverket
www.fiskeriverket.se
tel: 031-743 03 00
e-post: fiskeriverket@fiskeriverket.se

Naturhistoriska riksmuseet
www.nrm.se
tel: 08-519 540 00
e-post: info@nrm.se

SGU
www.sgu.se
tel: 018-17 90 00
e-post: sgu@sgu.se

Informationscentralen
för Bottniska viken
www.ac.lst.se/naturochmiljo/bottniskaviken-icbv
tel: 090 – 10 73 55
e-post: icbv@lansstyrelsen.se

Informationscentralen
för Egentliga Östersjön
www.infobaltic.se
tel: 08-785 51 18
e-post: informationscentral.stockholm@lansstyrelsen.se

Informationscentralen
för Västerhavet
www.lansstyrelsen.se/vastragotaland/amnen/
Vattenvard/Infocentralen+vasterhavet/
tel: 031-60 52 54
e-post: stellan.elmer@lansstyrelsen.se

Vattenmyndigheterna
www.vattenmyndigheterna.se

Vattendistrikt: Bottenviken
Bottenhavet
Norra Östersjön
Södra Östersjön
Västerhavet

HAVSMILJÖANSVARIGA I KUSTLÄNEN / WWW.LANSSTYRELSEN.SE

Länsstyrelsen Norrbotten
Malin Kronholm
tel: 0920-961 94
e-post: malin.kronholm@lansstyrelsen.se

Länsstyrelsen Västerbotten
Anneli Sedin
tel: 090-10 72 55
e-post: anneli.sedin@lansstyrelsen.se

Länsstyrelsen Västernorrland
Karin Jönsson
tel: 0611-34 92 79
e-post: karin.jonsson@lansstyrelsen.se

Länsstyrelsen Gävleborg
Andrea Thurfjell
tel: 026-17 11 95
e-post: andrea.thurfjell@lansstyrelsen.se

Länsstyrelsen Uppsala
Ingrid Wänstrand
tel: 018-19 51 26
e-post: ingrid.wanstrand@lansstyrelsen.se

Länsstyrelsen Stockholm
Christina Berglind
tel: 08-785 45 10
e-post: christina.berglind@lansstyrelsen.se

Länsstyrelsen Södermanland
Sofi Nordfeldt
tel: 0155-26 40 05
e-post: sofi.nordfeldt@lansstyrelsen.se

Länsstyrelsen Östergötland
Erik Årnfelt
tel: 013-19 61 35
e-post: erik.arnfelt@lansstyrelsen.se

Länsstyrelsen Gotland
Peter Landergren
tel: 0498-29 21 19
e-post: peter.landergren@lansstyrelsen.se

Länsstyrelsen Kalmar
Rita B Jönsson
tel: 0480-822 17
e-post: rita.jonsson@lansstyrelsen.se

Länsstyrelsen Blekinge
Ulf Lindahl
tel: 0455-871 81
e-post: ulf.lindahl@lansstyrelsen.se

Länsstyrelsen Skåne
Charlotte Carlsson
tel: 040-25 26 12
e-post: charlotte.carlsson@lansstyrelsen.se

Länsstyrelsen Halland
Bo Gustafsson
tel: 035-13 20 72
e-post: bo.gustafsson@lansstyrelsen.se

Länsstyrelsen Västra Götaland
Karin Pettersson
tel: 031-60 52 51
e-post: karin.pettersson@lansstyrelsen.se

KONTAKTPERSONER FÖR MILJÖÖVERVAKNINGEN

Programområde Kust och Hav
Sverker Evans
Naturvårdsverket
tel: 010-698 13 02
e-post: sverker.evans@naturvardsverket.se

Tove Lundeberg
Naturvårdsverket
tel: 010-698 16 11
e-post: tove.lundeberg@naturvardsverket.se

Väder och tillrinning
Gunn Persson
SMHI
tel: 011-495 8447
e-post: gunn.persson@smhi.se

Isläget
Amund Lindberg
SMHI
tel: 011-495 81 73
e-post: amund.lindberg@smhi.se

Näringsbelastning
Lars Sonesten
SLU
tel: 018-67 30 07
e-post: lars.sonesten@vatten.slu.se

Fria vattenmassan

Bottniska viken
Jan Albertsson
Umeå Marina Forskningscentrum
tel: 090-786 79 91
e-post: jan.albertsson@umf.umu.se

Egentliga Östersjön
Ulf Larsson
Stockholms universitet
tel: 08-16 42 61
e-post: ulf_l@ecology.su.se

Västerhavet
Lars Andersson
SMHI
tel: 031-751 89 77
e-post: lars.s.andersson@smhi.se

Växtplankton

Bottniska viken
Agneta Andersson
Umeå Marina Forskningscentrum
tel: 090-786 79 75
e-post: agneta.andersson@emg.umu.se

Egentliga Östersjön
Susanna Hajdu
Stockholms universitet
tel: 08-16 17 30
e-post: hajdus@ecology.su.se

Västerhavet
Ann-Turi Skjevik
SMHI
tel: 031-751 89 79
e-post: ann-turi.skjevik@smhi.se

Djurplankton
Bottniska viken
Jan Albertsson
Umeå Marina Forskningscentrum
tel: 090-786 79 91
e-post: jan.albertsson@umf.umu.se

Egentliga Östersjön
Elena Gorokhova
Stockholms universitet
tel: 08-674 75 51
e-post: elenag@ecology.su.se

Västerhavet
Marie Johansen
SMHI
tel: 031-751 89 72
e-post: marie.johansen@smhi.se

Vegetationsklädda bottnar

Norra Östersjön
Hans Kautsky
Stockholms universitet
tel: 08-16 42 44
e-post: hassek@ecology.su.se

Södra Östersjön
Stefan Tobiasson
Linnéuniversitetet
tel: 0480-44 73 46
e-post: stefan.tobiasson@lnu.se

Västerhavet
Jan Karlsson
Göteborgs universitet
tel: 0526-686 29
e-post: jan.karlsson@marecol.gu.se

Makrofauna mjukbotten

Bottniska viken
Jan Albertsson
Umeå Marina Forskningscentrum
tel: 090-786 79 91
e-post: jan.albertsson@umf.umu.se

Egentliga Östersjön
Jonas Gunnarsson
Stockholms universitet
tel: 08-16 42 53
e-post: jonas@ecology.su.se

Västerhavet
Stefan Agrenius
Göteborgs universitet
tel: 0523-18510
e-post: stefan.agrenius@marecol.gu.se

Sedimentprofilkamera
Marina Magnusson
Marine monitoring AB
tel: 0523-101 82
e-post: marina@marine-monitoring.se

Vitmärkla som biomarkör
Brita Sundelin
Stockholms universitet
tel: 08-674 72 35
e-post: brita.sundelin@itm.su.se

Miljögifter
Anders Bignert
Naturhistoriska riksmuseet
tel: 08-519 541 15
e-post: anders.bignert@nrm.se

Organiska tennföreningar
Marina Magnusson
Marine monitoring AB
tel: 0523-101 82
e-post: marina@marine-monitoring.se

Metallanalyser i sediment
Ingemar Cato
SGU
tel: 018-17 90 00
e-post: ingemar.cato@sgu.se

Gråsäl
Olle Karlsson
Naturhistoriska riksmuseet
tel: 08-51 95 51 82
e-post: olle.karlsson@nrm.se

Knubbsäl och vikare
Tero Härkönen
Naturhistoriska riksmuseet
tel: 08-51 95 40 29
e-post: tero.harkonen@nrm.se

Sälhälsa
Britt-Marie Backlin
Naturhistoriska riksmuseet
tel: 08-51 95 42 59
e-post: britt-marie.backlin@nrm.se

Havsörn
Björn Helander
Naturhistoriska riksmuseet
tel: 08-51 95 41 09
e-post: bjorn.helander@nrm.se

Utsjöfisk
Ingemar Berglund
Fiskeriverket
tel: 031-743 03 20
e-post: ingemar.berglund@fiskeriverket.se

Kustfisk bestånd
Jan Andersson
Fiskeriverket
tel: 0491-76 28 41
e-post: jan.andersson@fiskeriverket.se

Kustfisk hälsa
Åke Larsson
Göteborgs universitet
tel: 031-786 38 24
e-post: ake.larsson@dpes.gu.se

KONTAKTPERSONER FÖR ÖVRIGA ARTIKLAR I HAVET 2010

Edna Granéli
Linnéuniversitetet
tel: 0480-44 73 07
e-post: edna.graneli@lnu.se

Susanne Kratzer
Stockholms universitet
tel: 08 -16 10 59
e-post: suse@ecology.su.se

Tove Lundeberg
Naturvårdsverket
tel: 010-698 16 11
e-post: tove.lundeberg@naturvardsverket.se

Per Moksnes
Göteborgs universitet
031-786 2710
e-post: per.moksnes@marecol.gu.se

Andrea Morf
Göteborgs universitet
tel: 031- 786 65 64
e-post: andrea.morf@gu.se

ANDRA VIKTIGA PUBLIKATIONER I URVAL

Havsmiljöinstitutet



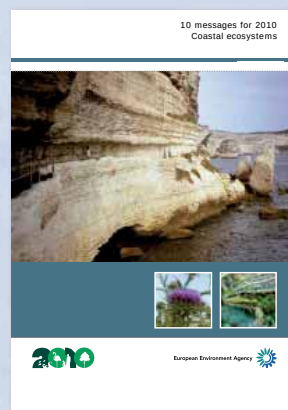
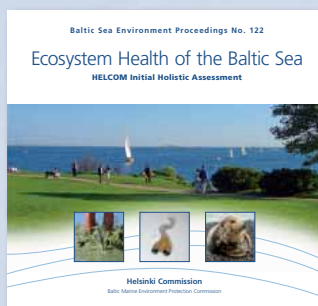
Naturvårdsverket



Fiskeriverket



Internationella statusrapporter från Helcom, Oskar och EEA





B



HAVET 2010 samlar de senaste resultaten från den nationella miljöövervakningen i samtliga svenska havsområden: Bottniska viken, Egentliga Östersjön och Västerhavet. Därutöver presenteras resultat från regional miljöövervakning, forskning och andra undersökningar av betydelse för att öka kunskapen om miljötillståndet i våra hav. Som ett led i produktionen genomförs ett seminarium, där miljöövervakare och representanter från regionala och nationella myndigheter redovisar och diskuterar det senaste kring havsmiljöns tillstånd.

HAVET 2010 beskriver miljötillståndet hos de svenska havsområdena såväl som de mest angelägna miljöproblemen. Algblomningar och inflöden av vatten till Östersjön behandlas, liksom blyförgiftade örnar och kedjereaktioner i ekosystemet. Även nya metoder för såväl övervakning som förvaltning presenteras.

Naturvårdsverket finansierar huvuddelen av den nationella övervakningen. Även länsstyrelser och andra myndigheter med marin verksamhet bidrar med material till denna rapport. Författarna ansvarar själva för innehållet i artiklarna.

Havsmiljöinstitutet, ett samarbete mellan Umeå universitet, Stockholms universitet, Linnéuniversitetet och Göteborgs universitet, sammanställer rapporten och ansvarar för sammanfattningen av havsmiljöns tillstånd.



Havsmiljöinstitutet