

EcoCHANGE.

2019



UMEÅ
UNIVERSITET

Linneuniversitetet 

2	ECOCHANGE — MÅL OCH VISION
3	FÖRORD — I TACKSAMHETENS ANDA
4	SIKTDJUP KAN GE FELBEDÖMNING
5	DYRT ATT FÖRBISE BAKTERIEANDNING
6	ECOCHANGE STÖDJER FÖRVALTNINGEN
7	ÄVEN BAKTERIER PÅVERKAS AV GIFTER
8	GAMLA SYNDER GER PROBLEM
10	FISKEMBRYON VISAR PÅ COCKTAILEFFEKTER
12	DÖDLIG VITAMINBRIST I HAVET
14	GÄDDOR – FRAMTIDENS ÖVERLEVARE
16	GIFTALG RUSTAD FÖR FRAMTIDEN
17	VIKTIG VARIATION SOM LÄTT MISSAS
18	ÖKANDE DIVERSITET I KUSTOMRÅDEN
20	ECOCHANGE – FÖR HAVETS OCH VÅR SKULL

FÖRORD: **AGNETA ANDERSSON**,
professor i pelagial ekologi vid Umeå universitet
och vetenskaplig koordinator för EcoChange.

ÖVRIG TEXT: **KRISTINA VIKLUND**,
kommunikatör vid Umeå marina forsknings-
centrum och kommunikationsansvarig för
EcoChange.

OMSLAGSBILD: Den kustlevande gäddan
verkar ha en inneboende förmåga till anpass-
ning som gör att den kan överleva även i en för-
ändrad miljö.

ECOCHANGE.

EcoChange ska öka kunskapen kring konsekvenserna av klimatförändringar i marina system, och på lång sikt motivera myndigheter att införa effektiva åtgärder för att möta effekterna av klimatförändringar.

UTGÅNGSPUNKTEN är att klimatförändringarna påverkar temperatur, salthalt och koncentration av löst organiskt kol och näringsämnen i Östersjön. Detta leder till en försämrad födoavseffektivitet, och därigenom en ökad ackumulation av miljögifter i marina organismer.

FÖDOVÄVSEFFEKTIVITET är ett centralt begrepp inom forskningsprogrammet, och är en god in-

dikator på ett friskt ekosystem. Många faktorer kopplade till klimatförändringar kan påverka födoavseffektiviteten, exempelvis artdiversitet, produktivitet, födoavsdynamik, populations storleksstruktur, antal steg i näringskedjan, evolutionära processer och miljögifter i ekosystemet.

DEN NATURLIGA GRADIENTEN i Östersjön från norr till söder och från kust till utsjö nyttjas för verksamheten inom programmet. Umeå universitet och Linnéuniversitetet samarbetar kring såväl fältstudier som laboratorieexperiment och modellering.

I TACKSAMHETENS ANDA

Jag har haft förmånen att vara koordinator för EcoChange sedan starten av forskningsmiljön. Det är ett stort antal personer som genom åren på olika sätt bidragit till att göra EcoChange till vad det är idag, och som var och en strävat efter att öka vår förståelse för Östersjöns ekosystem i klimatförändringarnas tid.

Vid starten av EcoChange, under skrivandet av ansökan, fick vi ett utmärkt stöd av Grants office vid Umeå universitet. De bidrog till att tydliggöra frågeställningarna kring att bygga en ny havsforskningsmiljö med EcoChangeprogrammet. Ansökan utvärderades av en internationell expertgrupp, och vi fick en mycket god utvärdering. Programmet beviljades först under en 5-årsperiod och senare, efter en mycket god utvärdering, fick vi förlängning med ytterligare 5 år.

Under den gångna tioårsperioden har flera mycket framstående forskarkollegor hunnit gå i pension. Dessa har betytt mycket för EcoChange, genom att uppmuntra oss och bana väg för oss yngre. De har varit våra förebilder. De har hjälpt oss med forskningsnätverk och stöttat våra strävanden att utföra marin forskning och utbilda unga excellenta forskare.

Universiteten tillämpar en fungerande och väl genomtänkt ledning av EcoChange, där styrelsen bland annat består av universitetsrepresentanter på hög nivå. Samarbetet mellan Umeå universitet och Linneuniversitet har också varit en framgångsfaktor för miljön. Tack vare ett stort engagemang från forskare från bägge lärosäten har samarbetet präglats av samförstånd och en gemensam målbild.

För att guida inriktningen och bedöma relevans

av vår forskning har EcoChange en referensgrupp bestående av representanter för havsmiljöförvaltningen. Många delprojekt inom EcoChange har

utvecklats i nära samarbete

med dessa representanter och andra miljö-

tjänstemän. Detta

har varit en framgångsfaktor för vår forskning. Referensgruppen har även bidragit med kloka synpunkter och intressanta resonemang under de årliga konferenser som ordnats av EcoChange.

I denna typ av större forskningsmiljöer, där många aktörer är involverade, är det administrativa och ekonomiska arbetet komplext. Tack vare skickliga administratörer och ett väl fungerande kontaktnät inom miljön lyckas vi hålla ihop verksamheten på ett bra sätt. Vi har inomvetenskapligt kunniga kommunikatörer knutna till miljön, vilka genom sitt professionella arbete starkt bidrar till att sprida forskningsresultaten till en vidare publik.

Jag är också mycket stolt över att vi inom EcoChange har utbildat unga excellenta forskare till doktorer. Det är ett entusiastiskt gäng som bidrar till förnyelse och energi till forskningsmiljön. De utgör en ny generation av havsmiljöforskare, som kan leda forskningen framåt i en tid när väl underbyggd kunskap om havsmiljön är viktigare än någonsin. ●



*Tack vare
ett stort engagemang
från forskare från bägge
lärosäten har samarbetet
präglats av samförstånd
och en gemensam
målbild.”*

SIKTDJUP KAN GE FELBEDÖMNING AV VATTENSTATUS



Genom att sänka ner en standardiserad, vit skiva i vattnet kan siktdjupet mätas snabbt och enkelt. Det kan dock finnas allvarliga felkällor med denna metod.

växtplanktonsamhället. Andra parametrar som är viktiga är koncentrationen av klorofyll-a och siktdjup. I både Havsmiljödirektivet och Vattendirektivet från EU används siktdjup och klorofyllkoncentrationer för att bedöma övergödningssituationen tillsammans med de andra parametrarna.

Enkelt och billigt

Skälet till att siktdjup används för att bedöma övergödningssituationen är kopplingen till mängden växtplankton i vattnet. Vid övergödning ökar mängden växtplankton i vattnet och vattnet blir grumligare, vilket försämrar siktdjupet. Mängden växtplankton kan mätas indirekt genom att analysera vattnets innehåll av pigmentet klorofyll-a, som alla växtplankton innehåller.

Siktdjup mäts genom att en standardiserad vit skiva sänks ner i vattnet tills den inte längre syns för ögat. Att mäta siktdjupet är enkelt, smidigt och billigt, och används som standardmetod inom miljöövervakningen.

Allvarliga felkällor

Men nya studier visar på att det kan finnas allvarliga felkällor med denna metod. Siktdjupet beror i och för sig till en del av mängden kloro-

Att mäta siktdjup är enkelt och billigt, och resultaten används för att bedöma övergödningssituationen i Östersjön. Men metoden kan ge allvarliga felbedömningar om man inte tar hänsyn till skillnader i vattnets optiska egenskaper.

yll i vattnet, men det finns även andra faktorer som påverkar vattnets optiska egenskaper. Detta gäller för hela Östersjön, men framförallt för Östersjöns kustområden.

Östersjön är ett innanhav, starkt påverkat av ett stort tillflöde av älvvatten och långsam vattenomsättning. I framförallt kustområdena påverkas de optiska förhållandena av älvvattnet och de uppslammade partiklar som följer med älvvattnet ut i havet. Älvvattnet innehåller en stor mängd organiskt material, som färgar vattnet brunt och tillför partikulärt material. De uppslammade partiklarna kan antingen absorbera eller sprida ljuset i vattnet, beroende på om det är helt upplösta i vattnet och om de är organiska eller oorganiska partiklar.

Extra missvisande i kustområden

Skillnaderna i vattnets optiska egenskaper är stora mellan olika havsområden, och också mellan olika tider på året. I kustområdena kan vattnets innehåll av löst organiskt material och partiklar till och med att ha större påverkan på siktdjupet än vad klorofyllkoncentrationen har. De felbedömningar för referensvärden för siktdjup som detta kan leda till kan få stora konsekvenser för exempelvis vilka åtgärder som ska sättas in. För havsförvaltande myndigheter är det därför av största vikt att känna till den naturliga variationen i siktdjup i olika områden och framförallt vad som orsakar den, och att anpassa referensvärden och gränsvärden med hänsyn till vattnets naturliga optiska egenskaper. ●

Harvey, E. T., Walve, J., Andersson, A., Karlson, B., & Kratzer, S. (2019). *The effect of optical properties on Secchi depth and implications for eutrophication management*. *Frontiers in Marine Science*, 5, 496. Studien till stor del finansierad av Rymdstyrelsen.

DYRT ATT FÖRBISE BAKTERIEANDNING

I lågproduktiva områden, såsom Bottniska viken, leder inte en minskning i näringsämnen nödvändigtvis till en förbättrad syresituation. Bakterierna, som är de största syrekonsumenterna i haven, fortsätter att förbruka lika mycket syre trots mindre näring. Och pengarna för dyra näringsreducerande åtgärder riskerar att kastas i sjön.

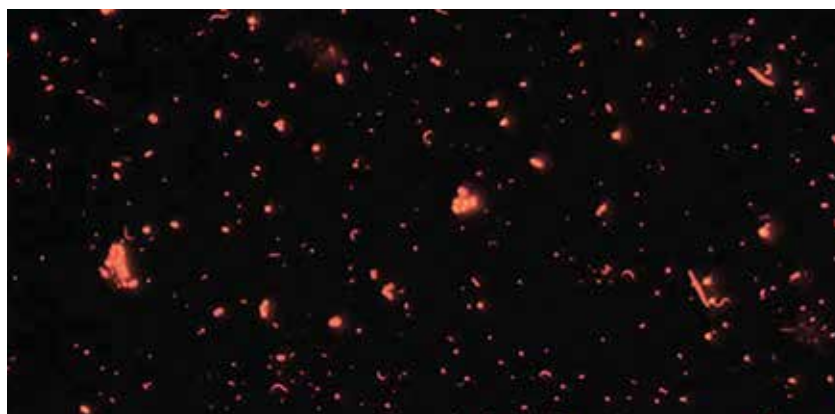
Bakterierna är de största syrekonsumenterna i haven. Genom sin andning förbrukar de över hälften av havets syre. De har därför en huvudroll när det gäller problemen med syrebrist i olika havsområden världen över. Trots det har bakteriernas andning varit förbisedd när man diskuterat åtgärder mot syrefria bottenar. Istället har näringssituationen stått i centrum för diskussionerna, och dyra åtgärder satts in för att minska mängden näring som tillförs haven i områden där syrehalterna varit låga.

Bortkastade åtgärder?

Näringsämnen är centrala när det gäller högproduktiva områden med övergödningsproblematik. Genom att minska mängden kväve och fosfor där kan man få en förbättrad syresituation, även om det kan ta tid att få önskad effekt av åtgärden. Men i lågproduktiva områden, såsom Bottniska viken, riskerar denna typ av åtgärd vara bortkastad. Det kan ta årtal innan effekten av åtgärden går att mäta, och därmed lång tid innan det är klart om insatserna gjort nytta eller om man bokstavligt kastat pengarna i sjön.

Andning upprätthåller livsfunktioner

Förklaringen ligger i bakteriernas olika typer av andning, och framförallt deras underhålls-andning. Underhållsandningen definieras som den andning som pågår trots att tillväxten i bakteriesamhället är låg. Denna andning upprätthåller livsviktiga funktioner hos bakterierna, precis som hos oss människor som måste andas genom hela livet. Över hälften av bakteriernas andning utgörs av underhållsandning.



Oförändrad syrekonsumtion

Underhållsandningen verkar vara relativt oberoende av näringssituationen, och påverkas inte nämnvärt av att vi begränsar utsläppen av kväve och fosfor. I lågproduktiva områden är bakterietillväxten också låg, och bakterierna växlar över till en högre grad av underhållsandning. Därigenom minskar bakteriernas tillväxt, medan syrekonsumtionen ligger kvar på ungefär samma nivå. Bakteriernas andning verkar till och med kunna öka när näringsnivåerna når svältnivåer, kanske som ett sätt att öka ansträngningen för att hitta föda.

Vad använder de svältande bakterierna det konsumerade syret till? Det är en av många frågor kring bakterieandning som återstår att besvara, och mer forskning kring dessa frågor behövs. Klart är dock att bakteriernas underhållsandning är en faktor att ta hänsyn till när beslut om åtgärder ska tas, speciellt i lågproduktiva områden såsom Bottniska viken. Annars finns en risk att åtgärderna inte kommer att ha den effekt på syresituationen man eftersträvar. ●

Bakterier finns överallt i havet. Genom sin andning förbrukar de över hälften av havets syre.

Vikström, Kevin; Wikner, Johan 2019. *Importance of Bacterial Maintenance Respiration in a Subarctic Estuary: a Proof of Concept from the Field*. Microbial Ecology, Springer 2019, Vol. 77, (3) : 574-586.

ECOCHANGE STÖDJER HAVSFÖRVALTNINGEN

Vad gör klimatförändringarna med Östersjöns ekosystem, och hur ska detta hanteras i relation till annan påverkan? Det är frågor som Elisabeth Sahlsten brottas med i sin roll som utredare på Havs- och vattenmyndigheten.



Elisabeth Sahlsten, utredare på Havs- och vattenmyndigheten, är en av medlemmarna i EcoChange referensgrupp. Hon värdesätter möjligheten för förvaltningen att ta del av forskningsresultat.

Elisabeth Sahlsten är medlem av referensgruppen för EcoChange, och har deltagit i ett antal av forskningsprogrammets konferenser. "Det är mycket givande att få ta del av de senaste forskningsrönen från EcoChange, och att också få tillfälle att diskutera resultaten ur ett förvaltningsperspektiv", säger Elisabeth.

Mikrobiella näringsväven

Hon vill särskilt framhålla den del av forskningen som handlar om den mikrobiella födoväven, och hur denna kan komma att påverkas av ett förändrat klimat.

"Det är mycket viktigt att förstå de grundläggande processer som pågår där, som sedan kan få verkningar i högre delar av födokedjan. Jag uppskattar verkligen att forskningen fokuserar på de mikrobiella processerna, som är basen för cirkulering av näring och energi inom ekosystemet. Forskningen inom EcoChange har till exempel tydligt visat hur den finstämda balansen mellan bakterier och växtplankton rubbas vid ett förändrat klimat, och hur det sedan påverkar alla nivåer ända upp till fisk."

Miljögifternas väg i födoväven

Ett annat forskningsområde som Elisabeth framhåller är miljögifter, och hur dessa hamnar i de olika delarna av födoväven.

"Miljögifternas kopplingar till födoväven är extremt viktigt att förstå, och något som vi måste komma åt för att kunna genomföra åtgärder och förvalta våra hav väl. De studier som gjorts inom EcoChange där kemi och biologi kopplats ihop, och där man nu börjar kunna följa olika

miljögifternas väg in i födoväven och vidare upp ser jag som centrala."

Framtida utmaningar

Havsförvaltningen står inför stora utmaningar, och Elisabeth pekar på några områden där ännu mer skulle behöva göras. Ett av dessa områden är multipla stressorer, det vill säga effekten av att olika miljöproblem samtidigt påverkar livet i haven.

Exploatering av kustnära områden är ett annat område som är viktigt att hantera på ett bra sätt, och något som bekymrar Elisabeth. Exploateringen ökar, och grunda kustmiljöer som är viktiga för ekosystemet är hotade. Mer forskning behövs som visar på vikten av att skydda dessa områden och risken med exploatering.

Viktig metodutveckling

Men allt handlar inte om att ta fram mer kunskap om hur ekosystemet fungerar. Elisabeth är noga med att också framhålla forskningens viktiga roll för utveckling av nya övervakningsmetoder.

"Här har forskningen en mycket viktig roll i att utveckla metoder som kan underlätta miljöövervakningen och göra den ännu mer effektiv. Vi behöver metodik för att kunna undersöka de komplicerade processerna i ekosystemet och hur de påverkas av miljöstörningar."

Fortsatt samarbete

Havsförvaltningen står inför stora utmaningar, och behöver ett stort stöd från forskning för att övervaka rätt, skydda rätt och sätta in de rätta åtgärderna. Här kommer forskningsprogram som EcoChange in, och Elisabeth ser fram emot ett fortsatt gott samarbete.

"Havsförvaltningen behöver forskningen, och vi behöver kunna skaffa oss en helhetsbild av läget. Vi hoppas att EcoChange fortsätter att producera viktig forskning kring vår havsmiljö, och att vi inom havsförvaltningen även i fortsättningen får möjlighet att ta del av viktiga resultat och delta i diskussioner kring tillämpning av resultaten." ●

Artikeln bygger på en intervju med Elisabeth Sahlsten som genomfördes i februari 2020.

ÄVEN BAKTERIER KAN PÅVERKAS AV GIFTER

Det är väl känt att organiska miljögifter kan ha en negativ inverkan på djur och människor. Men hur påverkas bakterierna, de allra minsta organismerna i födoväven, av att utsättas för dessa miljögifter?

Bakterierna har en nyckelroll i de marina ekosystemen. Där använder de sig av organiska molekyler som källa till näring och energi. De har bland annat förmåga att nyttja löst organiskt kol, vilket är ett av de största förråden av kol i haven. Man skulle kunna tänka sig att bakterierna skulle gynnas av organiska miljögifter, genom att bryta ner och använda de organiska molekylerna som föda, om inte bakterierna påverkas negativt av gifterna. Kunskapen kring detta är hittills begränsad.

Tidigare studier har visat att såväl växtplankton som cyanobakterier kan påverkas negativt av miljögifter, och man har även påvisat cocktaileffekter på dessa organismgrupper, det vill säga att blandningar av gifter kan ha större påverkan än summan av varje enskilt ämne.

Vanlig marin bakterie testas

EcoChangeforskarna har deltagit i en studie där man undersökt hur marina bakterier påverkas av organiska miljögifter. De valde att studera en specifik bakterie, *Rheinheimera* sp. BAL341. Denna bakterie är allmänt förekommande i haven, och har tidigare visat sig reagera på förändringar i miljön. De miljögiftsgrupper som testades var alla kemikalier som återfinns i den marina miljön, såsom PAH:er, alkener, organofosfater och PFAS. Genom att undersöka både direkta effekter på tillväxt och effekter på genuttrycket hos bakterierna förväntade de sig att hitta både positiva och negativa effekter.

Hämmades av gifterna

Resultaten visar dock inte på någon positiv effekt på tillväxten av bakterierna. Istället noterades negativa effekter, vilket antyder att kemikalierna haft en giftverkan på bakterierna. När bakterierna utsattes för gifterna i samma koncentrationer som de man hittar i havsmiljön hämmades tillväxten och produktionen hos bakterierna.

Miljögifterna hade inte bara en direkt effekt på bakterierna, utan visade sig även förändra genuttrycket hos bakterierna. Gifterna verkade alltså sätta igång processer i bakterierna, möjligtvis som försvar mot ämnens giftverkan.

Saknar gen

När det gäller PAH:er vet man sen tidigare att många mikroorganismer har gener för att kunna bryta ner denna typ av ämnen, men även om de kan bryta ner ämnet kan de ändå påverkas negativt. *Rheinheimera* sp. BAL341 saknar genen för att bryta ner PAH:er, vilket kan vara en förklaring till den negativa påverkan PAH:erna hade på bakterien.

Generna ger viktig information

PFAS är en grupp ämnen som först på senare tid uppmärksammats för sin världsomfattande spridning och sin persistens. Det finns flera kemikalier i denna grupp, alla mycket svårnedbrytbara. Det finns exempelvis inga rapporter om att PFOS och PFOA kan brytas ner under naturliga förhållanden. Det förklarar hur ämnen fått en så stor spridning.

I experimenten med *Rheinheimera* sp. BAL341 gav PFAS ingen effekt på tillväxten under den korta tid som experimenten utfördes. Däremot kunde en tydlig påverkan på genuttrycket påvisas. Dessa resultat antyder att en längre tids exponering, vilket är fallet vid naturliga förhållanden, skulle kunna påverka bakteriens tillväxt. Resultaten visar också på värdet av att nyttja den moderna tekniken för studier av genuttryck för att kunna påvisa miljögiftsproblem innan de fått effekter på ekosystemet. ●



Hur påverkas marina bakterier av miljögifter? Den allmänt förekommande bakterien *Rheinheimera* sp. BAL341 användes i experiment för att undersöka det.

Karlsson, Christofer M. G.; Cerro-Galvez, Elena; Lundin, Daniel; et al. 2019. *Direct effects of organic pollutants on the growth and gene expression of the Baltic Sea model bacterium Rheinheimera sp. BAL341*. Microbial Biotechnology, WILEY 2019, Vol. 12, (5) : 892-906.

GAMLA SYNDER GER PROBLEM

Dioxiner i strömning minskar inte i den takt som förväntats, trots att många källor till luftföroreningar minskat sina utsläpp. Tidigare klorfenolanvändning kan vara en del av förklaringen.



Dioxinerna bildas som föroreningar i olika processer. De är svårnedbrytbara, och förändras inte mycket när de transporteras med luft, vatten och bundna till partiklar.

Dioxinkoncentrationerna i strömning från Östersjön har länge varit så höga att det inte är tillåtet att sälja fisken inom EU, vare sig som människoföda eller djurfoder. Hos människor misstänks dioxiner bland annat påverka fortplantningen och immunförsvaret, och verkar också kunna orsaka cancer. De binder till organiskt material och fett, och kan därför ansamlas i djur med hög fetthalt, som till exempel strömning.

Det är ett känt och omtalat miljöproblem för Östersjön. När dioxinproblemet upptäcktes på 1970-talet sattes åtgärder in, och halterna i fisk har sjunkit sedan dess. På senare år ses dock en avtagande minskningstakt och sammansättningen av dioxiner i strömning har förändrats. Vilka källor är viktigast idag? Varför har sam-

mansättningen ändrats och varför minskar inte halter i fisk snabbare?

Bildas vid förbränning

Dioxin är inte bara ett ämne, utan ett samlingsnamn för flera hundra olika ämnen. De olika dioxinerna, och sina närbesläktade dibensofuraner och bifenyler (PCB) har mycket snarlika grundstrukturer, som kan ha olika antal kloratomer bundna till sig. Hur kloratomerna är placerade i molekylerna avgör om de klassas som dioxin eller dioxinlika ämnen och inte minst deras giftighet. Olika källor har olika sammansättning, och utifrån sammansättningen i dioxinblandningen kan man tala om var dioxinerna kommer från.



Dioxinerna bildas som föroreningar i olika processer vanligtvis under höga temperaturer, till exempel vid avfallsförbränning och metalltillverkning. Klorfenoler, som tidigare användes för att förhindra svampangrepp inom träindustrin, innehåller också höga halter av dioxiner. Det har varit förbjudet att använda klorfenoler i över trettio år i Sverige, men dioxinerna finns kvar i marken eller i närliggande botten sediment på ett stort antal platser där klorfenol tidigare använts.

Forskare spårar källorna

Under många år har EcoChangeforskare fokuserat på dioxiner och närbesläktade ämnen, och utvecklat metoder för att kunna spåra källorna till de dioxiner som hittas i havsmiljön. Man har också följt utvecklingen i miljön noga, och sett att koncentrationerna i den fysiska miljön minskat i takt med att utsläppen till luften minskat. Men de dioxinblandningar man hittar i den fysiska miljön är inte desamma som dem som man hittar i strömming, och den nedgång man ser i den fysiska miljön är inte alls lika tydlig när det gäller halterna i strömming i vissa delar av Östersjön.

Svårtolkade källor

Dioxinerna är svårnedbrytbara, vilket innebär att de inte förändras så mycket när de transporteras med luft, vatten och bundna till partiklar. Men även om ämnena är stabila så tas de olika formerna av dioxiner upp i olika grad och metaboliseras olika i fisken, vilket innebär att sammansättningen av dioxiner förändras när de hamnar i strömmingen. Detta gör det svårare att utreda var dioxinerna i fisken kommit från. Resultaten från strömming är därför svårare att tolka, men genom att koppla samman

resultaten från halter och sammansättning i strömming med de sen tidigare kända mönstren för olika dioxinkällor har forskarna kunnat dra slutsatser kring källorna till dioxinerna i strömmingen.

Läckage allt viktigare

Utsläppen av dioxiner från olika former av förbränning minskar, men står fortfarande för en stor andel av dioxiner i strömming. Sverige står för ungefär en tredjedel av depositionen av dioxiner från luft, så åtgärder i andra länder är därför viktiga för att minska halterna. Dioxiner som härstammar från klorfenoler av olika slag tycks under senare år utgöra en allt större andel av dioxinerna i strömmingen. Läckage från sediment eller direkt från förorenade områden på land verkar vara ett allt viktigare bidrag till dioxinerna i fisken.

Till viss del kan detta vara ett resultat av att åtgärdsarbetet prioriterat luften framför läckage från historiskt belastade botten sediment och kustnära förorenade områden på land. Förändrade trender i halter kan ha en förklaring i att strömmingen växer långsammare nu jämfört med för tjugo år sedan. Om strömmingens tillväxt blir lägre kommer en fisk av en viss längd att vara äldre, och då hunnit lagra mer dioxiner i kroppen. Förändringar i sammansättning kan ha flera fysiska och ekologiska förklaringar kopplade till olika möjliga källor. Faktorer såsom ökad avrinning med ökat läckage från land, förändrade födoval hos marina organismer, nya arter, förändrade födovävar och andra ekologiska faktorer påverkar upptag och transport i näringskedjan, och kan resultera i en förändrad sammansättning i fisk. ●

Strömming från Östersjön innehåller så mycket dioxin så att det inte är tillåtet att sälja fisken inom EU.

Assefa, Anteneh; Tysklind, Mats; Bignert, Anders 2019; *Sources of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans to Baltic Sea herring*. Chemosphere, Elsevier, Vol. 218 : 493-500.

FISKEMBRYON VISAR PÅ COCKTAILEFFEKTER

I Bottniska viken finns områden som varit hårt belastade av industriell verksamhet, och där bottensedimenten innehåller en mängd olika miljögifter. Problemen med bottensedimenten är väl kända, men hur giftiga är de egentligen?



Havsbottnarnas sediment fungerar som stora förråd för en mängd olika miljögifter.

För att ta reda på det räcker det inte att mäta vilka kemikalier som finns i sedimenten. Enskilda ämnens giftighet och effekter på ekosystemet kan vara relativt kända, men det blir betydligt svårare att bedöma den så kallade cocktaileffekten, det vill säga effekten av blandningar. Är ett plus ett alltid två, eller kan kombinationerna av olika ämnen öka eller minska giftigheten?

Belastade sediment undersöks

En grupp EcoChangeforskare har deltagit i en studie där sediment från Kramfors, Örnsköldsvik och Sundsvall undersökts. Områ-

dena ligger i Bottenhavet, och har en lång historia med sågverksindustri, pappersmasseindustri och annan industriell verksamhet. Sedimenten inom dessa havsområden är hårt belastade av olika miljögifter. För att få en bild av sedimentens potentiella påverkan på ekosystemet använde sig forskarna av nybefruktade fiskembryon.

Fiskembryor ger många svar

Studien gick ut på att testa hur mycket information kring giftighet och effekter som går att få ut genom att använda den så kallade FET-metoden. FET står för Fish Embryo



Embryon från zebrafiskar har utsatts för sediment som innehåller miljögifter, för att man ska kunna bedöma den så kallade cocktaileffekten.

Acute Toxicity test, och har utvecklats som ett alternativ både till den vanligen använda AFT-metoden (Acute Fish Toxicity test) och till att göra tester på cellnivå. I FET-metoden används nybefruktade embryon av zebrafiskar.

Embryona utsätts för det man vill testa, och följs noggrant under fyra dagar. Under dagarna som testet pågår hinner embryona exempelvis utveckla hjärta och en viss rörlighet. Förutom att mäta överlevnaden kan man även mäta effekter såsom påverkan på hjärtslagen, morfologiska förändringar och vissa beteendeförändringar. Metoden är snabb och relativt billig, och embryona hinner aldrig bli så välutvecklade att de kan uppleva smärta. Men de kan ge information om effekter på mer komplicerade organismer, vilket tester på cellnivå inte kan.

Att testa giftighet med hjälp av fiskembryon ger möjligheter att få en mer nyanserad bild av effekterna på ekosystemet. Förutom att mäta dödlighet efter en viss tids exponering går det att mäta en rad andra faktorer, såsom koagulering av äggen, den morfologiska utvecklingen och hjärtslag. Neurologiska skador, morfologiska missbildningar och förändringar i beteende kan ge viktig information om effekter inte bara på enskilda individer, utan även på populationsnivå.

Högst belastning i Kramforsområdet

I denna studie hölls fiskembryona i uppslammade sediment från de olika områdena.

Sedimenten analyserades också med avseende på bland annat över 200 organiska miljögifter. Effekterna som visade sig bland fiskembryona gick sedan att kopplas till olika sammansättningar av miljögifter. Dessa analyser visade att sedimenten från Kramfors hade den sammanlagt högsta miljögiftsbelastningen av de tre områdena. Dessa sediment innehöll också mycket högre koncentrationer av PAH:er, medan sedimenten från Örnköldsvik innehöll bekämpningsmedel mot bland annat svamp och insekter.

Skilda effektmönster

Vissa effekter uppträdde i alla områden, medan andra var specifika för något av områdena. Alla embryon som utsatts för Kramforssediment fick krökta ryggrader och långsamma, spastiska rörelser. En sänkt hjärtrytm upptäcktes i tester från alla tre områden, även om effekten var tydligast i testet med Kramforssediment.

Det gick alltså att urskilja olika effektmönster för de olika områdena, vilket gick att koppla till sedimentens sammansättning av miljögifter. Studien kunde visa på effekter som var resultat av de olika blandningarna av miljögifter, så metoden verkar alltså fungera väl för att kunna testa cocktaileffekter, och för att kunna bedöma vad olika blandningar av miljögifter kan tänkas få för effekt på populationer och på havsmiljön. ●

Massei, R., Hollert, H., Krauss, M. et al. 2019. *Toxicity and neurotoxicity profiling of contaminated sediments from Gulf of Bothnia (Sweden): a multi-endpoint assay with Zebrafish embryos*. Environ Sci Eur 31.

DÖDLIG VITAMINBRIST I HAVET

Lax, ejder, gråtrut. Dessa havslevande djur, och kanske fler därtill, är tidvis drabbade av brist på vitamin B₁, eller tiamin. Vitaminbristen får allvarliga effekter på överlevnad och reproduktion. Men varför uppstår problemet?



Reproduktionsstörningar hos lax upptäcktes redan för över 45 år sedan. Inte förrän på 1990-talet kunde problemet identifieras: tiaminbrist.

För att gå till botten med tiaminbristen i havet har Emil Fridolfsson, forskare vid Linnéuniversitetet fokuserat på basen i födoväven, där allting har sin början. I december 2019 försvarade Emil sin doktorsavhandling om tiamin i den akvatiska födoväven.

Tiamin är ett av åtta B-vitaminer, och har beteckningen B₁. Det är ett vitamin som är livsnödvändigt för alla djur, och har en viktig funktion i ämnesomsättningen av kolhydrater och proteiner. Men djuren kan inte själva

producera tiamin, utan måste få i sig det genom födan. Tiamin är också vattenlösligt, vilket gör att det inte lagras i kroppen i någon större utsträckning. Djuren måste därför ha ett kontinuerligt intag av det under hela livet.

Lösning utan förklaring

Reproduktionsstörningar hos laxfiskar upptäcktes för över 45 år sedan, med stora problem med laxyngel som dog. Det dröjde ända fram till mitten av 1990-talet för forskarna att identifiera att det var tiaminbrist som orsakade

reproduktionsstörningarna. I kompensationsodlingar kunde rom och yngel badas i tiamin, vilket återställde överlevnaden till normala nivåer. Men problemet var återkommande, och förklaringar till varför vitaminbristen uppstod saknades.

Länge fokuserade forskningen på de övre delarna av födoväven, där effekterna var som allra tydligast. Kunde förklaringen finnas i förändringar i laxens föda? För laxar är födan planktonätande fisk såsom strömming och skarpsill. Strömming och skarpsill skiljer sig åt vad gäller hur mycket tiamin de innehåller i relation till hur mycket fett och energi de har. Förändringar i balansen i laxens föda mellan dessa två arter ansågs kunna förklara den uppkomna vitaminbristen, men den direkta kopplingen mellan skiften i denna balans och symtom på tiaminbrist var inte entydig. För att komma närmare en förklaring och lösning på problemen krävdes att gå till källan, där tiaminflödet i födoväven har sin start.

Små tiaminproducenter

Allt tiamin som finns i havsmiljön och de organismer som finns där har producerats av små mikroorganismer, främst bakterier och växtplankton. Det är inte alla arter som har förmågan att producera tiamin, en del är beroende av att ta upp tiamin ur vattnet. Dock är koncentrationerna av tiamin i havsvatten så låga att de knappt går att mäta.

Högre organismer, som djurplankton och fisk, får i sig tiamin via födan. De små tiaminproducenterna äts av djurplankton och små kräddjur, som i sin tur äts av högre organismer.

Växtplankton med nyckelroll

Tiaminproducerande växtplankton har en viktig roll i ekosystemet. De utgör föda åt djurplankton, och för på så sätt in det viktiga tiaminet i födoväven. Tiamininnehållet varierar stort mellan olika arter av växtplankton, vilket gör att växtplanktonsamhällets sammansättning får en avgörande roll för hur mycket tiamin som kommer att finnas tillgängligt för djur på högre nivåer i födoväven. Även tillgängligheten hos tiaminet kan variera mellan olika typer av växtplankton. Här finns en nyckel till problemen med tiaminbrist. Om sammansättningen av arter förändras kan det få stora konsekvenser för djuren i toppen på födoväven.

Otillgängligt tiamin i cyanobakterier

Bland de växtplanktonarter som undersökts har filamentösa cyanobakterierna de allra högsta koncentrationerna av tiamin, men som föda har



de låg kvalitet för djurplankton. Tiaminet som finns i de filamentösa cyanobakterierna förs därmed inte vidare lika effektivt till djurplankton och fiskar.

Mindre individer – mer tiamin

Det finns en tendens att mindre individer innehåller förhållandevis mer tiamin. Detta har visats för såväl djurplankton som blåmusslor. Samtidigt verkar en förskjutning mot mindre växtplankton innebära en större risk för tiaminbrist högst upp i födoväven, på grund av en mindre effektiv överföring från små pikoplankton till djurplankton.

Orsak fortfarande inte klarlagd

Det har tidigare presenterats teorier om vad tiaminbristen orsakas av, och kopplingar har gjorts till exempelvis hur mycket planktonätande sill/strömming och skarpsill det finns. Det har också diskuterats dessa arters innehåll av tiaminas, ett enzym som bryter ner tiamin.

Eftersom tiaminet produceras av växtplankton och bakterier ligger det nära till hands att utgå från att förändringar i dessa mikrobiella samhällen skulle kunna vara orsaken till tiaminbristen. Nya studier kring tiaminbrist hos lax tyder på att tiaminbristen uppstår vid storskaliga förändringar i vissa abiotiska förhållanden. Ett samband kunde påvisas mellan tiaminbrist hos lax och stagnationsperioder, med bland annat sötare vatten, lägre fosfat- och kiselhalter och högre halter av kväve. Dessa stagnationsperioder påverkar sammansättningen av såväl växtplankton som djurplankton. Under dessa perioder fanns även förhållandevis stora populationer av sill och skarpsill. Men trots att det går att påvisa en koppling till de abiotiska förhållandena och födovävsstrukturen är det i dagsläget svårt att säga exakt hur tiaminbristen uppstår. ●

Djurplankton får i sig tiamin genom att äta växtplankton. Djurplanktonen utgör i sin tur föda åt högre organismer, såsom fisk.

Fridolfsson, Emil 2019. *Thiamin (vitamin B₁) in the aquatic food web*. Doktorsavhandling, Linnaeus University Press Växjö 2019.

GÄDDOR – ÖVERLEVARE I EN FÖRÄNDERLIG MILJÖ?

Kustlevande gäddor har studerats i området runt Kalmar och på Öland, och stora genetiska skillnader har påvisats inom det som tidigare betraktades som en population. Gäddans förmåga att anpassa sig till en varierande miljö kan vara dess nyckel till överlevnad.



Kevin Vikström

Är gäddan en överlevare i framtidens Östersjö? Den verkar iallafall ha en inneboende förmåga till anpassning till förändringar i miljön.

Gäddan har en nyckelroll i sötvatten och brackvatten över hela norra halvklotet. Den är stor och långlivad, och kan som toppredator reglera lägre nivåer i födoväven. Gäddan har dessutom ett stort värde för både kommersiellt fiske och sportfiske.

Den kustlevande gäddan lever i blandade populationer under den tid på året då de äter upp sig i kustvattnen. När det blir dags för lek delar gäddorna upp sig. Ungefär hälften av gäddorna i området stannar i kustområdets bräckta vatten när det är dags för lek, medan hälften vandrar upp i sötvatten för att leka. De gäddor som vandrar upp i sötvatten har en stark drift att söka sig till det område där de ursprungligen kläcktes. Gäddorna som vandrar upp i sötvatten delar därför upp sig i en mängd populationer.

Anpassade till miljön

Den låga salthalten i Östersjön innebär att många arter lever på gränsen av sin utbredning. Det gäller både sötvattensarter och marina arter. Under senare tid har specifika brackvattenpopulationer påvisats för många arter, och i en del fall har anpassning till brackvattenmiljön gått så långt att det utvecklats separata arter. Redan i fjolårets årsrapport för EcoChange visade forskarna på salthaltens betydelse för de beteendemässiga och morfologiska skillnader som upptäckts hos gäddorna.

Genetiskt olika

EcoChangeforskarna har arbetat vidare med frågor kring gäddornas förmåga att anpassa sig till skilda miljöförhållanden, och har nu

även kunna visa på genetiska skillnader mellan gäddorna. De gäddor som leker i sötvatten skiljer sig tydligt från de som stannar kvar i brackvattenmiljön vid lek. Det finns även tydliga genetiska skillnader mellan gäddor som lever vid fastlandskusten jämfört med de som lever vid kusten runt Öland. Genetiska skillnader har också upptäckts mellan gäddor som leker i olika vattendrag, även om lekområdena bara ligger några kilometer från varandra.

Skiljs åt av barriärer

För att dessa skillnader ska kunna uppstå krävs barriärer som gör att inte populationerna blandas vid leken. När det gäller gäddorna består inte dessa barriärer av fysiska hinder. Gäddorna kan vandra upp i vilket sötvatten som helst, och de lever tillsammans under en stor del av året. För gäddornas del verkar barriären istället vara en kombination av stort avstånd mellan populationerna, anpassningar till olika miljöförhållanden och att gäddorna har en stark drift att söka sig tillbaka till det område där de en gång kläcktes när det är dags för lek.

Temperaturanpassade gäddfamiljer

I fjolårets årsrapport för EcoChange rapporterades det om gäddornas anpassning till olika salthalter. Forskarna har nu gått vidare, och har även undersökt gäddpopulationernas anpassning till olika temperaturförhållanden. Två områden har studerats, den ena på fastlandet norr om Kalmar och den andra på Öland. Vid en snabb anblick verkar vattentemperaturerna i våtmarkerna där gäddorna leker vara relativt lika under året. Det finns dock en stor skillnad mellan de två områdena: I det ena området torkar det rinnande vatten som förbinder våtmarken med havet ut tidigt, vilket gör att gäddor som leker i detta område tvingas leka tidigt på säsongen för att sedan kunna vandra tillbaka till havet. Därför kommer dessa gäddor att leka vid betydligt lägre temperaturer, och rom och yngel kommer att utsättas för låga temperaturer. Frågan är hur de olika populationerna anpassat sig efter de olika temperaturförhållandena de utsätts för under leken, och vilken inneboende förmåga de har att klara en föränderlig miljö.

Genom att utsätta rom och yngel från de olika populationerna för olika temperaturer växte bilden fram av gäddor som inte bara anpassat sig på populationsnivå, utan till och med på familjenivå. De gäddor som tvingades leka vid lägre temperaturer visade sig ha anpassat sig efter dessa förhållanden, så att deras ägg kläcktes och ynglen överlevde och växte bättre



vid låga temperaturer jämfört med gäddor som lekte vid högre temperaturer.

Viktig kunskap för förvaltning

Populationerna av gädda i kustområdena har minskat, och en rad åtgärder har satts in för att få tillbaka starka bestånd av denna viktiga rovfisk. Våtmarker som är lämpliga för gäddlek har återskapats, och i vissa fall har man också satt ut gäddyngel i hopp om att det ska stärka populationerna. Men för att åtgärderna ska få önskad effekt krävs att man känner till vad som styr fiskpopulationernas struktur i dessa områden. I många fall har tidigare beslut om åtgärder tagits grundade på antagandet att de kustlevande gäddorna tillhör en och samma population. De detaljerade studier som genomförts ger en helt annan bild, med en mängd olika, genetiskt skilda populationer av kustlevande gädda.

Framtida överlevare?

Klimatförändringarna påverkar redan hav och kustområden, och vi vet att ekosystemen kommer att utsättas för stora förändringar. Generellt ökar temperaturen i haven, men på en lokal skala kan exempelvis gäddpopulationer bli tvungna att klara av att leka vid lägre, inte högre, temperaturer. Detta kan orsakas av större variationer i väderförhållanden och ökande frekvens av torrperioder. Det verkar som om den kustlevande gäddan har en inneboende förmåga till anpassning, som gör att den kan överleva även i en förändrad miljö. Helt avgörande är dock att förvaltningen av dessa gäddpopulationer tar hänsyn till detta, så att den genetiska variation som finns bland den kustlevande gäddan bibehålls. ●

Gäddor som leker i sötvatten jämförs med gäddor som stannar kvar i kustområdet för att leka. Resultaten visar att det finns en mängd olika, genetiskt skilda populationer av gädda inom ett geografiskt litet område.

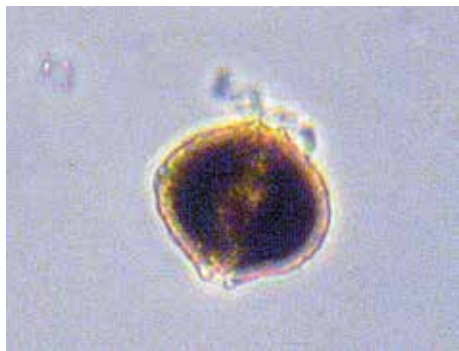
Nordahl, Oscar; Koch-Schmidt, Per; Sunde, Johanna; et al. 2019.

Genetic differentiation between and within ecotypes of pike (Esox lucius) in the Baltic Sea. Aquatic conservation.

Sunde, Johanna; Larsson, Per; Forsman, Anders. 2019.

Adaptations of early development to local spawning temperature in anadromous populations of pike (Esox lucius). BMC Evolutionary Biology, BMC 2019, Vol. 19.

GIFTALG RUSTAD FÖR FRAMTIDEN



Dinoflagellaten *Alexandrium ostenfeldii* verkar tyvärr vara väl rustad för framtida förändringar i miljön.

Att ha vilostadier i form av cystor är en effektiv metod för plankton att säkra sin överlevnad genom perioder med sämre miljöförhållanden. Förråden av vilande cystor fungerar som reserver, ofta med en högre genetisk variation än den del av populationen som är i tillväxtfas. Därigenom kan dessa cystor vara en viktig faktor för överlevnad när miljön förändras.

Många växtplanktonarter har dessa vilostadier. Cystorna kan överleva i bottensediment i sjöar och hav i årtal, ibland till och med i decennier. Hos dinoflagellater är denna typ av cystor vanliga, och en effektiv överlevnadsstrategi.

Gör samlat eller utspritt i tid

Själva processen när cystorna vaknar till liv och gror kan triggas av att förhållandena blir gynnsamma, vilket kan innebära att en stor andel av cystorna gror synkroniserat under en begränsad tidsperiod. I andra fall gror vilostadierna mer utspritt över långa tidsperioder, vilket antyder att de klarar av en stor variation i miljöförhållandena.

Kan gynnas i framtida hav

Dinoflagellaten *Alexandrium ostenfeldii* orsakar giftiga algblomningar i grunda kustvatten i Östersjön. Precis som många andra dinoflagellater producerar den vilostadier som en del av sin livscykel. Tidigare undersökningar har visat att förrådet av vilande cystor i kustsediment innehåller en stor genetisk variation.

Den ökning av temperatur på 3 till 5 grader som har prognosticerats för Östersjön kan tänkas bli ännu större i de grunda, skiktade vatten där *A. ostenfeldii* är som vanligast. Förhöjda sommartemperaturer skulle kunna göra att *A. ostenfeldii* ökar, vilket kan komma att orsaka problem på grund av dess förmåga att producera gifter. Det

Den giftiga dinoflagellaten *Alexandrium ostenfeldii* verkar tyvärr klara av förändringar i både temperatur och salthalt utan att det påverkar hur dess vilande cystor gror. Hos denna dinoflagellat finns en stor genetisk variation, och den är väl rustad att möta klimatförändringarna.

är därför viktigt att ha en grundlig förståelse för mekanismerna bakom artens tillväxt, för att kunna förutsäga artens påverkan på framtidens hav. Forskarna ville därför undersöka om förändringar i salthalt och temperatur påverkar i vilken omfattning vilocellerna vaknar till liv och börjar dela sig. Genom att utsätta vilande celler för olika salthalter och temperaturer ville forskarna ta reda på om speciella stammar av dinoflagellaten selekteras fram av de förändrade miljöförhållandena redan när vilostadierna ska vakna till liv, eller om denna selektion sker senare i tillväxtfasen.

Opåverkad groning

Till forskarnas förvåning visade resultaten att groningsfrekvensen var i stort sett opåverkad av förändringarna i salthalt och temperatur. Det verkar alltså inte vara så att vissa stammar av arten selekteras fram vid groningen av att salthalt och temperatur förändras. Möjligtvis påverkades groningshastigheten en aning, men i slutändan hade lika stor andel av vilocellerna grott oavsett om salthalt och temperatur hade förändrats. I senare tillväxtfaser kan däremot salthalt och temperatur ha stor påverkan på denna art.

Väl rustad för framtiden

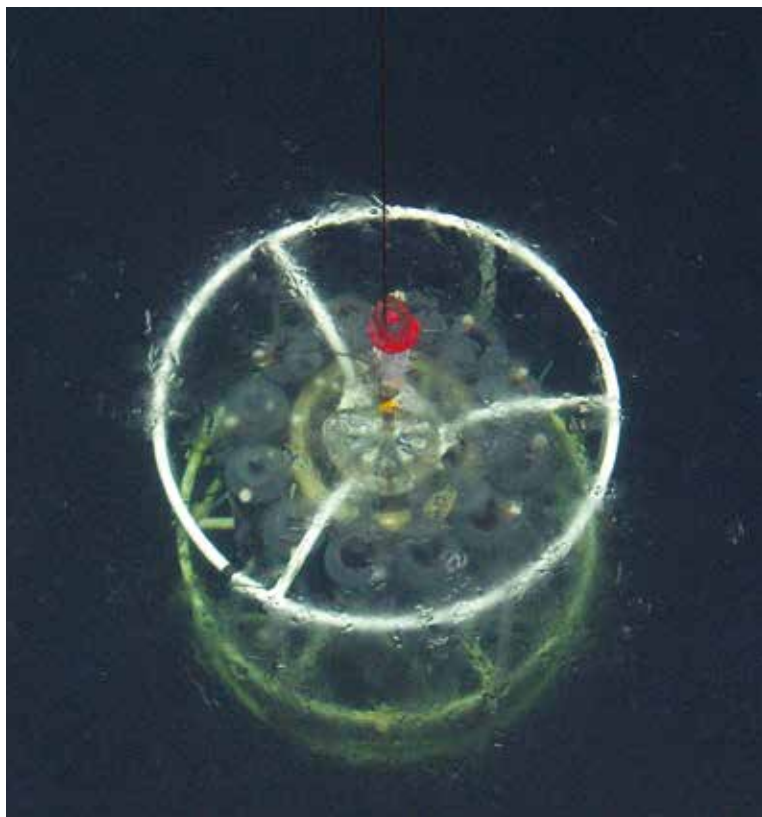
A. ostenfeldii verkar inte ha någon tydlig viloperiod under året. Vilocellerna kan vakna till liv när som helst under året, även om det framförallt sker under vår och sommar. Vilocellerna verkar ha stor genetisk variation, och arten har därigenom en stor inneboende tolerans mot varierande miljöförhållanden. Den verkar tyvärr vara väl rustad för att klara föränderliga miljöförhållanden, tack vare stor tolerans mot olika förhållanden, sin anpassningsförmåga och den stora genetiska variationen i populationen. ●

Jerney, Jacqueline;
Suikkanen, Sanna;
Lindehoff, Elin; Anke
Kremp 2019.

Future temperature and salinity do not exert selection pressure on cyst germination of a toxic phytoplankton species.

Ecology and Evolution,
WILEY 2019, Vol. 9, (8)
: 4443-4451.

VIKTIG VARIATION SOM LÄTT MISSAS



Från dag till dag varierar det mikrobiella samhället i Östersjöns ytvatten. Genom att under flera år mäta mycket oftare än vad som är vanligt har forskare kunnat visa på en variation som kan vara viktig att känna till, men som lätt missas vid glesare provtagningar.

Täta provtagningar avslöjar en variation som annars lätt missas. På bilden en så kallad rosetthämtare med tolv separata vattenhämtare.

Bakterierna har en mycket viktig roll i havens ekosystem, inte minst i Östersjön. De reglerar flödet av näring och energi i födoväven, och hälften av det kol som fixeras genom växtplanktonens fotosyntes används av bakterier för deras tillväxt, andning och metabolism.

Ömsesidig påverkan

Bakterierna påverkas av växtplankton, och växtplanktonblomningar leder till tydliga öknings i bakteriernas tillväxt. Men även det motsatta gäller – bakterierna påverkar näringstillgången, och har därmed en påverkan på växtplanktonens tillväxt. Det visar på komplexiteten i systemet, och att ekologiska interaktioner kan ha stor påverkan på den mikrobiella näringsväven. Detta kan även påverka högre nivåer i näringsväven.

Tre års intensiva mätningar

Men trots deras viktiga roll är kunskapen om hur bakteriesamhällena varierar över tid bristfällig. För att få en bättre bild av denna variation gav sig en grupp EcoChangeforskare ut till den fasta provtagningsstationen LMO, Linnaeus Microbial Observatory. Provtagningsstationen ligger 11 kilometer nordost om Öland, och under tre år togs

vattenprover därifrån två gånger i veckan.

Den normala provtagningsfrekvensen inom exempelvis miljöövervakning är en gång per månad eller ännu mer sällan.

Täta provtagningar visar variation

Med denna höga upplösning kunde forskarna visa att de månatliga mätningarna i och för sig ger en tillräckligt bra bild av vissa abiotiska faktorer, såsom temperatur. Men det verkar som om förändringar i de mikrobiella samhällena sker på en mycket finare skala, där det handlar om dagar upp till några veckor. I de månatliga mätningarna missas stora förändringar som kan vara viktiga att känna till för exempelvis bedömningar av det mikrobiella samhällets produktivitet och ekologiska funktion.

Säkrare prognoser

En höfrekvent provtagning av bakterier och växtplankton möjliggör analyser av hur processer förändras i tid. Förståelse för den variation som finns i ekosystemet, hur de olika delarna påverkas av varandra och hur de påverkas av förändrade miljöförhållanden kan göra modeller av ekosystemet bättre och prognoserna om framtidens Östersjö säkrare. ●

Bunse, Carina;
Israelsson, Stina; Baltar,
Federico; et al. 2019.
*High Frequency Multi-
Year Variability in
Baltic Sea Microbial
Plankton Stocks and
Activities*. Frontiers
in Microbiology,
FRONTIERS MEDIA
SA 2019, Vol. 9

ÖKANDE DIVERSITET I GRUNDA KUSTOMRÅDEN

Att artdiversiteten förväntas öka som ett resultat av klimatförändringar kan tänkas förvåna, men så verkar det vara i nordliga, grunda kustområden i Östersjön. En grundlig studie av födovävens basala delar visar en finstämd balans mellan växtplankton, mixotrofer och bakterier. En balans som förändras i klimatförändringarnas spår.

De allra minsta organismerna i havet har en fundamental roll i havets ekosystem. I en vattendroppe kan vi hitta mängder av växtplankton, cyanobakterier, bakterier och mixotrofer. Vissa kan binda koldioxid och solljus, och omvandla det till organiskt material. Andra kan bryta ner dött organiskt material, och göra näringen och energin tillgänglig för ekosystemet igen.

Primärproducerande växtplankton

Växtplankton är autotrofer, vilket betyder att de kan producera organiskt material från koldioxid i atmosfären och solljus, det vill säga fotosyntes. Denna funktion, som också kallas primärproduktion, är det dominerande sättet att bygga in nytt kol och ny energi i ekosystemet. Marina växtplankton bidrar med hälften av jordklotets primärproduktion.

Växt och djur på samma gång

Mixotrofer är både djur och växter på en och samma gång – de kan både fotosyntetisera och äta andra organismer. Vid speciella förhållanden verkar de kunna konkurrera ut både autotrofer och heterotrofer, eftersom de kan ta tillvara ljus när det finns och ta upp organiska föreningar när de finns tillgängliga. Konkurrensen mellan autotrofer, heterotrofer och mixotrofer ger en balans mellan de olika typerna av organismer. En balans som lätt kan rubbas när

förhållandena förändras.

Eftersom mixotrofer kan kombinera fotosyntes med att exempelvis äta bakterier, kan de få en konkurrensfördel när närings- och ljusförhållandena är sämre.

Bakterier äter älvkol

Bakterierna är heterotrofa, vilket innebär att de är oförmögna att utföra fotosyntes. Istället måste de förlita sig på primärproducenter för att få tillgång till organiska kolföreningar. Bakterierna kan nyttja lättillgängliga organiska kolföreningar som läckt ut i vattnet från växtplankton. Älvsjön och annat vatten som runnit ut i havet från land innehåller stora mängder löst organiskt material, speciellt då vattnet härrör från myrmark. Dessa kolföreningar är inte lika lättillgängliga för bakterierna som läckaget från växtplankton, men eftersom denna typ av kolföreningar finns i sånt överflöd gör de att bakterierna blir mindre beroende av läckaget från växtplankton.

Säsongvariation

Vilka mikroorganismer som växer och frodas varierar under året och för olika områden. Det är en finstämd balans mellan en rad olika faktorer som exempelvis temperatur, ljus och näring. På våren är vattnet kallt, men det finns ett överflöd av ljus och stora mängder av det annars så begränsande näringsämnet



fosfor. Förhållandena gynnar stora arter av växtplankton, som kiselalger.

När näringsförrådet i vattnet töms och vattnet värms upp kommer mindre plankton att gynnas. Dessa kan vara autotrofa, mixotrofa eller heterotrofa. Dessa små plankton har en konkurrensfördel av att vara just små – de har en större yta i förhållande till sin volym än de större växtplanktonen.

Hav som liknar sjö

De grunda kustområdena i den nordligaste delarna av Östersjön liknar mer humusrik sjöar än hav. Till skillnad från havsområden längre söderut är detta område fosforbegränsat, precis som många sjöar. Vattnet som rinner ut i havet från land är brunfärgat av de stora områdena med myrmark i avrinningsområdet. Den bruna färgen missgynnar växtplanktonen, eftersom ljusklimatet blir sämre. Bakterierna, däremot, gynnas av de stora mängderna av organiskt material som följer med vattnet.

Ökande artdiversitet

En grupp EcoChangeforskare har gjort en grundlig studie av vad som styr balansen mellan olika mikroorganismer i ett grunt kustområde i nordligaste delen av Östersjön. Studien visar på en succession som till viss del skiljer sig från vad som rapporterats i tidigare studier. Resultaten antyder exempelvis att artdiversiteten kan

komma att öka i dessa grunda kustområden, vilket i sin tur leder till ett mer effektivt nyttjande av de begränsade resurserna, och därigenom en högre total produktion.

Mixotrofer kan gynnas

Studien visar att även mixotrofer verkar gynnas av de sämre ljusförhållandena, de höga halterna av löst organiskt material och de speciella näringsförhållandena. Mixotrofer gynnas av stort inflöde av älvvatten och kväve. Den mixotrofa flagellat som dominerade var *Chrysochromulina* spp. Mixotroferna visade sig ha en viktig roll i födoväven i området, och deras betydelse ökade när bakterieproduktionen ökade.

Successionen under året i dessa områden skiljer sig från den längre söderut i Östersjön, visar studien. Mängden löst organiskt material i vattnet är högt på våren, vilket missgynnar de stora växtplanktonen och istället gynnar heterotrofa bakterier och mixotrofa plankton. Bakterierna överväger i början på säsongen, medan autotrofa växtplankton dominerade senare under sommaren. Primärproduktionen visade sig vara som högst under de varma sommarmånaderna, när flödet från älvarna är låga. Dessa resultat visar på stora skillnader mellan grunda, nordliga kustområden och Östersjöns utsjö. ●

Vårblomning i Bottenhavet.

Paczkowska, Joanna; Rowe, Owen F.; Figueroa, Daniela; et al. 2019. *Drivers of phytoplankton production and community structure in nutrient-poor estuaries receiving terrestrial organic inflow*. Marine Environmental Research, Elsevier 2019, Vol. 151.

ECOCHANGE – FÖR HAVETS OCH VÅR SKULL

Efter tio års intensivt arbete har kunskapsnivån kring hav och klimat höjts avsevärt, men fortfarande finns många frågor som kräver svar. Det behövs kraftfull och kontinuerlig forskning kring dessa frågor, säger Agneta Andersson, vetenskaplig koordinator för forskningsprogrammet EcoChange.



Det behövs en kraftfull och kontinuerlig forskning om havsmiljön och effekter av klimatförändringar, både för vår och havets skull. Det säger Agneta Andersson, vetenskaplig koordinator för forskningsprogrammet EcoChange.

Varför behövs EcoChange även i framtiden? Frågan ställs till professor Agneta Andersson, som är vetenskaplig koordinator för forskningsprogrammet.

”För havets och vår skull. Havsmiljön är utsatt för så många miljöhot, och problemen är ständigt pågående och föränderliga. Klimatförändringarna utgör ett reellt hot mot balansen i ekosystemet, och störningar får effekter genom hela födoväven, ända upp till oss människor. Därför behövs en kraftfull och kontinuerlig forskning.”

En stadig grund

Agneta har varit vetenskaplig koordinator för forskningsprogrammet EcoChange ända sedan starten för tio år sedan. Hon blickar tillbaka på en period som varit utvecklande för den marina forskningen om Östersjön.

”Forskningsprogrammet EcoChange har gett oss möjlighet att utveckla våra forskningsidéer kring frågor som gäller klimatförändringarnas effekter på ekosystemet i havet. Anslagen till EcoChange har gett oss en stadig grund att stå på när vi sedan sökt medel från andra håll. Det har berikat forskningsmiljön, och också gjort att vi utvecklat kontaktnät såväl nationellt som internationellt.”

Ringar på vattnet

En del av verksamheten som Agneta särskilt vill framhålla är den utbildning av forskare som gjorts inom EcoChange. Över trettio personer har hittills doktorerat inom programmet. Dessa personer har gått vidare till forskning eller inom miljöförvaltningen, och har på så sätt fört ut den erhållna kunskapen till samhället.

”Det är en stor glädje för oss i ledningen för

EcoChange att se hur dessa personer får viktiga positioner i samhället. Det blir verkligen ringar på vattnet!”, säger Agneta, som själv varit handledare för ett stort antal doktorander.

Strategiskt forskningsområde

Det hela började för drygt tio år sedan, då regeringen utlyste stora summor pengar för att inrätta strategiska forskningsområden.

Havsmiljön pekades ut som ett intressant område, och ledningen för Umeå universitet uppmanade Agneta att delta i arbetet med att skriva en ansökan. Tillsammans med dåvarande föreståndaren för Umeå marina forskningscentrum, professor Ulf Båmstedt, började hon definiera den inriktning mot hav och klimatförändringar som skulle komma att bli det framtida EcoChange.

Starkt samarbete

Vad var då framgångsreceptet för EcoChange? Vad gjorde att ansökan beviljades, trots enormt stor konkurrens? Agneta beskriver en mycket intensiv ansökningsperiod där många personer var inblandade och mycket tid lades ner. Resultatet blev en väl sammanhållen ansökan med en tydlig målformulering. En viktig faktor var också idéerna om samarbete med andra lärosäten.

”Redan på planeringsstadiet såg vi fördelarna med att hitta samarbetspartners som skulle kunna komplettera vår forskning både vetenskapligt och geografiskt. Linnéuniversitetet, med sin starka marina verksamhet vid Kalmarlaboratoriet, uppfyllde med råge dessa kriterier, och visade sig vara mycket positivt till att delta.”

Från biokemi till fisk

EcoChange har sedan starten handlat om att undersöka vilka effekter klimatförändringarna kommer att ha på Östersjöns ekosystem. Ett sextiototal forskare arbetar idag inom en rad olika områden, från den minsta molekylen till fisk. Redan från början var miljögifter i ekosystemet en viktig del av forskningen. Med tiden har interaktioner mellan de olika nivåerna i födoväven hamnat alltmer i fokus. Kemin kopplas samman med biologin, bakterier och plankton med fisk och den lilla havsviken sätts i ett globalt perspektiv.

”Vi studerar exempelvis kvalitetsförändringar i ekosystemet, hur klimatförändringarna kan påverka biologiska processer. Sammanställningen av fettsyror hos djurplankton som har betydelse för planktonätande fisk och tiaminbrist som periodvis uppstår i ekosystemet



är några av de områden vi arbetar med. Små förändringar som kan få stora konsekvenser. Vi måste förstå vad som händer och hitta sätt att hantera problemen.”

Anpassning till nya förhållanden

Högre vattentemperaturer, utsötning och brunifiering av vattnet är effekter av klimatförändringarna som forskarna kände till redan innan forskningsprogrammet startade. Förändringarna går snabbt, och frågan är om ekosystemet kommer att kunna anpassa sig till de nya förhållandena.

”Svaret är både ja och nej. Det finns delar av ekosystemet och ekosystemfunktioner som inte kommer att kunna anpassa sig, och där vi vet redan nu att vi står inför en del svåra konsekvenser. Samtidigt visar vår forskning att det finns en anpassningsförmåga bland vissa organismer som gör att konsekvenserna kan mildras.”

Maximal samhällsnytta

Genom att sätta resultaten från Östersjöforskningen i ett globalt perspektiv kan mer generella slutsatser dras om vilka mekanismer som reglerar födoväven. Detta kan vara oerhört viktigt för hur resultaten kan användas i praktiken.

”Utmaningen är att ta reda på vad det finns för möjligheter att hantera de stora miljöproblemen i Östersjön, och vilka åtgärder som är de bästa och mest kostnadseffektiva. Vi arbetar fram viktiga beslutsunderlag, utvecklar förbättrade metoder för övervakning och hjälper som rådgivare till med frågor som rör klassificering av havsmiljön. Vår nära koppling till havsmiljöförvaltningen är avgörande för att vår forskningsverksamhet ska göra maximal nytta i samhället.”

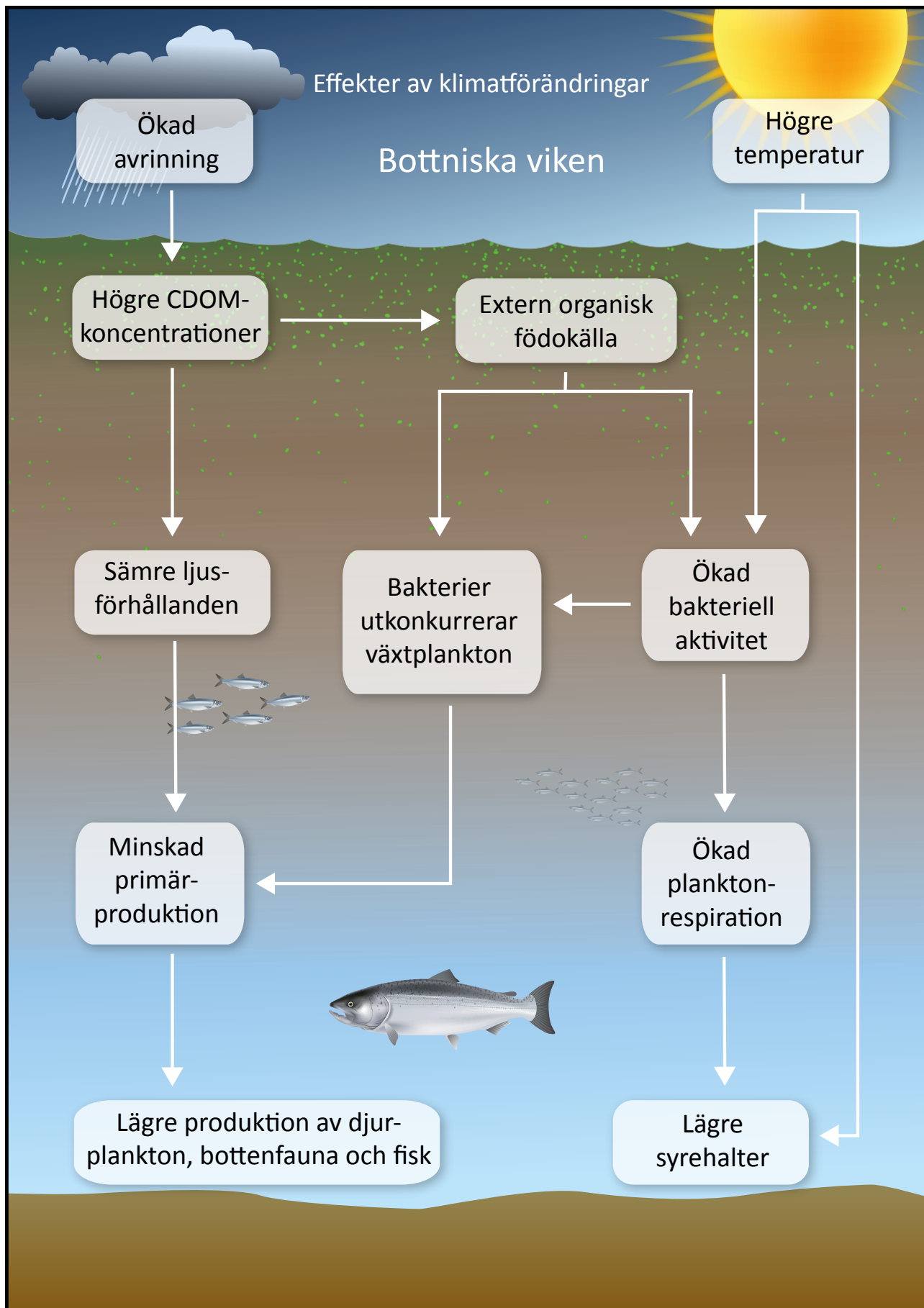
Långsiktighet nyckel till framgång

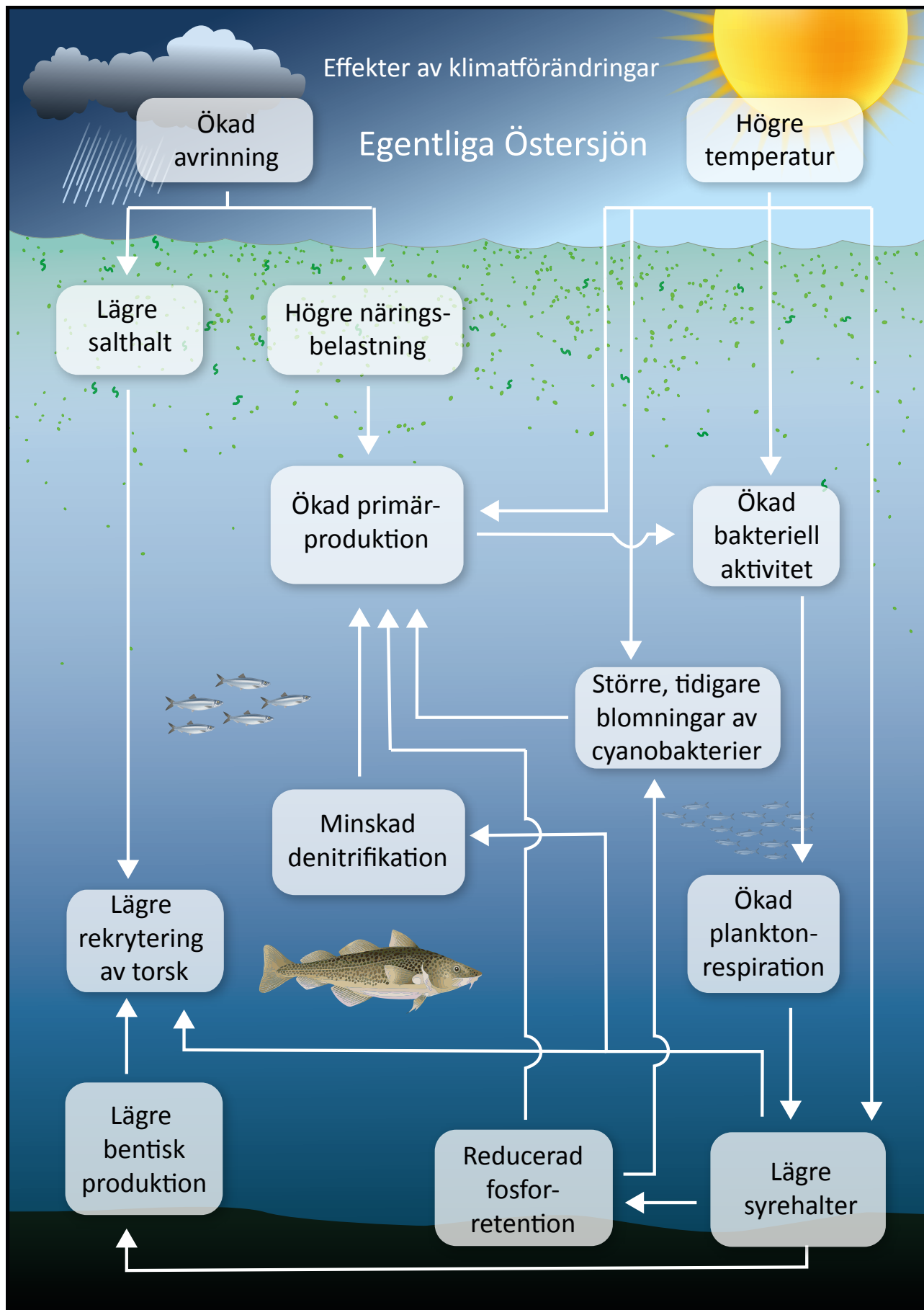
EcoChange har pågått i tio år, och Agneta lyfter fram långsiktigheten som en viktig faktor.

”Vi har haft ynnesten att kunna arbeta mer långsiktigt än vad som annars är brukligt inom forskarvärlden. Därigenom har vi haft möjlighet att vidareutveckla forskningsområden, och att slutföra de olika projekt som påbörjats. Det har definitivt varit en av nycklarna till framgång.” ●

Inom EcoChange hanteras frågor kring de stora miljöproblemen, såsom övergödning och miljögifter. På bilden en blomning av potentiellt giftiga cyanobakterier.

Artikeln bygger på en intervju med Agneta Andersson genomförd i mars 2020.





EcoCHANGE.

EcoChange ökar kunskapen kring konsekvenserna av klimatförändringar i marina system. Utgångspunkten är att klimatförändringarna påverkar temperatur, salthalt och koncentration av löst organiskt kol och näringsämnen i Östersjön. Detta leder till en försämrad födoväseffektivitet, och därigenom en ökad ackumulation av miljögifter i marina organismer. Födoväseffektivitet är ett centralt begrepp inom forskningsprogrammet, och en hög effektivitet är en god indikator på ett friskt ekosystem.

EcoChange är en del av regeringens strategiska satsning på havsmiljöforskning, och bygger på ett nära samarbete mellan Umeå universitet och Linnéuniversitetet, samt Sveriges lantbruksuniversitet och Naturhistoriska riksmuseet. Umeå universitet är värdar för programmet. Ett sextiotal forskare arbetar idag med projekt kopplade till EcoChange. Samarbete sker med andra forskare och forskargrupper världen över.

Den här rapporten beskriver verksamheten inom forskningsprogrammet under året 2019. I rapporten presenteras ett urval av den forskning som publicerats vetenskapligt under året.. Mer information om EcoChange finns på www.umu.se/ecochange/



UMEÅ
UNIVERSITET

Linnéuniversitetet 