

Planteplanktons effekt på den økologiske balance som funktion af N:P forholdet	Ansvarlig	CLHV
	Oprettet	22-12-2016
	Side	1 af 9

Projekt: 3733, Optimering af ny Miljøregulering

Fytoplankton

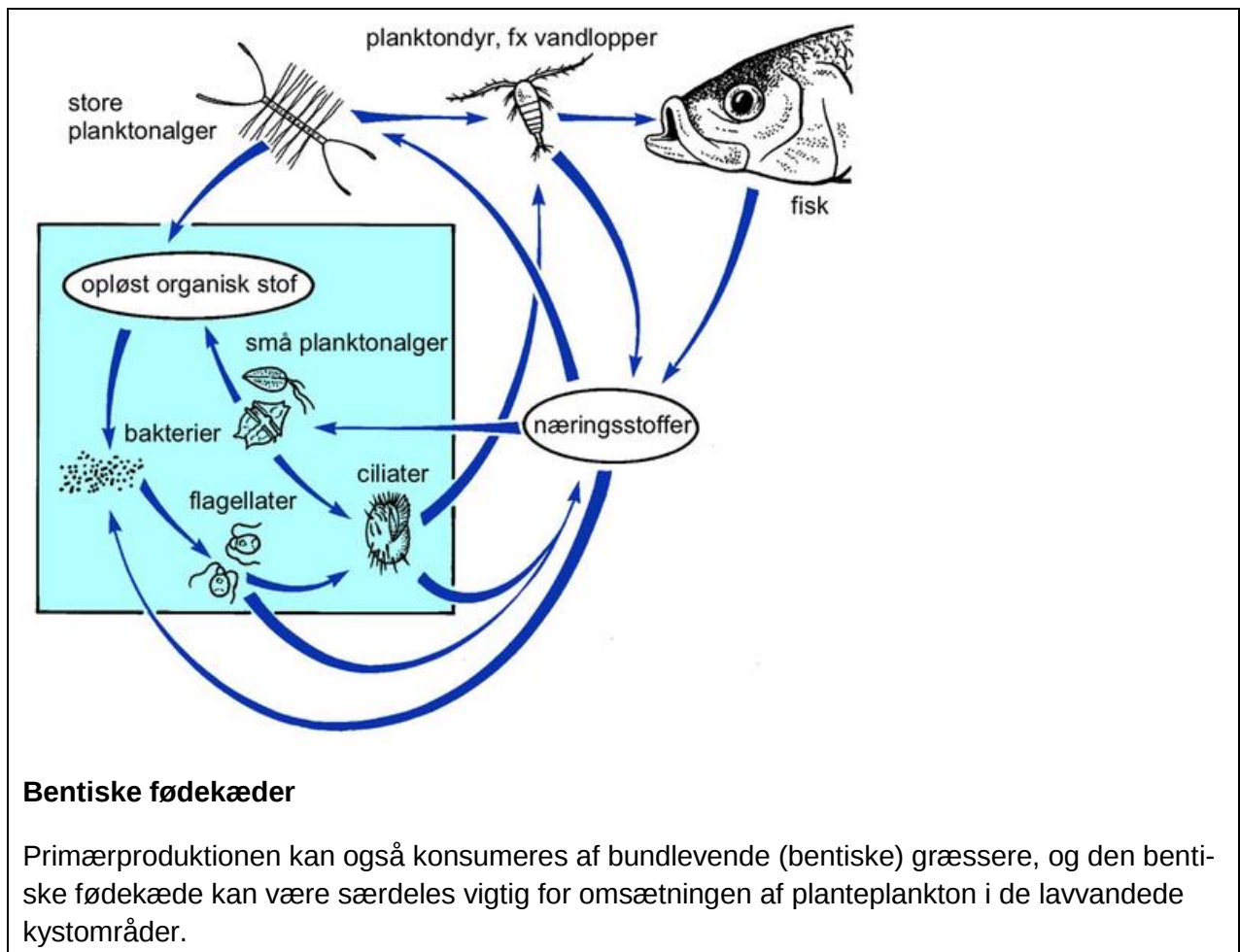
Ifølge EU's Vandrammedirektiv er målet at alle marine vande i 2015 skal kunne klassificeres med "god økologisk status", vurderet ud fra en række biologiske kriterier. For fytoplankton vil det sige, at algesamfund skal opnå en tilstand som for uforstyrrede samfund eller kun vise få tegn på forstyrrelser. Fytoplankton kan måles i vandsøjlen enten ved optælling af celler i vandprøver eller ved indirekte at måle koncentrationen af pigment associeret med fytoplankton (klorofyl a) (Dromph, et al., 2013).

Planteplankton kaldes også for fytoplankton og udgør små fritflydende alger, der udgør det første led i den pelagiske fødekæde. Fytoplankton indeholder kloroplaster til skabelse af fotosyntese og fungerer dermed som "planter", som ved hjælp af solens lysenergi og optag af næringsstoffer skaber vækst. Fytoplankton "afgræsses" af zooplankton (eller dyreplankton) som derved bliver næste led i fødekæden.. Fytoplankton har en kort levetid og reagerer derfor hurtigt på forhold, der påvirker deres vækst, f.eks. ændringer i næringsstofftilførsel og lysindstråling. Mængden af biomasse af fytoplankton i vandet bestemmes af de respektive vækstfaktorer samt af tabsprocesser som græsning og udsynkning. Vandets klarhed påvirkes af mængden af fytoplankton, som derved påvirker miljøtilstanden i det marine miljø (Hansen, 2015).

Fytoplanktonorganismers cellestørrelse og elementære opbygning har stor indflydelse på individer, populationer, samfund såvel som hele økosystemer. Sunde fytoplanktonforhold tenderer oftest til at have et molært N:P forhold på 16:1 også kaldet Redfield forholdet, og deres sammensætning har vist sig at variere afhængig af ændringer i biotilgængeligt N og P og i mindre grad i forhold til ændringer i lysindstråling, temperatur og kuldioxid. Der er dermed beviser for, at artssammensætningens elementære støkiometri afhænger af miljømæssige forhold specielt i de øverste lag, hvor fotosyntesen foregår. Ved mangel på næringsstoffer vil fytoplanktons cellestørrelser mindskes, hvilket har afgørende effekt på stoftransport gennem både den pelagiske og benthiske fødekæde (Finkel, et al., 2010).

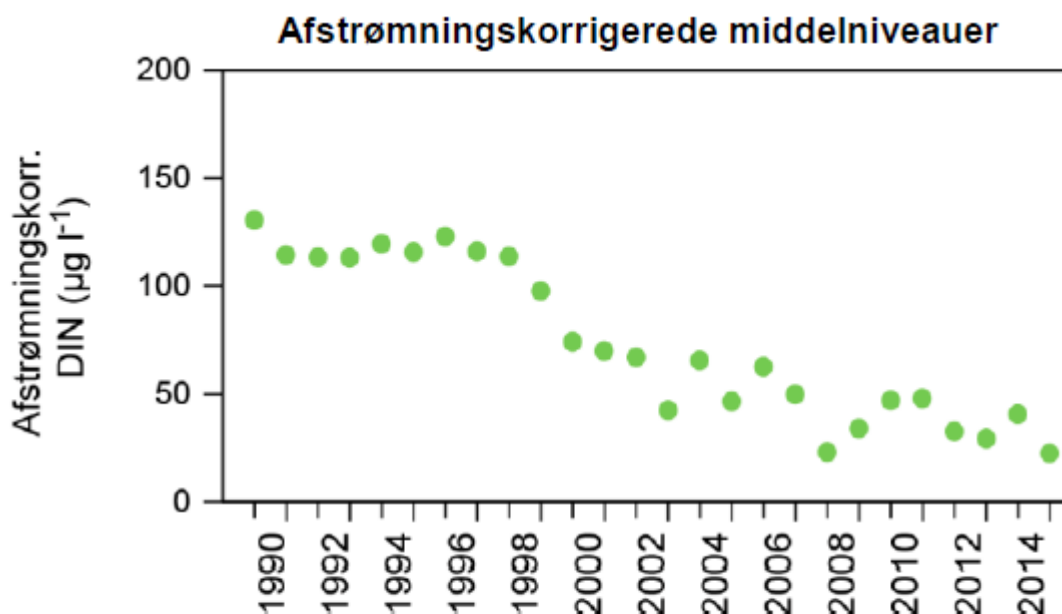
Pelagisk fødekæde

Længden (antallet af led) af fødekæden afhænger af størrelsen af det planteplankton, der dominerer primærproduktionen. Store planktonalger som f.eks. kiselalger, kan græsses af zooplankton (f.eks. vandlopper), der igen ædes af større organismer (f.eks. fiskelarver). I sådanne tilfælde er fødekæderne korte, og overførslen af organisk stof fra de første- til de sidste led i fødekæden er effektiv. Ved en ringe næringstilgængelighed er små alger eller cyanobakterier ofte ansvarlige for primærproduktionen, og derved bliver fødekæderne længere, og stofoverførslen ineffektiv.

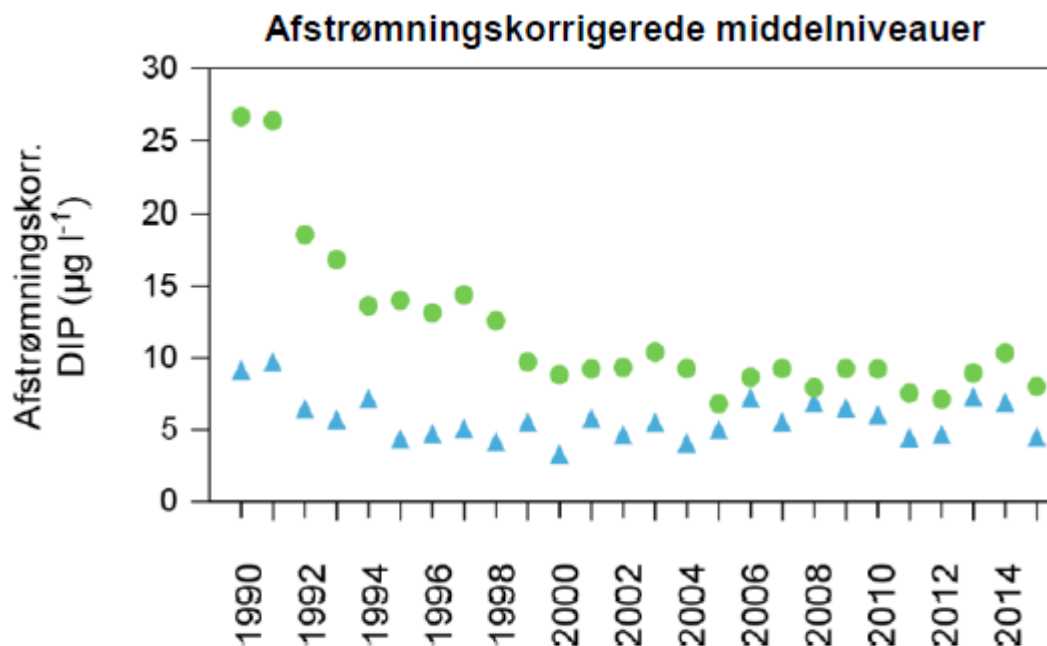


Hvordan har næringsstofferforholdene for plankton ændret sig over tid?

Siden midten af 1990'erne har der været et stabilt fald i kvælstofbelastningen som følge af en række tiltag inden for landbruget. I perioden fra midten af 1980'erne og ca. 10 år frem har spildevandsrensningen betydet, at fosfortilførslerne er faldet med op mod 80 %. Reduktionen har bevirket, at koncentrationen af fosfor og kvælstof er mindsket betydeligt. Det har ført til forbedringer for nogle parametre, mens andre parametre ikke har responderet betydeligt. For en del af parametrene er der en tidsforsinkelse mellem den mindskede belastning og responset, bl.a. fordi de strukturelle forhold har ændret sig. Desuden er det ikke sikkert, at tilstanden vender tilbage til tidligere tiders tilstand, da systemet kan have stabiliseret sig i en ny tilstand (Hansen, 2015).

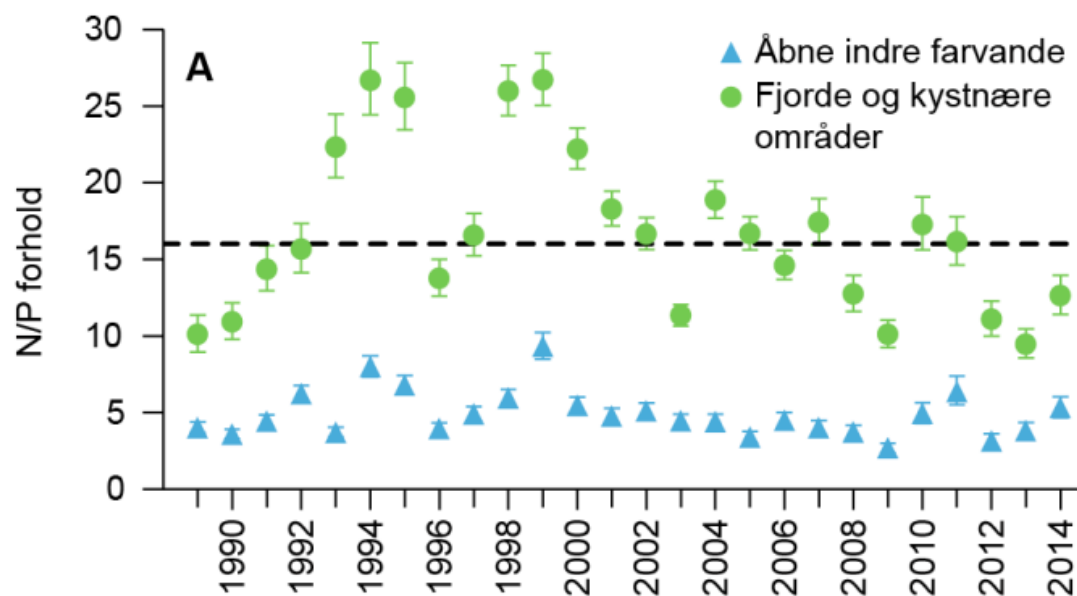


Figur 1 Afstrømningskorrigerede middelværdier for opløst uorganisk N (DIN) i fjorde og kystnære områder for perioden 1990-2014 (Hansen, 2015)



Figur 2 Afstrømningskorrigerede middelværdier for opløst uorganisk P (DIP) i fjorde og kystnære områder (grøn) samt i åbne indre farvande (blå) for perioden 1990-2014 (Hansen, 2015)

N:P forholdet mellem årsmidler af DIN og DIP toppede i 1999 og har i de senere år stabiliseret sig lige under Redfield-forholdet 16:1 (Figur 3). Dette er en konsekvens af at 1) DIP faldt frem til sidst i 1990'erne og stabiliseredes derefter mens 2) DIN først faldt fra midten af 1990'erne frem til i dag.

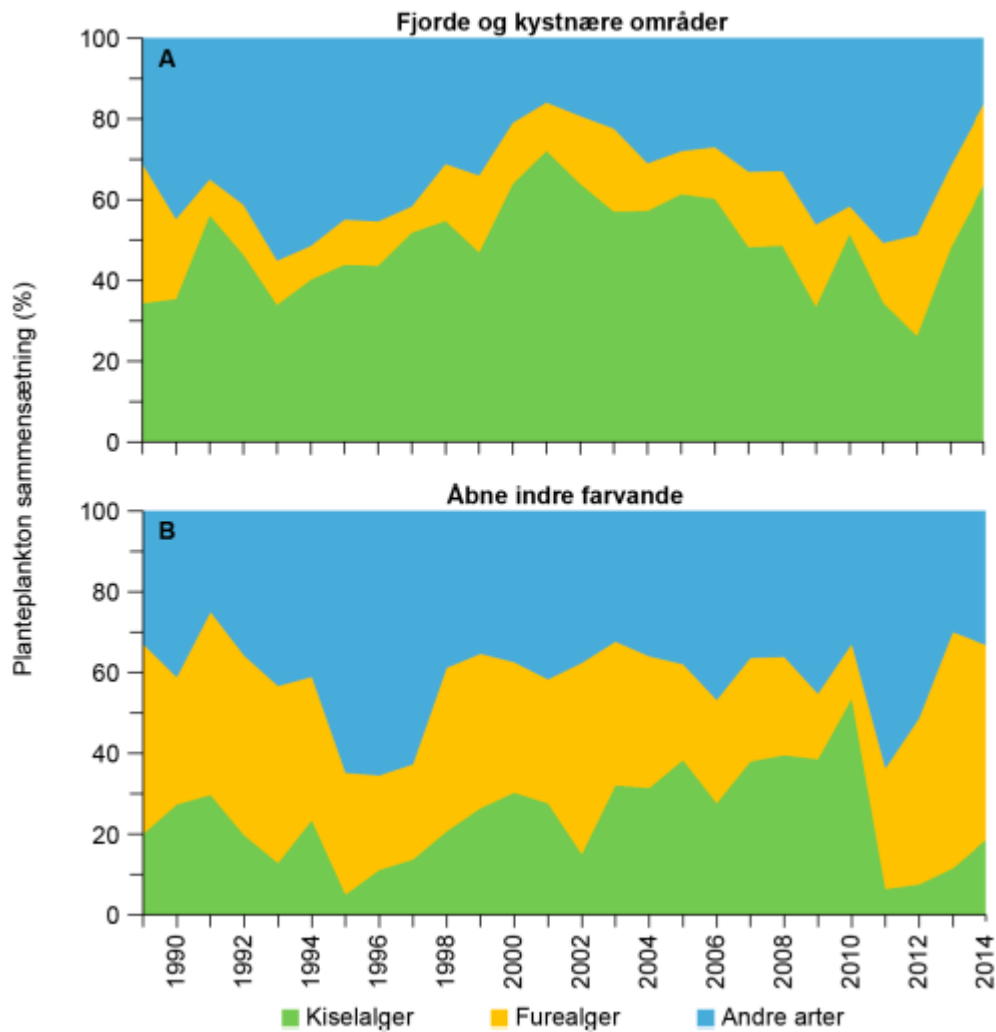


Figur 3N:P forholdet malt i perioden fra 1990-2014 for fjorde og kystnære områder samt for åbne indre farvande. N:P forholdene er placeret omkring Redfield forholdet (stiplet linje (Hansen, 2015))

Som konsekvens af det faldende N:P forhold i de kystnære områder, de sidste 15 år, er N blevet potentielt mere begrænsende for planktonvæksten siden 1990'erne.

Hvordan har planktonsammensætningen ændret sig over tid?

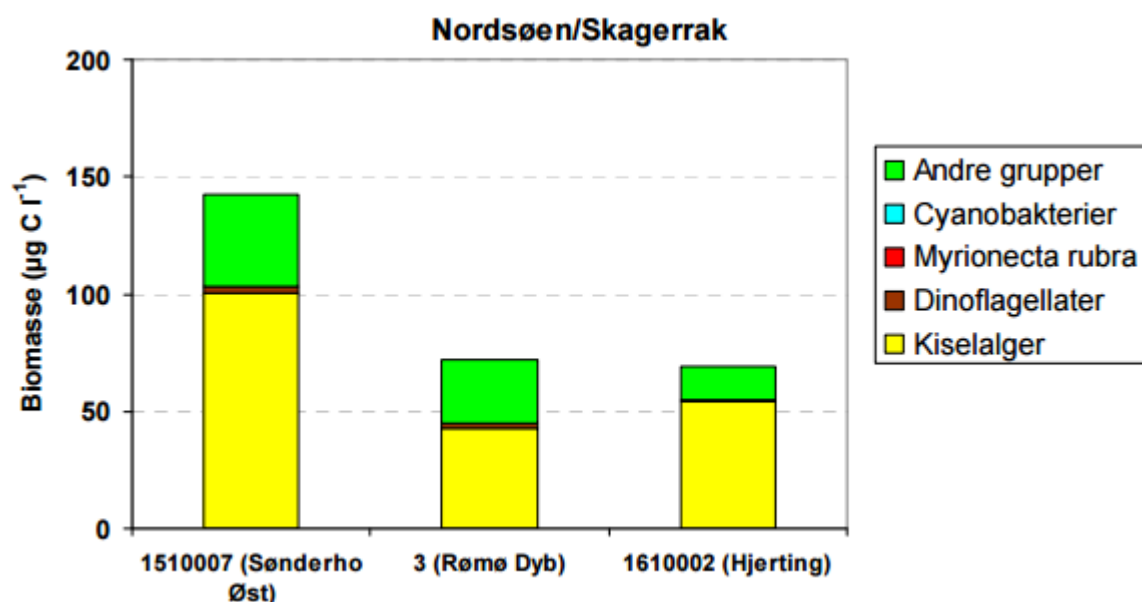
Den relative fordeling mellem kiselalger, furealger og andre algearter, beregnet som årsmiddelværdier i perioden 1989-2014, viser, at kiselalger udgør 30-70 % af den samlede biomasse i fjorde og kystnære områder (Figur 4 (1)) og mellem 5-50 % i de åbne indre farvande (Figur 4 (2)).



Figur 4 Den procentvis artssammensætning af planteplankton i fjorde og kystnære områder (1) samt i åbne indre farvande (2) for perioden 1990-2014 (Hansen, 2015)

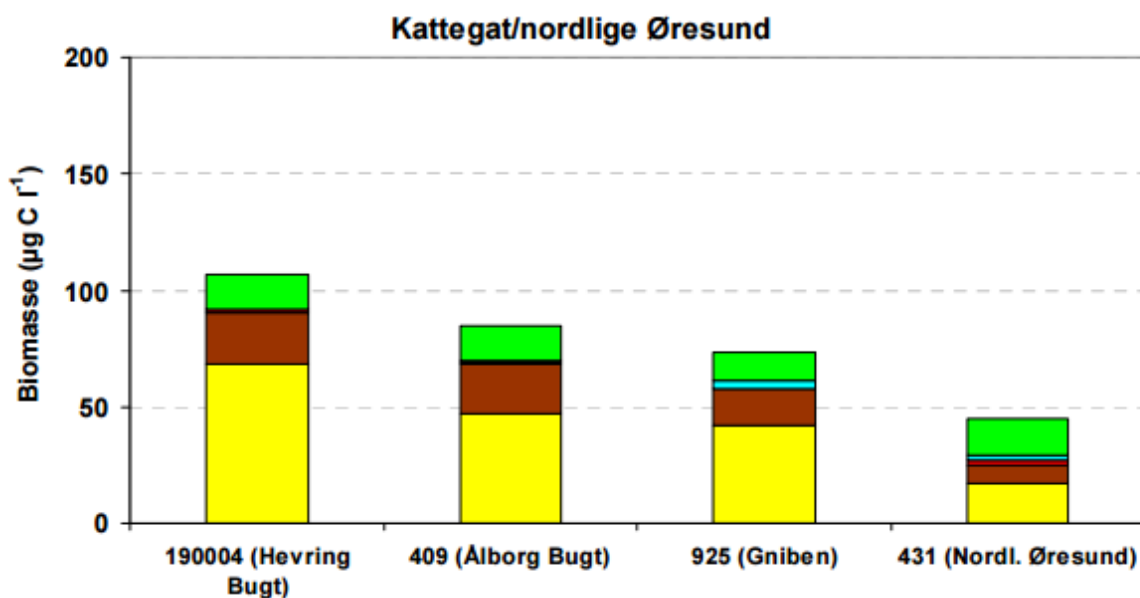
Sammensætningen af fytoplankton ved forskellige målestationer viser en betydelig variation i de dominerende arter afhængig af geografi (Henriksen, et al., 2012).

Fytoplankton i de kystnære områder af Nordsøen/Skagerrak er hovedsagligt sammensat af kiselaalger og andre grupper af flagellater mens mængden af dinoflagellater er lille (Figur 5).



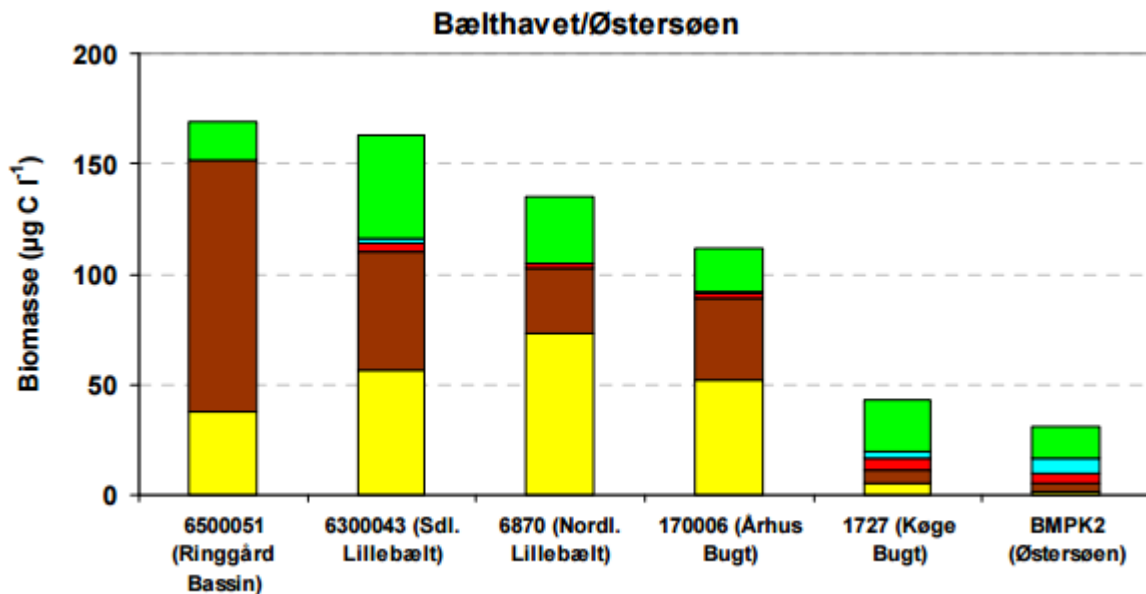
Figur 5 Biomassesammensætningen af fytoplankton for Nordsøen/Skagerrak for puljede vandprøver i perioden fra 2004-2009 (Henriksen, et al., 2012).

I områderne for Kattegat og det Nordlige Øresund er fytoplanktonsammensætningen domineret af kiselalger. Dinoflagellater og 'andre grupper' udgør mindre og omtrent lige store bidrag til biomassen (Henriksen, et al., 2012).



Figur 6 Biomassesammensætningen af fytoplankton for Kattegat/Nordlige Øresund for puljede vandprøver i perioden fra 2004-2009 (Henriksen, et al., 2012).

I Bælthavet/Østersøen præges fytoplanktonsammensætningen af dinoflagellater og 'andre grupper' og kun i beskedent omfang af kiselalger (Henriksen, et al., 2012).



Figur 7 Biomassesammensætningen af fytoplankton for Bælthavet/Østersøen for puljede vandprøver i perioden fra 2004-2009 (Henriksen, et al., 2012).

Ser man på zooplankton, som lever af fytoplankton, er der i fjorde og kystnære områder sket et signifikant fald i biomassen af calanoide og cyclopoide vandlopper, dafnier og mikrozooplankton over perioden fra 1989–2010. Dette falder sammen med et fald i fødegrundlaget målt som klorofyl (Henriksen, et al., 2012).

Hvad mener forskere i Danmark?

Seniorforsker ved Institut for Bioscience, Aarhus Universitet, Hans H. Jakobsen har mangeårig erfaring inden for fytoplanktonmonitoring. Ifølge målinger ser Hans Jakobsen ikke et generelt fald i algebiomasse over tid men understreger, at artssammensætningen kan ændre sig hurtigt (fra dag til dag eller fra måned til måned) afhængig af lysforhold, temperatur, næringsstoffer og tilstedeværelsen af græssere.

Det største energiindhold i alger ses om foråret, når sollys og næringsstofftilgængeligheden er stor. Her vil kiselalger ofte dominere i de kystnære områder. Senere på foråret/sommeren vil der flere steder ske en lagdeling i vandsøjlen, hvorved bundvand isoleres og næringsstoffer fra bunden dermed ikke vil kunne finde op til de øverste lag, hvor der foregår fotosyntese. Resultatet af lagdeling er ofte mindre celledørrelser på fytoplanktonet.

Forekomsten af blågrønalger er ikke et problem i danske farvande, da vi kun ser det ved Bornholm i perioder med konstant østenvind. Situationer med giftige alger ses hovedsageligt ved særlige forureningstilfælde. Ved ulykken i Fredericia, hvor store mængder N blev udledt blev der registreret opblomstring af giftige kiselalger, hvorved fiskeriet måtte lukke. Tidligere blev der registreret flere fremmedartede algetyper, men de findes ikke naturligt i de danske farvande længere.

Hvordan er næringsstofforholdene i internationale farvande?

I en undersøgelse blandt 88 marine målestationer fra forskellige steder i verden ses det, at for 61 målestationer var N:P forholdet > 16. Blandt dataene var det tydeligt, at de åbne oceaner havde relativt højere N:P forhold, mens de for kystnære områder var lavere.

De fleste opgørelser af N:P forhold er baseret på uorganiske former af N og P, velvidende at visse typer af fytoplankton er i stand til at optage på f.eks. organisk eller partikulær form. Evnen til at optage variable former for N og P gør netop visse fytoplanktonarter i stand til at optimere deres vækstbetingelser under Redfield forhold. Derfor er det relevant at være sig bevidst, at metoden for fastsættelse af N:P forholdet i marine miljøer kan have indflydelse på, om systemet vurderes af være N eller P begrænset (Glibert, et al., 2011).

Hvad mener forskere i udlandet?

Professor Patricia Glibert ved University of Maryland forsker i Phytoplankton Ecology og har skrevet flere artikler ((Glibert & Burkholder, 2011), (Glibert, et al., 2011) og (Glibert, 2016)) om algesamfunds respons på varierende N:P forhold.

Hun mener, at mens en øget algevækst ofte er en indlysende respons på næringsstoftildeling er den artsspecifikke respons derimod afhængig af et fysiologisk mix af tilstedeværende organismer, de miljømæssige forhold og formen på de næringsstoffer, der tilføres. En kraftig øget opblomstring af alger resulterer i en reduceret energioverførsel til højere trofiske stadier i fødekæden, da giftige algetyper ikke græsses effektivt og dermed overføres til fiskepopulationer.

MILJØER MED HØJE N:P FORHOLD

For at visse arter af fytoplankton kan optimere væksten ved høje N:P forhold har de tilpasset deres overlevelse til følgende "strategier":

1. De nøjes med mindre P
2. De anvender evt. en alternativ form for P
3. De anvender en mixotrof ernæringsform, der gør dem i stand til at optage andre organismer
4. De erhverver sig kun de fornødne næringsstoffer og frigiver resten
5. De udvikler forsvarsmekanismer som eksempelvis giftdannelse
6. De benytter metabolismen til at skabe favorable mikromiljøer

Høje N:P forhold fremprovokerer ofte arter, som har en lav vækstrate og som derudover har tendens til at udvikle toxiner, som kan skabe ubalancerede økosystemer (Glibert & Burkholder, 2011).

MILJØER MED LAVE N:P FORHOLD

Som for miljøer med høje N:P forhold er der også visse fytoplanktontyper som under lave N:P forhold har udviklet overlevelsestrategier:

1. De er i stand til at fikse N_2
2. De anvender en alternativ form for N
3. De anvender en mixotrof ernæringsform til at optage N via phagotrophy
4. De erhverver sig kun de fornødne næringsstoffer og frigiver resten
5. De udvikler forsvarsmekanismer som eksempelvis giftdannelse

Patricia Glibert mener, at hvis det er muligt at forstå sammenhængen mellem næringsstofbelastninger og giftige algeopblomstringer, er det dermed muligt at identificere nogle forvaltningsstrategier for at undgå markante algeopblomstringer. Hun skriver, at forvaltningsstrategier for ét enkelt næringsstof kan have markante konsekvenser for algesammensætninger og potentielt have en negativ kaskadeeffekt på hele fødekæder (Glibert & Burkholder, 2011).

Perspektiver

Sammenligningsgrundlaget mellem forhold i kystnære områder i Danmark og internationale farvande er meget beskedent. Arts sammensætningen af fytoplankton varierer kraftigt over korte perioder og er afhængig af en lang række faktorer. Forskning fra udlandet tyder dog på, at der er væsentlige grunde til at vide mere om forskellige algers optimale vækstbetingelser og se nærmere på, hvorledes forskelligartede algesammensætninger har indflydelse på de videre led i fødekæden. Danske opgørelser af måleresultater for fytoplankton er ikke specifikke nok til at sige noget om ændringen i artssammensætningen som funktion af N:P forholdet, da de er puljede for en 5-årig periode (Henriksen, et al., 2012) og ikke opgjort på eksempelvis månedsbasis. Derudover er der ikke fundet opgørelser over den direkte sammenhæng mellem N:P forhold ved forskellige målestationer og den tidsvise udvikling af fytoplanktonsammensætning. Dermed er der gode muligheder for at arbejde videre med det målrettede fokus at bestemme en mere nøjagtig relation mellem næringsstofniveauer og fytoplanktons udvikling for på den måde at blive klogere på, om der eventuelt er mere optimale måder at forvalte næringsstoffordelingen til de kystnære danske miljøer på.

Bibliografi

- Downing, J. A. (1997). Marine nitrogen: Phosphorus stoichiometry and the Global N:P cycle. *Biogeochemistry*, s. 37: 237-252.
- Downing, J. A., Osenberg, C. W., & Sarnelle, O. (1999). META-ANALYSIS OF MARINE NUTRIENT-ENRICHMENT EXPERIMENTS: VARIATION IN THE MAGNITUDE OF NUTRIENT LIMITATION. *Ecology*, s. 80(4) 1157–1167.
- Dromph, K. M., Agusti, S., Basset, A., Franco, J., Henriksen, P., Icely, J., et al. (2013). Sources of uncertainty in assessment of marine phytoplankton communities. *Hydrobiologia*, s. (704) 253–264.
- Finkel, Z. V., Beardall, J., Flynn, K. J., Quigg, A., Rees, T. A., & Raven, J. A. (2010). Phytoplankton in a changing world: cell size and elemental stoichiometry. *JOURNAL OF PLANKTON RESEARCH*, s. (32) 119–137.
- Glibert, P. M. (2016). Margalef revisited: A new phytoplankton mandala incorporating twelve dimensions, including nutritional physiology. *Harmful Algae* 55, s. 25-30.
- Glibert, P. M., & Burkholder, J. M. (2011). Harmful algal blooms and eutrophication: “strategies” for nutrient uptake and growth outside the Redfield comfort zone. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, s. (29) 724-738.
- Glibert, P. M., Fullerton, D., Burkholder, J. M., Cornwell, J. C., & Kana, T. M. (Oktober 2011). Ecological Stoichiometry, Biogeochemical Cycling, Invasive Species, and Aquatic Food Webs: San Francisco Estuary and Comparative Systems. *Reviews in Fisheries Science*, s. (19) 358-417.
- Hansen, J. W. (2015). *Marine områder 2014 NOVANA*. Aarhus Universitet, Bioscience.
- Henriksen, P., Møller, E. F., Dahl, K., Stæhr, P., Hansen, J., Pommer, C., et al. (2012). *Karakterisering af de biologiske forhold i de danske havområder - notat 1.3 for Naturstyrelsen*. DCE.