

HVA FORTELLER SEDIMENTENE OM MJØSAS UTVIKLING?

Anders Hobæk, Jarl Eivind Løvik og Thomas Rohrlack
(alle NIVA)

Med bidrag fra:
Helen Bennion (University College London)
og Peter Appleby (University of Liverpool)

Prosjektet er en del av Euro-limpacs, finansiert av EUs 6.
rammeprogram.

Støttet også av Vassdragsforbundet for Mjøsa med tilløpselver.

Takk!

NIVA



VASSDRAGSFORBUNDET
for Mjøsa med tilløpselver

Bakgrunn

På bunnen av innsjøer akkumulerer sedimenter. Disse består dels av uorganiske partikler (leire og silt transportert inn fra nedbørfeltet med tilløpselver) og dels av organisk materiale (både fra nedbørfeltet og produsert i innsjøen). Andelen uorganisk materiale varierer mye mellom innsjøer, avhengig av nedbørfeltets størrelse, høydeforhold og mengden løsmasser. Tykt jordsmonn og stor avrenning fører ofte mye organisk materiale (humus og jordpartikler) ut i innsjøene. I tillegg synker en stor del av innsjøens egen biologiske produksjon til bunns i delvis nedbrutt tilstand.

Noe av det organiske materialet brytes svært langsomt ned, og kan ligge i sedimentene i tusenvis av år som subfossiler. Hvis sedimentene ikke forstyrres utgjør de dermed et arkiv over tidligere tiders liv i og rundt innsjøen. En del rester av f. eks. høyere vegetasjon fra strendene kan identifiseres (makrofossiler), mens noen algegrupper også har strukturer som er bestandige og identifiserbare. Dette gjelder spesielt kiselalger, men også cyster av andre grupper som cryptophyceer



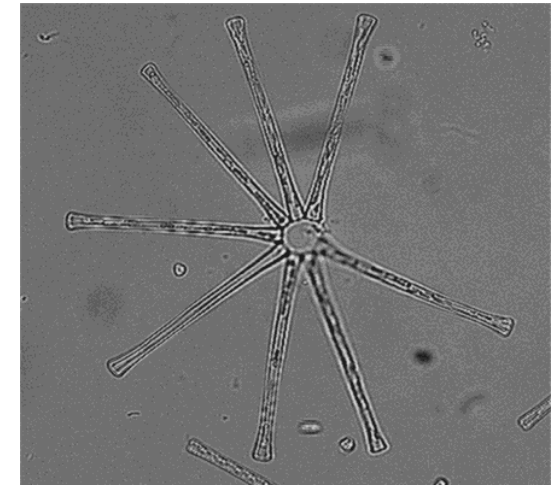
Skallrest av en vannloppe (*Acroperus harpae*) fra sediment

Planter (inklusive alger) inneholder også pigmenter som brytes langsomt ned, og innholdet i sedimentene kan måles. Av dyreplankton og bunnlevende krepsdyr finnes skallrester spesielt av vannlopper, men ikke alle arter har skall som bevares godt. Disse restene kalles ofte mikrofossiler siden de er så små.



Vannloppen *Daphnia cristata*
Foto: A. Hobæk

Bakgrunn



Kiselalgen *Asterionella formosa*
Foto: Great Lakes Diatom Home Page

I sedimentene finner vi også av og til rester av større dyr: f.eks. øresteiner fra fisk (som oftest forsvinner disse i våre vannkvaliteter) og insektrester (både fra vann og nedbørfelt). Mikrofosser omfatter også pollen fra vegetasjonen. Pollenanalyse basert på sedimenter fra innsjøer og myrer (som ofte har vært åpent vann før de grodde igjen) er vel kjent, og har gjort det mulig å rekonstruere hvordan landet ble kledd etter siste istid og hvordan vegetasjonen senere har utviklet seg. Metodene for å analysere og rekonstruere miljøforholdene i innsjøer utgjør en egen disiplin som kalles paleolimnologi.

I dette prosjektet benytter vi en paleolimnologisk tilnærming for å se på endringer i Mjøsa fra en tilnærmet upåvirket tilstand gjennom eutrofieringen på 1900-tallet og den langsomme bedringen som innsjøen nå er inne i. Prosjektet inngår i et stort europeisk forskningsprogram kalt [Euro-limpacs](#), som fokuserer på hvordan klimaendringer sammen med andre påvirkninger (som eutrofiering) vil endre forholdene i vann og vassdrag. Statistisk analyse av overvåkingsdata indikerer at et samvirke mellom temperatur og næringsalter kan være viktig for utviklingen i Mjøsa. En annen tilnærming i prosjektet er temaet her, nemlig sedimentanalyser der vi ser på subfossile rester av kiselalger og vannlopper, samt algepigmenter i sedimentavsetninger i Mjøsa.

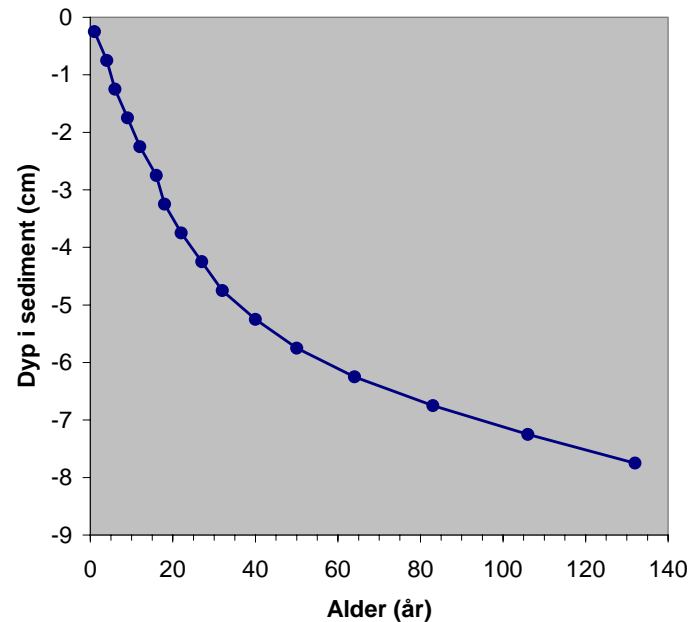
Prøvetaking

Vi valgte ut et område mellom Ottestad og Helgøya. Her skrår bunnen jevnt utover mot hovedbassenget, og tidligere data indikerer noenlunde jevn akkumulasjon av sedimenter i dette området. Samtidig er dette nær den delen av Mjøsa som har vært tidligst og kraftigst påvirket av eutrofiering.

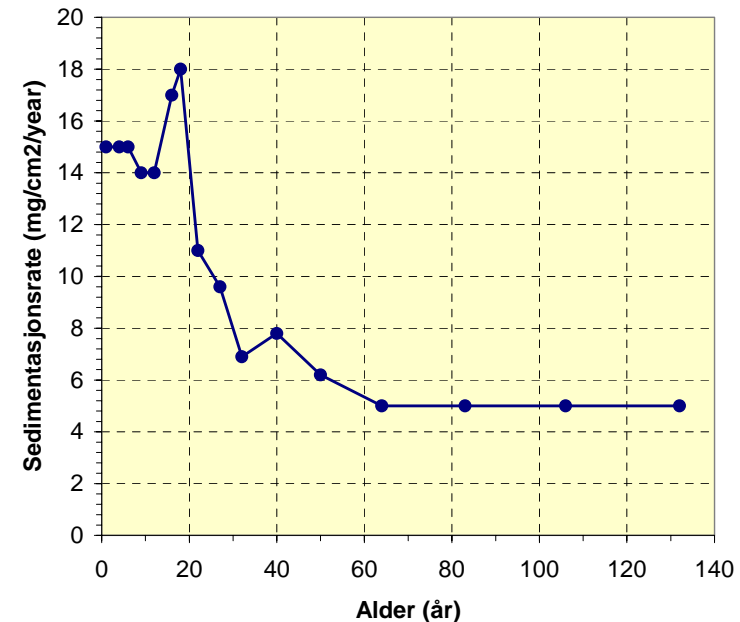
I mars 2006 hentet vi opp tre ca 50 cm lange kjerner fra 236 m dyp. Sedimentene var lys grå på farge som følge av høyt innhold av leire, men fra 15 cm dyp var de mer brunlige mot toppen med mer organisk stoff.



Datering og sedimentasjonsrater



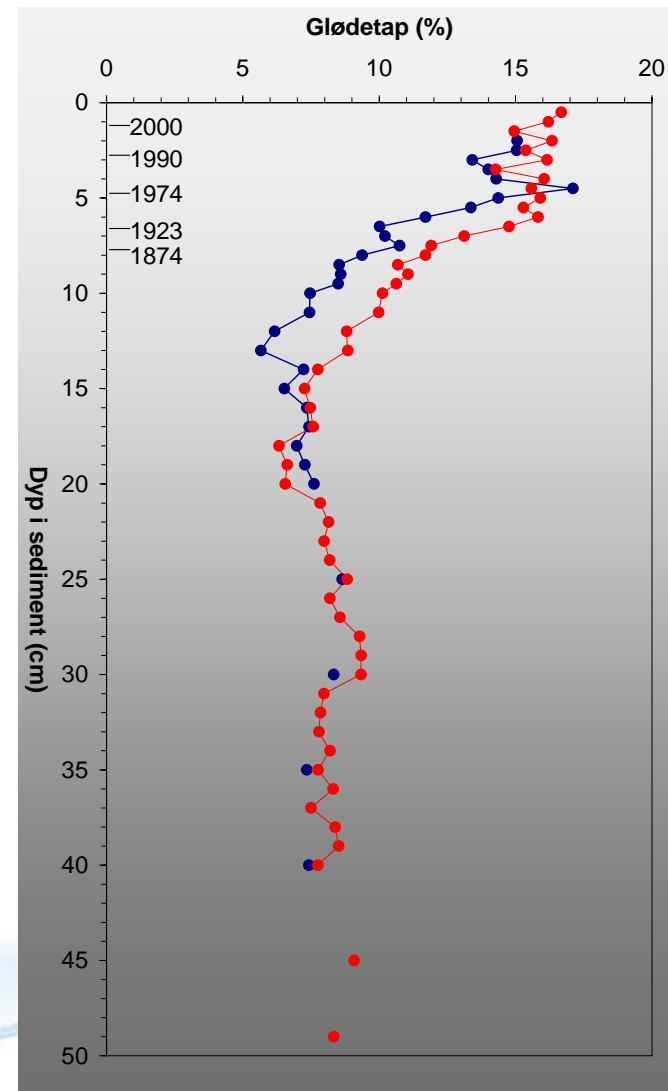
Dateringene viste at de øverste 8 cm av sedimentkjernene dekket et tidsrom på vel 130 år. Eldre avsetninger lar seg ikke datere med denne metoden. På grunnlag av alder og dyp i sediment beregnes sedimentasjonsraten. Denne var generelt lav, og omtrent konstant fram til for 60 år siden. Etter 1970 ser vi en markert økning med topp rundt 1988, og deretter litt lavere nivå.



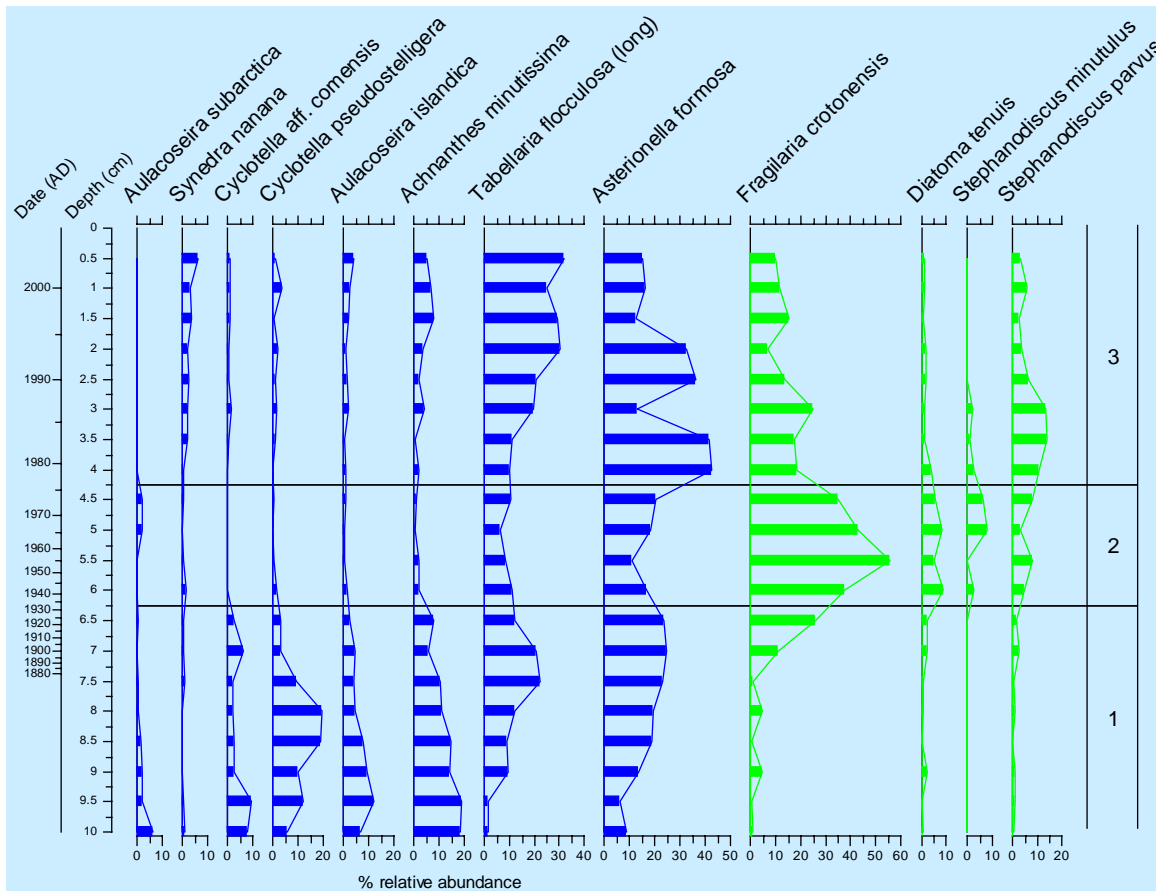
Hvis vi ekstrapolerer den lave sedimentasjonsraten fra de eldste dateringene bakover, får vi en alder på de dypeste sjiktene i sedimentkjernene på rundt 2000 år. Usikkerheten her er selvsagt stor, men vi kan ganske sikkert gå ut fra at kjernene rekker minst tilbake til vikingtida.

Organisk innhold

Innholdet av organisk stoff (målt som glødetap) i sedimentene avtok fra sedimentoverflaten ned til ca 12 cm. Noe av avtaket er et resultat av naturlig, langsom nedbrytning av organisk materiale i sedimentene, men en del skyldes også lavere organisk produksjon i innsjøen i tidligere tider. Under 12 cm fant vi bare mindre fluktuasjoner. Figuren viser organisk innhold i to kjerner. Generelt sett er sedimentene dominert av uorganisk materiale, og mange innsjøer har langt høyere innhold av organisk stoff i sedimentene. Økningen i organisk innhold ser ut til å ha startet før vår eldste datering, trolig på 16-1700-tallet.



Kiselalger



Figuren viser endringer i dominerende arter av kiselalger i de øvre 10 cm av sedimentkjernen. Arter vist med blått er mindre næringskrevende enn de vist med grønt. Utenom artene som er vist her er det registrert en lang rekke arter i lavere antall. På basis av kiselalgene kan det statistisk skiller ut tre perioder: før eutrofieringsfasen, eutrofiering 1930- 1977, og bedringsfasen etterpå.

Artssammensetningen av kiselalger er følsom for en rekke miljøforhold, inkludert næringsalter. Gruppen omfatter mange arter, både pelagiske og bunnlevende. Ved å undersøke kiselalger i mange innsjøer fra næringsfattige til næringsrike kan man klassifisere artenes optimale forhold med hensyn til næringssaltkonsentrasjon. For de fleste innsjøer er fosfor begrensende, og på grunnlag av kiselalgens dominansforhold i ulike lag av sedimentet kan man estimere tidligere tiders fosforkonsentrasjoner. De øverste 10 cm av våre kjerner er analysert for hver 1/2 cm, og viser markerte endringer i kiselalgefloraen. Næringskrevende arter som *Fragilaria crotonensis* hadde en sterk økning i den mest eutrofierte perioden. Basert på kiselalgesamfunnet skilles denne perioden ut som ca 1930 - 1977. Diagrammet viser imidlertid at økningen i næringskrevende arter startet før 1930, og videre at samfunnet enda ikke har vendt tilbake til "normaltilstand".

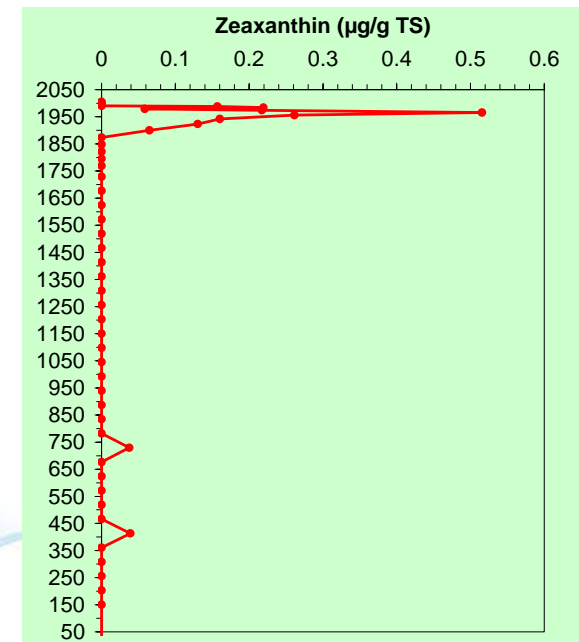
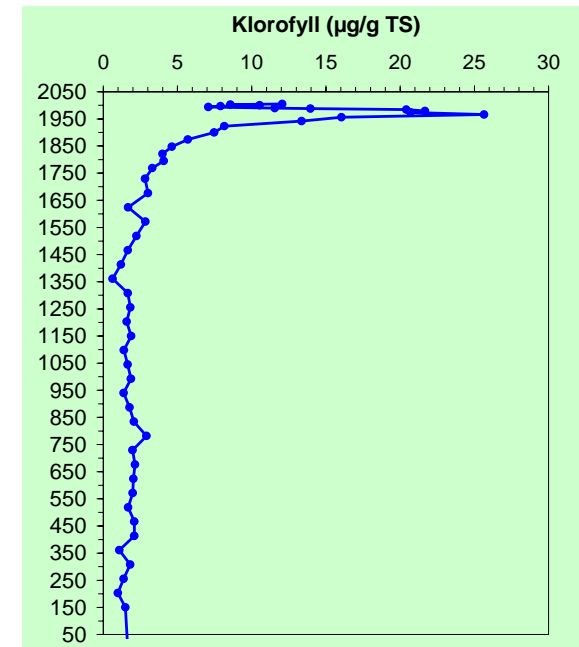
Basert på kiselalgens forekomst i mange innsjøer med kjent mengde næringsalter kan man ut fra arts-sammensetningen nedover i sedimentene beregne tidligere fosforkonsentrasjoner.

Algepigmenter

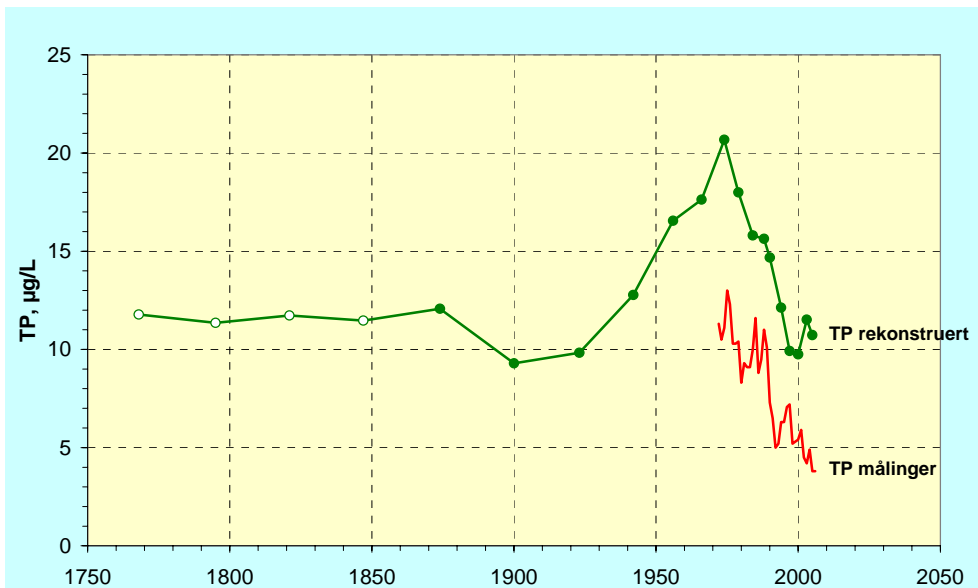
Vi målte innholdet av ulike pigmenter gjennom alle sjikt fra en av kjernene. Denne serien går altså mye lengre tilbake i tid enn dateringene og kiselalgene. Riktignok er den virkelige alderen på dypere sjikt usikker, men det er liten tvil om at denne serien går tilbake minst 1000 år. Klorofyll a (inklusive det stabile nedbrytningsproduktet phaeophytin a) finnes i alle alger, og gjenspeiler derfor total algebiomasse. Denne viser seg å ha ligget nokså stabilt på et lavt nivå når vi kommer tilbake før ca 1800. Etter dette ser vi en langsom økning, som akselererer fram til en skarp topp rundt 1970, for senere å synke igjen. I de yngste lagene har klorofyll a fluktuert mellom 7 og 12 μg klorofyll pr. g tørt sediment.

Vi har også inkludert en kurve for zeaxanthin, som finnes i de mer krevende og problematiske typene blågrønnalger. Zeaxanthin ble bare sporadisk registrert før 1900, og viser en skarp topp rundt 1970 for senere å falle til null igjen. Dette passer svært godt med registrerte forekomster av blågrønnalger i denne perioden.

Selv om sedimentalder eldre enn 1874 er usikker, er det klart at produktiviteten har vært stabilt lav over lange tidsrom, før den begynte å øke svakt trolig rundt 1750, og deretter voldsomt på 1900-tallet.



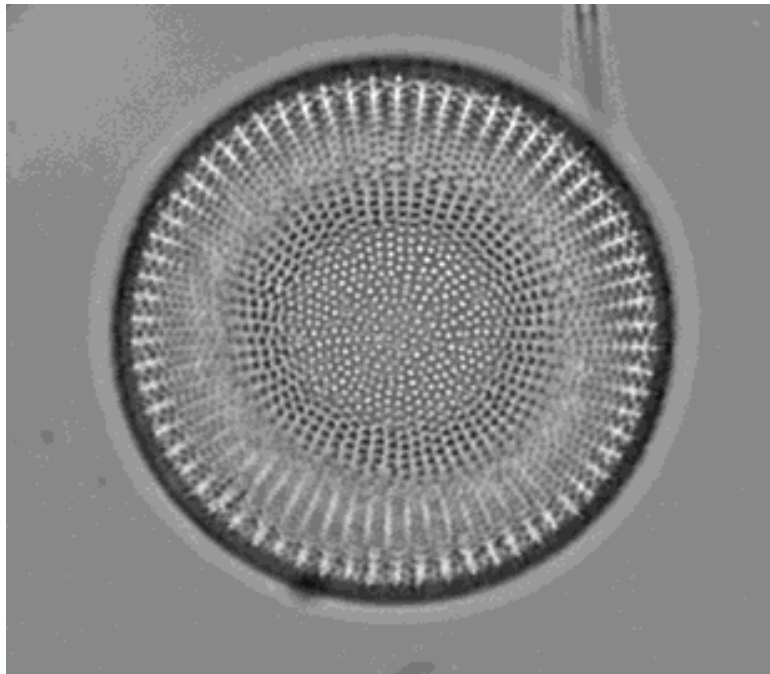
Rekonstruksjon av fosforkonsentrasjon



Rekonstruksjon av total-fosfor (TP) i Mjøsa, basert på kiselalgenes sammensetning i sedimentene. Alder før 1850 er usikker, og basert på ekstrapolasjon. For sammenligning er også årsmidler fra overvåkingsprogrammet 1972-2005 vist.

Som nevnt over kan kiselalge-data brukes til å rekonstruere tidligere fosforkonsentrasjoner. Resultatet av en slik rekonstruksjon er vist, sammen med målte årsmidler fra overvåkingsprogrammet i Mjøsa. Rekonstruksjonen viser seg å gjenspeile utviklingsforløpet bra, men nivået ligger alt for høyt i forhold til de målte verdiene for fosfor fra 1972 til i dag. Dette skyldes trolig at utvalget av europeiske innsjøer som beregningene er kalibrert ut fra (dvs. forekomst av arter i forhold til fosforkonsentrasjoner) passer dårlig for Mjøsa, og trolig mange flere norske innsjøer og/eller vannkvaliteter. De fleste europeiske innsjøer har høyere innhold av ioner og mer fosfor løst i vann enn hos oss. Vi arbeider derfor med å finne en kalibrering som kan gi oss mer en mer presis rekonstruksjon både for Mjøsa og andre innsjøer.

Foreløpige konklusjoner



Kiselalge av slekten *Stephanodiscus*
Foto: Great Lakes Diatom Home Page

De paleolimnologiske resultatene indikerer at eutrofieringen i Mjøsa har startet tidligere enn vi har antatt. Både organisk innhold og algepigmenter tyder på at vi må tilbake før 1800 for å nærme oss en stabil "naturtilstand". Dette illustrerer også vanskelighetene med å fastsette hva naturtilstand egentlig er i mange norske innsjøer som har vært påvirket av menneskelig aktivitet over lange tidsrom.

Selv om målsettingen for reduksjon av fosfor i Mjøsa er nådd, indikerer kiselalgesamfunnet at det enda er et stykke igjen til "naturtilstand" i biologisk forstand.

Vi kan rekonstruere forløpet av eutrofieringsutviklingen ganske bra, men estimatene av fosforkonsentrasjoner basert på kiselalger er problematiske ved at de ligger alt for høyt. Det synes klart at årsmiddel for fosfor i Mjøsa må ha ligget lavere enn 5 µg totalfosfor pr liter, kanskje ned mot 2 µg/liter.