

Danske fjorde lider under fortidens synder

Sedimentet på bunden af de danske fjorde indeholder store mængder organiske og mineralske partikler. Når det blæser hvirvles partiklerne let op i vandsøjlen og gør vandet uklart. Det er formentlig årsagen til, at 30 års vandmiljøindsats ikke har gjort vandet klarere i de danske fjorde.



Forfatterne:



Thomas Bruun
Valdemarsen er postdoc
valdemarsen@biology.sdu.dk



Erik Kristensen er lektor
ebk@biology.sdu.dk



Mogens Flindt er lektor
mrf@biology.sdu.dk



Cintia Quintana er
gæsteforsker
cintia@biology.sdu.dk

Alle ved Biologisk Institut,
Syddansk Universitet

På trods af næsten 30 års indsats for at genoprette vandmiljøet, er vandet i de fleste lavvandede danske fjorde stadig meget uklart. Det har undret forskerne, at der ikke er sket nogen synlig forbedring siden Danmark fik sin første vandmiljøplan i 1985 og siden markant har reduceret udledningen af næringsstoffer fra land. Reduktionen i tilførslen af næringsstoffer har bevirket, at der er blevet færre alger i vandet, som kan gøre vandet uklart, og derfor virker det underligt, at man ikke har kunnet konstatere en forbedring af vandets klarhed ved traditionelle målinger af sigtedybden. Vore undersøgelser på Biologisk Institut ved Syddansk Universitet viser, at forklaringen skal findes i, at der til gengæld er kommet flere sedimentpartikler i vandet. Og det problem kan vi ikke forvente bliver bedre de næste tiår.

Det uklare vand i fjordene forhindrer lys i at nå gennem vandsøjlen og ned til fjordbunden, så der kan vokse vandplanter som fx ålegræs. En fjord uden ålegræs eller andre bundplanter er et fattigt og sårbart miljø, fordi bundplanterne er grundlaget for velfungerende økosystemer.

Synderen: organiske partikler

Årsagen til de mange partikler i vandet finder vi i sedimentet på bunden af fjordene. Det indeholder nemlig store mængder organisk stof. Størstedelen af dette er et levn fra fortiden, dvs. det er opho-

bet i perioden før vandmiljøplanerne, hvor de høje udledninger af næringsstoffer fra land medførte store algeopblomstringer. Det organiske stof i fjordbunden består således af restprodukter fra døde mikroalger, som bakterier i fjordbunden har svært ved at omsætte. De høje koncentrationer af organisk stof gør, at fjordbunden får en mere porøs og vandholdig struktur og dermed nemmere eroderer, som følge af tidevandsstømme og vindbegivenheder (se figur 1). Det giver flere episoder, hvor organiske og uorganiske partikler på fjordbunden hvirvles op i vandsøjlen, og på den måde øges lysdæmpningen i vandsøjlen.

Meget langsom nedbrydning

Det overraskende er, at der stadig findes så meget organisk materiale i sedimentet, som er mere end 30 år gammelt. Umiddelbart skulle man ikke tro, at organisk materiale fra mikroalger er svært at nedbryde, men nedbrydningen foregår meget langsomt eller slet ikke, viser vores resultater. I to år overvågede vi udsnit af fjordbunden fra 7 lokaliteter i Odense Fjord i laboratoriet for at få et mål på, hvor hurtigt nedbrydningen af det organiske stof foregår. Resultaterne viste, at over de to år var bakterier i fjordbunden kun i stand til at omsætte 3-5 % af det organiske stof, der var til stede ved start (se figur 2). Videre analyser baseret på omsætningsforløbet indikerer, at 4-58 % af det organiske stof har så lav reakti-



Undervandsbilleder fra indre Odense Fjord, hvor vanddybden er ca. 1 m. Billedet til venstre er taget på en sjælden dag, hvor der var 2-3 m's sigt (der er ca. 1,5 m mellem sonden i forgrunden og den gule bøjle i baggrunden). Billedet til højre viser normalsituationen. De fleste dage er der "slukket for lyset", da koncentrationen af organiske og mineralske partikler er høj.

Hvordan måles vands klarhed?

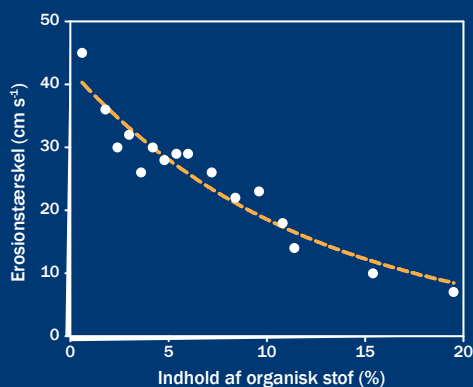
Oftest måles vands klarhed med en rund, hvid skive, som betegnes en *Secchiskive*. Secchiskiven sænkes ned i vandet på bådens skyggeside indtil den dybde, hvor observatøren lige netop ikke kan se skiven længere. Det betegner *sigtdybden*, hvor der kun er ca. 10 % lys tilbage i forhold til ved overfladen. I det nationale overvågningsprogram måles sigtdybden gennemsnitligt to gange om måneden på alle målestationer. Antallet af målestationer i vores fjorde er dog begrænset, og fx har Odense Fjord (62 km²) kun en enkelt målestation, som besøges rutinemæssigt. Man kan diskutere, om én målestation kan repræsentere en hel fjords miljøtilstand.

Vands klarhed er bestemt af to faktorer: (1) mængden af partikler i vandet og (2) vands egenfarve. Partikelindholdet er dog langt den vigtigste faktor for vands klarhed i de indre danske farvande. Opslæmmede partikler i vandsøjlen består af encellede alger og organiske og mineralske partikler, som alle påvirker vandets klarhed. I mange år har man ment, at for mange encellede alger var hovedårsagen til den ringe sigtdybde i fjordene. Det har derfor givet årsag til en del frustrationer, at den reducerede udledning af næringsstoffer øjensynlig ikke havde nogen effekt på vandets klarhed målt med secchiskive. Årsagen er nok, at den reducerede udledning af næringsstoffer kun har ført til en moderat reduktion i mængden af levende partikler, dvs. alger, mens mængden af organiske og mineralske partikler, som udgør hovedparten af opslæmmede partikler i lavvandede områder, er uændret. Et fald i koncentrationen af alger kan dermed være svært at måle.



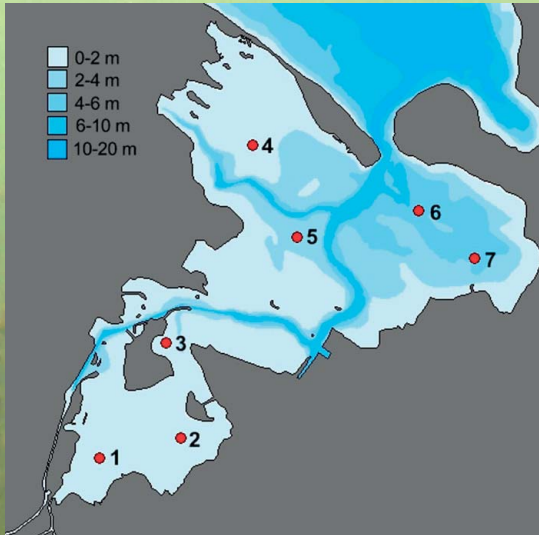
En secchiskive sænkes ned i vandet for at måle sigtdybden. Skiven er ca. 20 cm. i diameter.

Lavvandede kystområder er også meget dynamiske som følge af vind og vejr. Det betyder, at vandstrømme over bunden varierer fra typisk 0-20 cm/s på stille dage til 20-80 cm/s på dage med middelsstærke til stærke vindforhold. Mængden af organiske og mineralske partikler i vandet følger denne dynamik, idet de opslættes i vandsøjlen når fjordbunden eroderes af vandstrømme. Sigtdybden i lavvandede fjorde kan derfor variere meget fra dag til dag, og mange af problemerne med at opnå gode sammenhænge mellem næringsstofudledninger og lysforhold i vores fjorde skyldes utvivlsomt denne dynamik.



Figur 1. Der er en entydig sammenhæng mellem fjordbundens indhold af organisk stof og erosionstærskel, dvs. den vandhastighed, hvor fjordbundens overflade eroderer og opslættes i vandfasen. Organisk fattige sedimenter eroderer ved omkring 45 cm/s, men allerede omkring 2 % organisk indhold er erosionstærsklen kraftigt reduceret. Fjorde med organisk rige sedimenter er derfor ramt af hyppigere sedimenterosion og højere partikkelkoncentrationer i vandfasen end fjorde med organisk fattige sedimenter. Resultater er opnået ved modelforsøg udført i en strømmende med forskellige sedimenter.

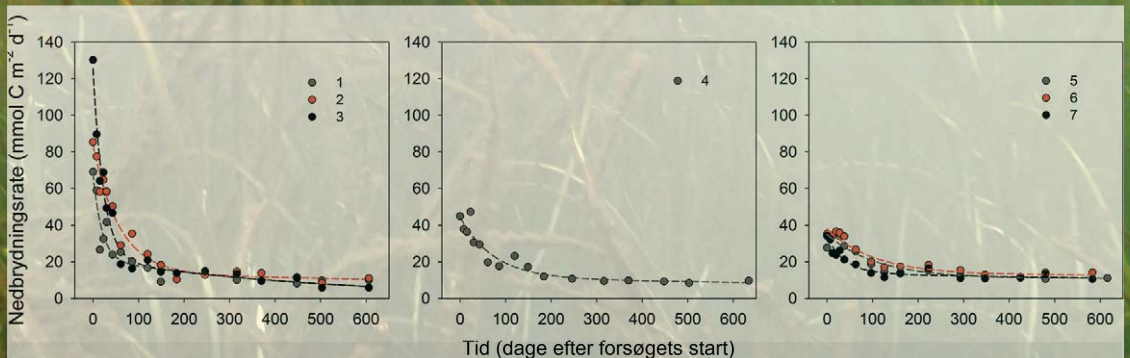
Kilde: Lars Frederiksen og andre (upubl.)



Kort over Odense Fjord. Uforstyrrede udsnit af fjordbunden blev indsamlet fra 7 stationer i fjorden, hvor fjordbunden var rig på organisk stof.



Prøverne blev holdt under konstante forhold i laboratoriet (mørke, 15°C). I løbet af forsøgets varighed blev nedbrydningen af organisk stof fulgt med høj tidslig opløselighed.



Figur 2. Nedbrydningen af organisk stof på de syv stationer fra Odense Fjord over forsøgets varighed. Nedbrydningsraterne blev bestemt ud fra frigivelsesraten af CO_2 fra fjordbunden. På alle stationer faldt nedbrydningsraterne over tid, i takt med at det mest reaktive organiske stof blev opbrugt. Baseret på nedbrydningsforløbene (stiplede linjer) og den totale mængde organisk stof ved forsøgets start konkluderer vi, at markante fald i fjordbundens indhold af organisk stof ikke vil ske inden for en overskuelig fremtid.

vitet, at det kun kan omsættes over tidsforløb på 30-50 år, og at 41-95 % slet ikke kan omsættes. Denne langsomme nedbrydning betyder i realiteten, at en fjordbund med en koncentration af organisk stof svarende til det, vi har undersøgt i laboratoriet, ikke ad naturlig vej kan nå tilbage til et niveau fra før tiden med massive tilførsler af næringsstoffer.

Ingen udsigt til bedring

Vore beregninger og modellforsøg viser, at sedimenters indhold af organisk stof skal være mindre end 2 % for, at fjordbunden bliver stabil nok til, at vi kan få bugt de med hyppige erosioner af fjordbunden og deraf følgende høje mængder partikler i vandet. I Odense Fjord finder man i dag niveauer af organisk materiale i sedimentet på mellem 5,0 og 8,8 %. Der er dermed ikke udsigt til, at proble-

met med uklart fjordvand vil løse sig selv inden for en overskuelig fremtid.

Man skal selvfølgelig holde sig for øje, at en sådan beregning baseret på laboratorieforsøg ikke nødvendigvis kan overføres til naturen, hvor mange faktorer kan spille ind og påvirke udviklingen i fjordbunden. Fx tilføres fjordbundens overflade hele tiden nyt materiale, som afspejler de nuværende miljøforhold. Man kan derfor forestille sig, at der om 50 år er dannet et nyt lag sediment ovenpå det nuværende, som har en helt anden sammensætning og som ikke giver anledning til uklart vand. Et sådant nyt lag sediment ville virke som et låg, som indkapsler det lag, som giver problemer nu. Det kræver naturligvis, at indholdet af svært nedbrydeligt organisk materiale er lavere end 2 %. Dette scenarie er dog ikke så sandsyn-

ligt, da der stadig skylles for mange næringsstoffer ud i de lavvandede danske fjorde. Dannelsen af et nyt sedimentlag med mindre end 2 % organisk stof vil således kræve, at udledningen af næringsstoffer nedsættes yderligere.

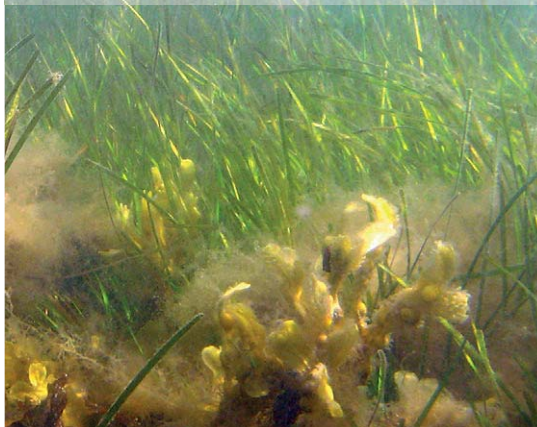
Ålegræs kan hjælpe fjordene

Det skal også nævnes, at de omtalte resultater specifikt drejer sig om Odense Fjord. Vi ser dog de samme problemer i en lang række af de øvrige danske, lavvandede fjorde som Roskilde Fjord og i store dele af Limfjorden. Vi er derfor rimeligt sikre på, at den mekanisme, vi har beskrevet her, er et generelt problem for lavvandede fjorde.

Hvis vi vil hjælpe naturen med at genoprette fjordmiljøet, skal vi sørge for, at de grundlæggende forhold er i orden, og det gøres bedst ved at regulere udledningen af næringsstoffer. Dernæst kan man sætte ålegræs ud på lavt vand i fjordene, hvor der efter vores vurderinger burde være lys nok. Ålegræssets blade reducerer vandstrømmen nær bunden og modvirker derfor erosion af fjordbunden. De lavere vandhastigheder omkring ålegræsbede bevirker også, at partikler i vandet bundfælder. Ålegræsbede filtrerer dermed vandsøjlen for lysdæmpende partikler. Hvis det lykkedes at reetablere betydende arealer med ålegræs i de lavvandede dele af fjordene vil det med stor sandsynlighed have stor effekt på lysforholdene. I øjeblikket arbejder projektet NOVAGRASS med at udvikle teknikker til reetab-

NOVAGRASS

Projektet NOVAGRASS arbejder med at udvikle teknikker til reetablering af ålegræs på stor skala. Det er et stort samarbejdsprojekt med deltagere fra danske og udenlandske universiteter (Syddansk Universitet, Aarhus Universitet, Københavns Universitet, Göteborgs Universitet, Virginia Institute of Marine Science og Radboud University Nijmegen), myndigheder (Naturstyrelsen) og private virksomheder (Videnscentret for Landbrug, DHI, Grøn og Blå Tech, KC Denmark og Multidyk). Se også hjemmesiden: www.novagrass.dk



lering af ålegræs på stor skala. Reetablering af ålegræs i fjorde kan dermed være en reel mulighed om blot ganske få år. ■

Videre læsning:

Denne artikel er baseret på: T. Valdemarsen, C.O. Quintana, E. Kristensen og M. Flindt (2014) Recovery of organic-enriched sediments through microbial degradation: implications for eutrophic estuaries. *Marine Ecology Progress Series* 503:41-58

Om projektet NOVAGRASS: www.novagrass.dk

Annonce