

Søernes biologi langs klimagrader

Af projektkoordinator, forsker Susanne Lildal Amsinck, Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet

Projektleder: Forskningsprofessor Erik Jeppesen, Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet

Landbaseret (Azorerne, Tasmanien)

Projekt – formål og mål

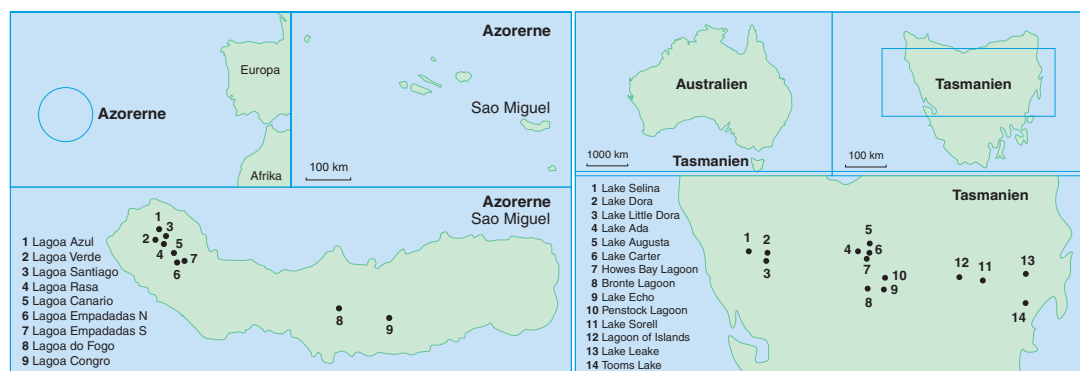
Vores projekt går kortfattet ud på at opnå ny viden om biologiske samspil og biodiversitet i ferskvandssøer, som ligger på øer med varierende afstand til fastlandet og i forskellige klimazoner.

Vi havde på forhånd valgt to destinationer. Den første destination er Sao Miguel (Azorerne), som er beliggende i Atlanterhavet og i den nordlige tempererede klimazone. Den anden destination er Tasmanien, beliggende syd for det australske fastland og i den sydlige tempererede klimazone.

Resultaterne fra Galathea 3 vil indgå i et stort sammenligningsstudium med resultater fra andre projekter, som vi og andre gennem de sidste årtier har foretaget i søer i forskellige klimazoner på såvel øer (Grønland, Island, Færøerne) som fastlande (primært det europæiske og sydamerikanske fastland). Hensigten er bl.a. at vurdere, hvordan de globale klimaændringer vil påvirke biodiversiteten og de biologiske samspil i søer i fremtiden, både herhjemme og i udlandet.

Resultaterne kan bidrage til at forbedre det faglige grundlag for myndighedernes fastlæggelse af målsætninger for vandkvalitet i danske søer og forvaltning af dem, i takt med at klimaet ændres. Galathea 3-undersøgelserne danner her ved et naturligt link til Danmarks implementering af EU's Vandrammedirektiv, hvor netop viden om forbedring af den økologiske tilstand er en vigtig forudsætning for at sikre, at søer i Europa opfylder direktivets krav om en god økologisk tilstand i fremtiden.

Geografisk beliggenhed af undersøgelsessøerne på hhv. Sao Miguel (Azorerne) og Tasmanien. Indsatskort viser de to øers beliggenhed i forhold til nærmeste fastland. Azorerne er en portugisisk øgruppe, som består af ni øer. Sao Miguel er den største ø (747 km²) i øgruppen. Der findes ca. 21 søer på Sao Miguel, hvoraf de fleste er beliggende i den nordvestlige del af øen. Sao Miguel har ca. 160.000 indbyggere. Hovedbyen er Ponta Delgada. Afstand til fastlandet er ca. 1.400 km til Portugal og ca. 2.300 km til Nordamerikas østkyst. Tasmanien er en australsk ø (68.322 km²). Øen har ca. 456.700 indbyggere. Hovedbyen er Hobart. Øen er beliggende ca. 240 km syd for fastlandet (Australien).



Detaljerede helhedsstudier

Vores undersøgelseskoncept er studier af søernes biologiske struktur og biodiversitet. Alle led i fødekæden undersøges - lige fra fødekædens top, fiskene, ned gennem de mange mellemled af bunddyr, dyre- og planteplankton og vandplanter til fødekædens bund, mikroorganismene. Derudover indsamler vi vandprøver til kemiske analyser.

Hvert led i fødekæden studeres minutøst. Eksempelvis bliver fisk i praksis talt, arts- og kønsbestemt, målt og vejjet, og deres alder bliver undersøgt ved hhv. øresten- og skælanalyser. Derudover udtages fiskenes mavesæk for at finde ud af, hvad de lever af. Vi udtager også vævsprøver (muskel og lever) for at undersøge, hvor i søen fiskene har spist, og for at bestemme deres placering i fødekæden.

Undersøgelserne giver et omfattende billede af søernes *nuværende* plante- og dyreliv samt økologiske tilstand. Derudover undersøger vi også søernes *fortid*. Dette gøres gennem såkaldte palæolimnologiske studier, hvor rester af planter, plante- og dyreplankton samt dansemyggelarver, som er aflejret naturligt og kronologisk i søbunden gennem de seneste 200-300 år, undersøges i detaljer.

Dynamisk samarbejde

De to ekspeditioner har budt på et dynamisk teamwork. Opgaven var klar fra start. En række uforudsete tekniske forhindringer og udfordringer stødte til undervejs. Bedre vilkår for produktivt teamwork og -building findes næppe!

Samtidig fik vi mulighed for at etablere et tæt netværk til lokale forskningsgrupper ved hhv. University of Azores, University of Tasmania og Inland Fisheries Service på Tasmanien. De tre forskningsgrupper har været særdeles imødekommende og hjælpsomme. De har ydet en kæmpestor indsats med at skaffe tilladelser, så vi uden større problemer (med lodsejere og nationalparker) kunne gennemføre vores undersøgelser. De har hjulpet os i felten, stillet laboratorier og feltstationer til rådighed og bistået med at udarbejde eksporttilladelser til vores mange prøver.

Sidstnævnte er langt fra en simpel proces, når det drejer sig om prøver fra de tasmanske søer. De australske myndigheder

Fotoserien viser udvalgte elementer af vores prøvetagning af fødekædens mange led.

A. Fisk udtages af net med forskellige maskestørrelser. B. Prøver af fiskenes skæl, øresten og væv udtages. C. Bunddyr sorteres. D. Vandprøver filtreres til bestemmelse af dyreplankton. E. Vores samarbejdspartner, Vitor Goncalves, viser lokale studerede net til filtrering af planteplankton. F. Vand hentes op fra forskellige vanddybder til bestemmelse af næringsstoffer. G. Vandets klarhed bestemmes med Secchi-skive. H. Vandprøve filtreres til bestemmelse af klorofyl. A, B, C, E, H (fra Azorerne), D, F, G (fra Tasmanien).



er meget restriktive over for eksport af biologisk materiale (også selv om der blot er tale om dødt fiskevæv og lign.). Udarbejdelse af detaljerede oversigter med nøje præcisering af antal individer og arter samt eksakt angivelse af tid og sted for prøvetagningen har været en forudsætning for overhovedet at komme i betragtning hos myndighederne. Det har således taget godt tre måneder at få tilladelserne igennem den bureaukratiske proces.

Ilddåb med pressen

Galathea 3-plattformen med dens massive pressedækning og bevågenhed gav os en unik mulighed for at kommunikere vores forskning ud til den brede danske befolkning. En mulighed, som vi bevidst valgte at forfølge.

Vi inviterede således samtlige mediepartnere ud til "vores" søer, mens VÆDDEREN lå i havn i Ponta Delgada (Sao Miguel), Azorerne. Mødet blev en ilddåb, eftersom kun få af os havde afgivet interviews før. Men vi klarede det i fællesskab, og vi kan nu se tilbage på en lang stribe artikler i både Politiken, Berlingske Tidende, Jyllands-Posten, Ingeniøren, Århus Stiftstidende, Dagbladet Roskilde, JyskeVestkysten m.fl. - samt en video produceret af STV (links til artiklerne og videoer findes på www.galathea3.dk).

Hovedparten af formidlingen af Galathea 3 til børn og unge foregik på internettet. For at nå ud til denne målgruppe valgte vi at beskrive vores projekt og team på Ekspeditionsfondens og Jyllands-Postens hjemmesider forud for vores ekspeditioner. Derudover oploADED vi dagligt weblogs under selve ekspeditionerne, så læserne kunne "kigge os over skuldrene".

Weblog'ene fra især Azorerne blev en succes. Sjællandske dagblade valgte at trykke adskillige af dem direkte. Flere læsere henvendte sig ligefrem til avisernes redaktion efter vo-

Formidling. A. Projektleder Erik Jepsen redegør for vores Galathea 3-projekt for videnskabsminister Helge Sander, mens Peter Bondo Christensen (EMU-konsulent) filmer. B. Susanne Amsinck forklarer, hvorledes undersøgelser af fisk foretages. C. Videnskabsministeren studerer et prøvetaget bunddyr. Foto: Peter Bondo Christensen, UNI-C. D. Klaus P. Brodersen redegør for bunddyrenes betydning i søer. Foto: Peter Bondo Christensen, UNI-C. E. Frank Landkildehus afgiver interview til Politiken og STV. F. EMU – Undervisningsministeriets maskottestuderer bunddyr og vandplanter opstemmet i en bakke.



res hjemkomst fra Azorerne og spurgte, hvad vi nu lavede og havde gang i!

Vi tror, at vores weblogs blev en succes, fordi vi bevidst forsøgte at vise mennesket bag forskeren - ved at beskrive, hvilke daglige og jordnære udfordringer, vi mødte, og hvordan vi tacklede dem.

Eksempelvis var mange læsere opmærksomme, da orkanen Gordon passerede Azorerne under vores tilstedeværelse. Dette fik en journalist til at ringe os op *meget* tidligt om morgenen for at få et interview *her og nu* om, hvordan orkanen påvirkede os og vores projekt.

Videnskabsministeren kigger forbi

Ud over pressens besøg fik vi også besøg af videnskabsminister Helge Sander og hans følge af ministersekretærer, konsulter og ambassadører.

Fokus for mødet var formidling af vores forskningsprojekt. Vi mødte en minister, som var oprigtigt engageret, nærværende og spørgende. Vi var meget glade for at få besøg af en minister, som uden videre diskussion var parat til at afsætte adskillige timer af sin ellers kostbare tid. At få lov til at "fortælle vores historie" til målgrupper, som vi ikke møder til daglig, og opleve, at de fuldt ud forstår relevansen af vores forskning og dermed vores virke, er både berigende og motiverende.

Besøg af EMU

På Azorerne fik vi også besøg af Undervisningsministeriets repræsentant Peter Bondo Christensen. Peter fulgte os tæt i flere dage under udforskningen af kratersøerne, hvilket resulterede i, at vores projekt nu er præsenteret på EMU – Danmarks Undervisningsportal (www.emu.dk) med bl.a. undervandsvideoptagelser og fotoserier.

Prøver i hobetal indsamlet

På vores to Galathea 3-ekspeditioner har vi indsamlet tusindvis af prøver af mikroorganismer, planter og dyr. Dertil kommer de mange vandprøver, som skal analyseres for næringsstoffer mv.

Foreløbige resultater

Vi nåede i alt at undersøge ni søer på Azorerne (alle beliggende på hovedøen Sao Miguel) og fjorten søer på Tasmanien.

Søerne på de to øer har en del lighedspunkter, men der er også forskelle.

På begge øer var søerne beliggende i højlandet: Azorerne: ca. 260-777 m over havets overflade (asl), Tasmanien: ca. 537-1.164 m asl.

Mens søerne på Azorerne både var lavvandede og dybe (median: 16,5 m), var søerne på Tasmanien overvejende lavvandede (median: 2,3 m).

Selv om næringsstofniveauet i søerne på Azorerne var lavt (median total fosfor: 0,013 mg l⁻¹, total kvælstof: 0,350 mg l⁻¹) i

De hyppigst forekommende fiskearter i søerne på Azorerne (AZ) og Tasmanien (TS). A. Ørred (TS), B. Galaxider (TS), C. Karpe og aborre (AZ), D. Skaller (AZ)



sammenligning med danske søer (median total fosfor: 0,083 mg^l⁻¹, total kvælstof: 1,33 mg^l⁻¹), var vandets klarhed forholdsvis lav (median sigtddybe, Azorerne: 2,5 m, Danmark: 1,4 m - median værdier for danske søer baseret på 23 intensivt overvågede søer i NOVANA-regi, 2004). Næringsstofniveauet i søerne på Tasmanien er endnu ikke analyseret.

Fiskesamfundet på Azorerne var domineret af karper (*Cyprinus carpio*) og skaller (*Rutilus rutilus*, *Rutilus spp.*), mens sø- og regnbueørreder (*Salmo trutta*, *Oncorhynchus mykiss*) og galaxider (Galaxidae) dominerede i søerne på Tasmanien.

Fiskeudsætning – en udbredt praksis

På begge lokaliteter er udsætning af fremmede fisk i søer blevet praktiseret siden den europæiske bosættelse af øerne i det 18. og 19. århundrede. Udsætning af ørred og aborre er stadig udbredt praksis på Tasmanien.

Hensigten med fiskeudsætningerne er primært at fremme lystfiskeri. De historiske opgørelser over udsætningerne er fåtallige og oftest mangelfulde. Det fremgår dog, at udsætningerne omfattede mange forskellige fiskearter, hvoraf flere formodes at have akklimatiseret sig hurtigt og etableret varige populationer jf. arternes nuværende udbredelse.

Udsætning af ikke-naturligt forekommende fiskearter er kritisk af flere grunde. For det første kan de udsatte fisk medføre en øget konkurrence om føde og levesteder og herved på sigt svække eller udkonkurrere de naturligt forekommende fiskearter såsom eksempelvis galaxiderne i de tasmanske søer. Derudover kan de udsatte fisk overføre sygdomme og parasitter med fatale konsekvenser for søens oprindelige biologiske samfund. Yderligere har talrige studier foretaget både i Danmark og i udlandet påvist, at fisk - som fødekædens topprædator - spiller en afgørende rolle for søernes biologiske struktur og fødekædesamspil. Fiskenes strukturerende rolle for søens biologiske samfund er bestemt af den dominerende fisketype (freds- eller rovfisk).

Fiskesammensætningen spiller således en central rolle for søernes egnethed som drikkevandsreservoirer og anvendelse i rekreativt øjemed (badning, sejlads, surfing m.m.).

Søerne på Tasmanien og Azorerne er imidlertid kun sparsomt undersøgt, og det er derfor uvist, hvilke konsekvenser fiskeudsætninger har haft på den biologiske struktur og biodiversitet. Dertil kommer, at økosystemer på øer sammenlignet med fastlande typisk er kendetegnet ved at være mere artsfattige, hvilket primært er forårsaget af, at havet mellem fastlandet og øerne virker som en spredningsbarriere. Den lave artsdiversitet formodes at gøre søerne mere følsomme over for ændringer, eftersom forsvinden af vigtige arter i fødekædens mange led ikke umiddelbart kan erstattes med nye arter.

Vi forventer med vores undersøgelser at opnå indsigt i, hvorledes fiskeudsætningerne har påvirket søernes biologiske struktur. Vores redskab er de førnævnte palæolimnologiske undersøgelser, hvor søernes fortid kortlægges. På Tasmanien vil vi derudover sammenligne søer med og uden udsatte fisk. For søerne på Azorerne forventer vi at finde klare ændringer, eftersom søerne var "fiskefrie" før menneskets kolonisering.

Fremtidsudsigter for danske søer

Det er endnu for tidligt at drage solide konklusioner, eftersom mange af vores prøver endnu ikke er oparbejdede. Vores foreløbige observationer tyder dog på, at de vil blive værdifulde i en samlet undersøgelse af søers respons på klimaændringer.

Et eksempel er fremtidsudsigterne for vores danske søer. Danske søer er i dag kendetegnede ved at være næringsrige og uklare. Observationer fra de varmere lande tyder på, at de danske søer får det endnu værre i fremtiden som følge af den globale opvarmning.

Mere varme øger i sig selv algeopblomstring, herunder af giftige blågrønialger. Derudover viser nye forskningsresultater, at fiskesamfundet er markant anderledes i varmere lande. I eksempelvis Uruguay har fiskesamfundet vist sig at bestå af betydeligt flere arter og flere og mindre individer sammenlignet med danske søer. Samtidig ser undervandsplanternes rolle som skjulested for dyreplankton mod fisk ud til at være reduceret, eftersom fisk hyppigt opholder sig inde i vegetationen. Som konsekvens heraf er prædationstrykket på dyreplankton markant højere i søerne i Uruguay med øget algevækst og uklart vand til følge.

Mere varme øger også risikoen for, at de varmetolerante karper bliver mere udbredte i danske søer. Karper søger føde på søbunden og ophvirvler i denne forbindelse det øverste bundlag. Herved bliver søerne endnu mere uklare, og det vil blive endnu sværere at få dem tilbage til den tilstand, vi ønsker, og som Vandrammedirektivet kræver.

Mange af de metoder, som vi anvender i dag til at rette op på søernes tilstand (de såkaldte restaureringsmetoder), er baseret på biologiske eller kemiske indgreb i fødekædestrukturen. Spørgsmålet er, om de nuværende restaureringsmeto-



Lystfiskeri er vidt udbredt i søer på Tasmanien. Vi observerede således dagligt, at lystfiskere ihærdigt kørte deres veludstyrede både (med bl.a. ekkolod, 30-40HK-motorer) ud i søerne for blot at nyde få timers fiskeri. A, B, C, Lystfiskere gør klar til fiskeri i hhv. Bronte Lagoon, Lake Leake og Lake Ada. I forgrunden (A, B) ses vores beskedne gummibåd og bådmotor (3.3 Hk).



Lagoa Santiago. En typisk kratersø på Azorerne.

Fotos: Klaus P. Brodersen, Susanne L. Amsinck og Kirsten S. Christoffersen

der vil være lige så effektive i fremtiden, hvis fødekædestrukturen ændres. Måske bør vi allerede nu grundigt overveje, hvorledes vi ruster vores nuværende metoder til at klare eventuelle fremtidige udfordringer. En anden nærliggende konsekvens kan blive et strammere fremtidigt krav til næringsstofudledningen til vores søer.

Forestående opgaver

Som allerede nævnt er mange af vores prøver endnu ikke oparbejdede. Vi forventer faktisk først om nogle år at have de sidste prøver gennemanalyseret. Mange af analyserne er særdeles tidskrævende og derfor bekostelige.

Vores forskningsaktiviteter er overvejende eksternt finansieret. Bevillinger til oparbejdelse er derfor en forudsætning for, at vi kan få samtlige prøver analyseret. Forud for vores ekspeditioner sendte vi talrige ansøgninger af sted til fonde og forskningsråd. Desværre måtte vi konstatere (ligesom mange andre Galathea-forskere), at midlerne var få, og konkurrencen benhård. Det lykkedes os dog at opnå bevillinger til dækning af omkostninger i forbindelse med ekspeditionerne.

Der foreligger således nu et stort arbejde med at søge økonomisk støtte, så prøverne sikres oparbejdelse. Vi er imidlertid fulde af forhåbninger, og vi glæder os meget til at undersøge, hvilke hemmeligheder, der ligger gemt i de mange prøver fra Azorerne og Tasmanien.

Hvem er vi? Et team fra Danmarks Miljøundersøgelser (DMU), Afd. for Ferskvandsøkologi, Aarhus Universitet) og Københavns Universitet med forskningsprofessor, dr.scient. Erik Jeppesen i spidsen som projektleder. Samarbejdspartnere: dr. Jose Azevedo (University of Azores) og dr. Leon Barmuta (University of Tasmania).

Vores mål: At opnå ny viden om biologiske samspil og biodiversitet i søer, som ligger på øer i forskellige klimazoner og med varierende afstand fra fastlandet.

Galathea 3-destinationer: Azorerne (varighed: to uger, september 2006) og Tasmanien (varighed: tre uger, januar 2007).

Vores sponsorer: Forskningsrådet for Natur og Univers, TK Foundation, Dronning Margrethes og Prins Henriks Fond, Torben & Alice Frimodts Fond, Christian og Ottila Brorsons Rejselegat.

Yderligere information om vores projekt (inkl. videoer, weblogs): www.galathea3.dk
(se under Forskning > Klima og Miljø > Søernes biologi)

http://galathea3.emu.dk/klima_miljoe/soe_oekologi.html

Felt-teams på Azorerne (a) og Tasmanien (b):

Erik Jeppesen, Dr. scient, forskningsprofessor, a, 1 – Susanne Lildal Amsinck, phd., forsker, a, b, 1 – Frank Landkildehus, cand. scient, a, b, 1 – Kirsten Christoffersen, phd, lektor, a, b, 2 – Klaus Peter Brodersen, phd, lektor, a, 2 – Liselotte Sander Johansson, cand. scient, a, 1 – Marc Ventura, phd, post doc, b, 1 – Teresa Buchaca Estany, phd, post doc, a, b, 1 – Tue Skov, specialestuderende, a, 1 – Karina Jensen, laborant, a, 1 – Kirsten Thomsen Landkildehus, laborant b, 1

1) Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet

2) Ferskvandsbiologisk Laboratorium, Københavns Universitet