

Tidsskrift for miljø og natur

VAND & JORD

Tema – Sund Vejle Fjord

SUND VEJLE FJORD

4

NEPPER & STAGEHØJ FORLAGET

32. årgang • November 2025

DTU

DTU SUSTAIN
Institut for Miljø- og Ressourceteknologi

FORM FREMTIDENS INGENIØRER - MENS DE STUDERER!

En **erhvervskandidat** er en studerende, der tager sin kandidat på 3-4 år og arbejder deltid i en virksomhed samtidig.

Alle DTU's kandidatretninger kan læses som erhvervskandidat, hvilket gør modellen relevant på tværs af brancher.

Erhvervskandidatordningen er oplagt for virksomheder, der mangler kvalificeret arbejdskraft, vil efteruddanne medarbejdere, have adgang til den nyeste viden inden for fagområdet eller ønsker at forme fremtidige medarbejdere.

NOGET FOR JER?
Scan QR-koden og læs mere om ordningen. Du kan også skrive til **kscro@dtu.dk** og få svar på dine spørgsmål.



Klar til at finde jeres næste ingeniør?
Skriv et jobopslag målrettet en specifik erhvervskandidatuddannelse og publicer det i **DTU Career Hub**

Vand & Jord er et dansk fagtidsskrift med artikler og debat om miljøforhold i vore ydre omgivelser. Emnerne omfatter alle forhold i vandets kredsløb, rent eller forurenet. Tidsskriftet formidler ny og aktuel viden til alle, der arbejder med og har interesse i dansk og international miljø- og naturbeskyttelse.

Vand & Jord er uafhængig af organisations- og firmainteresser.

© Selskabet for Vand & Jord
og Forlaget Nepper & Stagehøj

Redaktion:
Charlotte Kjærgaard, NovaDraiN ApS, ansv.
Søren Brandt, Herning Kommune
Anja Skjoldborg Hansen, Aarhus Universitet
Astrid Zeuthen Jeppesen, NIRAS
Poul L. Bjerg, Danmarks Tekniske Universitet
Anker Lajer Højberg, GEUS
Anders Erichsen, DHI

Mekanisk, fotografisk eller anden gengivelse er kun tilladt i overensstemmelse med overenskomst mellem Undervisningsministeriet og Copy-Dan. Enhver anden udnyttelse er uden selskabets og forlagets skriftlige tilladelse forbudt ifølge gældende dansk lov om ophavsret.
ISSN 0908-7761

Abonnementspris 2025 – 4 numre pr. år
Institutionsabonnement: kr. 800,00 inkl. moms
Privat abonnement: kr. 300,00 inkl. moms.
Studenterabonnement: kr. 150,00 inkl. moms.
Virksomhedsabonnement kr. 5.000 kr. inkl. moms
Alle priser er inkl. forsendelse.

Se mere på **http://www.vandogjord.dk/**
– her findes også forfattervejledning

Produktion: Vand & Jord ApS
Layout: Forlaget Nepper & Stagehøj
Tryk: P. E. Offset & Reklame A/S, Varde

Udgiver og Abonnement:
Forlaget Nepper & Stagehøj
Nøjsomhedsvej 19, st.tv.
2100 København Ø
Tlf. 35 26 45 31
e-mail: forlaget@nepperogstagehoej.dk

Annoncer:
Søren Brandt
e-mail: kontakt@vand-og-jord.dk

Forsidefoto: Storebæltskysten.
Foto af Anja Skjoldborg Hansen.

VAND & JORD

Nr. 4
32. årgang
november 2025

Synspunkt: Udsyn Sund Vejle Fjord 126
Karen Timmermann

Projekt Sund Vejle Fjord 128
Mads F. Christensen & Mogens R. Flindt

Lokalt ejerskab som drivkraft for et bedre havmiljø 130
Mads F. Christensen

En sund Vejle Fjord starter på land 135
Klaus Balleby, Hanne Fogh Vinther, Brit Dalby, Christian Bundesen, Theis Kragh, Søren Karl Lücking & Anders Barnewitz

Videnskabeligt setup i Sund Vejle Fjord 140
Mogens R. Flindt, Timi L. Banke, Frederik H. Hansen, Klaus Balleby, Mads F. Christensen, Paula Canal-Verges, Britt Dalby, Benjamin Nielsen, Mikkel Keller Lees & Rune Steinfurth

Genopretning af ålegræs i Vejle Fjord.....144
Rune C. Steinfurth, Timi L. Banke, Benjamin Nielsen, Paula Canal-Vergés, Klaus E. Balleby, Mads F. Christensen, Brit Dalby & Mogens R. Flindt

Genopretning af blåmuslinger i Vejle Fjord 152
Timi L. Banke, Rune C. Steinfurth, Benjamin Nielsen, Paula Canal-Vergés, Klaus E. Balleby, Mads F. Christensen, Brit Dalby & Mogens R. Flindt

Stenrev i Vejle Fjord bringer livet tilbage 156
Timi L. Banke, Benjamin Nielsen, Miguel Pardal, Rune C. Steinfurth, Paula Canal-Vergés, Klaus E. Balleby, Mads F. Christensen, Brit Dalby & Mogens R. Flindt

Bestandsregulering af strandkrabbe ved målrettet fiskeri i Vejle Fjord ...160
Paula Canal-Vergés, Anders Barnewitz, Timi L. Banke, Rune C. Steinfurth, Mia Gommesen & Miguel A. Pardal

Et GIS-værktøj til målrettet naturgenopretning 163
Mikkel Keller Lees, Kadri Kuusemäe, Anders C. Erichsen, Mogens R. Flindt & Paula Canal-Vergés

Vand & Jord udgives med støtte fra:

DHI · Københavns Universitet · DTU
ATV Jord og Grundvand
Aarhus Universitet – DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi
Institut for Agroøkologi – Aarhus Universitet
SDU

Udsyn Sund Vejle Fjord



Vejle inderfjord fra Skyttehushaven i Vejle. Foto: Sund Vejle Fjord.

De danske fjorde og kystnære farvande lider under for mange næringsstoffer, som gennem dekader har forringet vandkvaliteten og forarmet havnaturen og den marine biodiversitet. Dette særnummer af Vand og Jord præsenterer forsknings- og udviklingsprojektet *Sund Vejle Fjord* – et af Danmarks mest omfattende og helhedsorienterede initiativer for marin naturgenopretning. Projektet er et eksempel på, hvordan lokal forankring, politisk vilje og videnskabelig ekspertise kan forenes i bestræbelserne på at forbedre forholdene i et kollapset havmiljø.

Kernen i projektet er en erkendelse af, at **en sund fjord starter på land**. Den marine naturgenopretning i Vejle Fjord kan kun lykkes, hvis den kombineres med **markante reduktioner af næringsstoftilførslen fra oplandet.** Hotspotanalyser fra 93 målestationer i Vejle Å-systemet har identificeret de mest belastende kilder, og disse danner nu grundlag for målrettede indsatser. Det er en kompleks opgave, som kræver samarbejde mellem kommuner, forskningsinstitutioner og lokale aktører – og som forudsætter langsigtet planlægning og investeringer.

Samtidig viser projektet, at **aktiv naturgenopretning i fjorden kan skabe lokal og blivende forbedring**, når de rette betingelser er til stede. Genetablering af ålegræs, blåmuslinger og stenrev har allerede givet lovende resultater. I fjorden er der genetableret 8 ha stenrev, 65 ha muslingebanker og over seks hektar ålegræsbede. De genskabte habitater skaber tiltrængte lokale oaser for havets planter og dyr og bidrager med vigtige økosystemtjenester, som vandrensning og stabilisering af havbunden.

Projektet er også et eksempel på, hvordan **lokalt ejerskab og borgerinddragelse kan være drivkræfter i miljøarbejdet**. I Vejle Kommune har det kollapsede havmiljø haft direkte konsekvenser for fiskeri, turisme og borgernes livskvalitet. Det har skabt en bred politisk og folkelig opbakning til projektet, som nu fungerer som en platform for mobilisering og fælles handling.

Det videnskabelige setup i *Sund Vejle Fjord* er omfattende og innovativt. Et gradientbaseret stationsnetværk gør det muligt at analysere miljøtilstande og presfaktorer langs eutrofieringsgradienten og identificere områder med stort potentiale for genopretning. Der udvikles GIS-værktøjer til at målrette indsatserne, og der arbejdes med kvantificering af økosystemfunktioner og -tjenester.

Aktiviteterne i Sund Vejle Fjord projektet, kan ikke redde fjorden, for det kræver omfattende reduktioner i udledningen af næringsstoffer, men særnummeret dokumenterer, hvordan **helhedsforvaltning, evidensbaseret beslutningstagning og lokal engagement** kan bidrage til lokal forbedring og understøtte genopretningen af vores kystnære havmiljøer. Erfaringerne fra Vejle Fjord kan inspirere lignende indsatser i andre danske fjorde og bidrage til den nationale og internationale dagsorden for havmiljø og biodiversitet.

Karen Timmermann, Professor, DTU Aqua



EU når til enighed om standarder for vandforurening

Europa-Parlamentet og Rådet er nået til enighed om at opdatere EU's vandlovgivning, hvilket markerer et betydeligt skridt mod renere grundvand og overfladevand. Det reviderede direktiv udvider listen over prioriterede forurenende stoffer til at omfatte PFAS, lægemidler, pesticider og industrielle stoffer som bisphenol-A, samtidig med at der indføres observationslister for nye forurenende stoffer, såsom mikroplast og indikatorer for antimikrobiel resistens.

Nøgleforanstaltninger omfatter:

- Strengere miljøkvalitetsstandarder og forbedrede overvågningsprotokoller.
- Indførelse af effektbaseret overvågning af østrogene stoffer.
- Bestemmelser om en fælles EU-overvågningsfacilitet til støtte for medlemsstaterne.
- Evaluering af udvidet producentansvar for at hjælpe med at finansiere overvågningsindsatsen.
- Styrket adgang til retsvæsenet for borgere og NGO'er i henhold til Århuskonventionen.

Medlemsstaterne skal overholde nye standarder inden 2039 med fasede frister for specifikke stoffer og en gennemførelsesfrist i december 2027. Europa-Kommissionen hilste aftalen velkommen som et vigtigt bidrag til EU's ambition om nul forurening.

Kilde: EWA Newsletter Issue 5/2025

Genopretning af vådområder

Genopretning af vådområder kan reducere kvælstofforurening og forbedre vandkvaliteten i store europæiske floder

En ny undersøgelse fra JRC, offentliggjort i Nature Water, afslører, at genopretning af 15 % af Europas historiske vådområder – især på landbrugsjord, der forventes at blive forladt inden 2040 – kan reducere kvælstofforureningen i floder med 22 %, hvilket hjælper store bassiner som Rhinen, Elben og Vistula med at nå vandkvalitetsmålene med minimal forstyrrelse af landbruget.

Vådområder fjerner i øjeblikket over 1.000 kilotons kvælstof årligt og fungerer som vitale naturlige filtre. Alligevel har Europa mistet omkring 70 % af sine vådområder, hvilket forværrer eutrofiering og tab af biodiversitet.

Strategisk genopretning i områder med stort kvælstofoverskud giver det største økologiske afkast. Selvom omkostningerne varierer, kan de miljømæssige fordele – herunder kulstofbinding, oversvømmelseskontrol og forbedret vandmodstandsdygtighed – opveje dem.

Undersøgelsen støtter integration af vådområders genopretning i EU-politikker som den fælles landbrugspolitik og naturgenopretningsforordningen i overensstemmelse med den europæiske strategi for vandresiliens, der blev vedtaget i juni 2025.

https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/wetland-restoration-can-reduce-nitrogen-pollution-and-improve-water-quality-major-european-rivers-2025-08-19_en?pk_source=ec_newsroom&pk_medium=email&pk_campaign=JRC%20newsletter%20September

Kilde: EWA Newsletter Issue 5/2025

Flagermus og ynglefugle under pres

DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi har offentliggjort nye data fra NOVANA-programmet. Rapporten viser, at 46 % af Danmarks ynglefugle er i tilbagegang, og at halvdelen af de undersøgte flagermusarter har reduceret udbredelse. Samtidig er der fundet pesticider i over halvdelen af de undersøgte drikkevandsboringer. Tallene understreger behovet for målrettet naturbeskyttelse og bedre regulering af pesticidanvendelse. DCE anbefaler øget overvågning og mere forskning i årsagerne til tilbagegangen.

Læs mere: https://dce.au.dk/

Miljøstyrelsens opsummering: https://mst.dk/nyheder/2025/november/nye-tal-for-naturens-og-miljoeets-tilstand-2024

Konference: Natur & Miljø 2026

Den store danske konference Natur & Miljø afholdes 18.–19. maj 2026 i Odense. Temaet er 'Samspil og sammenhæng' – med fokus på klimatilpasning, drikkevandsbeskyttelse og naturgenopretning. Konferencen samler forskere, praktikere og beslutningstagere og tilbyder faglige spor, workshops og netværksmuligheder. Der søges også nye tovholdere til fagsporene, og interesserede kan melde sig via konferencens hjemmeside.

Info og tilmelding: https://naturogmiljoe.dk/

Rapport: Danmark mangler 162 mia. kr. til biodiversitet

En ny rapport fra Biodiversitetsrådet dokumenterer et markant finansieringsgab i Danmarks biodiversitetsindsats frem mod 2050. Ifølge rapporten mangler der mindst 6,5 mia. kr. årligt – svarende til 162 mia. kr. i alt – for at sikre det minimale grundlag for at vende tabet af biodiversitet til fremgang.

Rapporten viser, at kun en lille del af de nuværende statslige midler har dokumenteret positiv effekt på biodiversiteten. Mange støtteordninger har usikker eller direkte negativ effekt, og 95 % af midlerne til landbrug, skovbrug og fiskeri går til aktiviteter, der potentielt skader biodiversiteten.

Biodiversitetsrådet anbefaler en omlægning af økonomiske incitamenter, en langsigtet finansieringsplan og en biodiversitetslov, der reelt beskytter naturen. Uden en målrettet og styrket indsats vil tabet af biodiversitet fortsætte – med store konsekvenser for både natur og samfund.

Læs rapporten: Mere og bedre finansiering – Biodiversitetsrådet https://www.biodiversitetsraadet.dk/viden/mere-og-bedre-finansiering



Rødding Å i Vildbjerg - når vandet finder egne veje i en oversvømmet ådal.

Projekt Sund Vejle Fjord

Med aktiveringen af EU's Naturgenopretningsforordning, FN's verdensmål for havet, den Grønne Trepart og etablering af Havnaturfonden i Danmark, er der for alvor kommet fokus på vores skrantende havmiljø. Efter mange års stedmoderlig behandling, ubehagelige gensyn med døde fisk i vores fjorde, og iltsvind der pludselig tangerer rædselsårene i 80'erne, er det politiske fokus vakt til live igen.

Mads F. Christensen &
Mogens R. Flindt



Ministerbesøg på Vejle Fjord. Foto Sund Vejle Fjord.

Vi står på en brændende platform, og der er brug for at gentænke hvor drivkraften til den kommende omstilling skal komme fra, og hvilke samarbejdsrelationer, der er mest hensigtsmæssige. Marin naturgenopretning kan få en afgørende betydning, hvis kvælstofindsatsen på land i regi af den Grønne Trepart, skal omsættes til målbart mere liv under havets overflade. I dette særnummer af Vand og Jord sætter vi fokus på marin naturgenopretning og på projekt Sund Vejle Fjord, der ad to omgange i 2020 og 2025 er støttet af VELUX FONDEN. Projektet har Vejle Kommune og Syddansk Universitet (SDU) som fælles projektejere, og er forankret omkring en kompleks forvaltningsopgave, der understøttes af anvendt forskning.

Adam Billing, fondsrådgiver VELUX FONDEN - Et Hav i Balance, udtaler: *"Med et stærkt vidensbaseret fundament og en grad af borgerinddragelse har projekt Sund Vejle Fjord været et foregangsprojekt, der har sat genopretning af danske fjorde på den politiske dagsorden og mobiliseret et bredt spektrum af stærke og nødvendige interessenter. Projektet har bidraget til at sætte den økosystem-baserede tilgang i centrum for at genskabe hav- og kystnære områder, som både adresserer klima-udfordringerne og biodiversitetstabet og gør det gennem anvendt forskning, der både nationalt og internationalt nyder stor anerkendelse".*

Projektets konstruktion har en stærk lokal forankring, drevet af en engageret kommunal forvaltning, med det klare formål at bringe Vejle Fjord i en bedre natur- og miljøtilstand. Fra start er der taget et helhedssyn på Vejle Fjord, idet projektet ligeværdigt har haft fokus på næringsstof-belastningen til fjorden, potentialer for en grundig næringsstofreduktion sideløbende med naturgenopretningen af manglende stenrev, muslingebanker og ålegræsenge.

Chefkonsulent, Harley Bundgård Madsen fra Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø udtaler: *"Jeg har gennem en årrække deltaget som observatør i styregruppen for projekt Sund Vejle Fjord. Styregruppen er bredt sammensat med politikere og forvaltere fra Vejle Kommune, repræsentanter for landbruget, DN, SDU og lokale amatørfiskere. I styregruppen har jeg oplevet meget høj grad af fokus og engagement for at forbedre miljøtilstanden i fjorden. Styregruppen er fuldt bevidst om nødvendigheden af at nedbringe næringsstofbelastningen til fjorden, og er - her i anden fase - i gang med at se på oplandet til fjorden i tråd med initiativerne i Den Grønne Trepart. Hidtil har projektet fokuseret på at genskabe de tabte habitater i Vejle Fjord, og har således, på imponerende vis, etableret store områder*



Marsvin iVejle Fjord. Foto Sund Vejle Fjord.

med stenrev, ålegræs og muslingebanker for at forbedre fjordens økologi. De marine tiltag i fjorden har været baseret på forskning fra SDU",

SDU's ønsker om et forskningsbaseret setup med aktiviteter, hvor vidensgrundlaget før var utilstrækkeligt. Dette gælder f.eks. anlæggelsen af naturgenopretninger langs den kraftige forureningsgradient, der muliggør analyser og kvantificering af det variable næringsstofpres' indflydelse på udviklingen af habitaternes økosystem-tjenester og -funktioner.

Professor, Mogens Flindt, Biologisk Institut, SDU, udtaler: *"I modsætning til internationalt, så har der i Danmark været forskerkolleger som mener, at vi med de igangsatte naturgenopretnings-aktiviteter nærmer os greenwashing og spild af penge. Holdningen er, at ålegræs og muslinge-banker kommer sig, så snart næringsstofreduktionen er realiseret. Vi har i projektet dokumenteret, at ålegræsset i beskyttede vige naturligt forsøger at retablere sig, men at det ikke lykkes i de udstrakte arealer i yderfjordene. Her presses frøene ud på dybder, som ikke lysmæssigt understøtter retableringen, mens den aktive naturgenopretning med ekstra forankring er succesfuld. Tilsvarende er det dokumenteret, at den naturlige rekruttering på blåmuslingebankerne udebliver, hvilket medfører, at disse gradvist tabes over tid. Hvis man vil bevare habitatet og dets filtrationsbaserede forbedring af lysforholdene, så bør man udlægge muslingebanker, indtil den naturlige rekruttering igen finder sted. Vores resultater viser klart, at der er lokaliteter, hvor miljøtilstanden er tilstrækkelig god til at naturgenopretningerne er holdbare og lokalt sikrer økosystem-tjenester, der i fremtiden vil understøtte og accelerere en positiv naturudvikling. Vi håber, at resultaterne i dette særnummer også vil bidrage med afklaring til den debat."*

Vejle Fjord er pt. Danmarks største marine naturgenopretningsområde, hvor der både er etableret habitater enkeltvist, men hvor der også er skabt store områder med naturlig mosaiknatur. Projektet har derved fungeret som levende eksperimentarium for Center for Marin Naturgenopretning og Tænketanken Hav. Både Vejle Kommune og SDU fremhæver VELUX FONDEN`s tidlige engagement omkring den fremtidige forvaltning af det kystnære havmiljø, og fondens støtte til projekt Sund Vejle Fjord, der ikke havde været muligt uden ekstern finansiering.

"Det er VELUX FONDENs håb, at projektet kan udbredes til andre kystnære kommuner og vise, hvordan naturgenopretning kan tilrettelægges med et bredt fokus på både oplandet og det kystnære. Projektet afspejler VELUX FONDENs 2030-strategi ved at forene forskning, lokalt engagement og tværgående samarbejder i arbejdet for en sundere fremtid for vores fjorde og have", udtaler Adam Billing.

Mads F. Christensen, Vejle Kommune, mafch@vejle.dk
Mogens R. Flindt, Professor, mrf@biology.sdu.dk

Lokalt ejerskab som drivkraft for et bedre havmiljø

Et fiskeri i frit fald, utilfredse borgere, turister der bliver væk og et krakeleret selvbillede af en lokal fjord med masser af liv og det fineste badevand. Det er ude i kommunerne konsekvenserne af det kollapsede havmiljø for alvor kan mærkes, og samtlige lokalpolitikere over en bred kam kan se god synergi i at pulje en række opgaver omkring det nære havmiljø. Den marine naturgenopretning er en vindersag, der både forener politikere og brugergrupper i en fælles front, men som samtidigt også bidrager til at mobilisere og inddrage kommunens borgerne omkring en af tidens helt store miljøudfordringer.

Mads F. Christensen

Som ung biologistuderende i halvfemserne arbejde jeg som studentermedhjælp i Vejle Amt ved afdelingen for Hav & Kyst. Arbejdsopgaverne inkluderede ansvaret for den marine prøvetagning i Vejle Fjord og den efterfølgende taksonomiske oparbejdelse indenfor normerne af det marine overvågningsprogram i Danmark. Dengang var der mere end 100 bundfauna-stationer i Vejle Fjord. Der var også et lokalt miljøskib, Tyra, der året rundt indhentede natur- og miljødata, som gav amtets biologer mulighed for løbende at skabe debat og sætte fokus på fjordens tilstand ift. iltsvind, algeopblomstringer, muslingebanker og ålegræs – et fokus, der har været ikkeeksisterende i rigtigt mange år. I dag er der 2 miljøstationer i Vejle Fjord.

Siden kommunalreformen i 2007 har det overordnede ansvar for at skabe en god miljøtilstand i de danske farvande ligget hos staten og Ministeriet for Grøn Trepart. Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø (SGAV) står for den nationale overvågning og udarbejder den årlige tilstandsvurdering og de langsigtede strategier for havmiljøet. Kommunerne skal implementere vandområdeplanerne og håndtere forurening på strande og i havne, ligesom det er en kommunal opgave at gennemføre klimatilpasning. Men ansvaret for at naturgenoprette alt det tabte ude i de kystnære farvande er formelt ikke en lovbehæftet kommunal opgave. Med EU's Naturgenopretnings-forordning, er det statens forpligtigelse at forbedre den marine natur. Uden et formelt kommunalt ansvar er der ingen økonomi afsat til at løse problemerne, og derfor kun meget få kommunale medarbejdere med de rette marine kompetencer ansat til at sikre den marine naturgenopretning.

Projekt Sund Vejle Fjord

Med solid donation fra VELUX FONDEN i 2020 + 2025 og med Syddansk Universitet (SDU) som formel partner, har Vejle Kommune – som noget nyt i kommunalt regi – selv påtaget sig opgaven med at genskabe de tabte habitater i Vejle Fjord. Ligesom mange af de øvrige fjorde i de indre danske farvande, er Vejle Fjord kollapset. Der er alt for mange alger i vandet, de bundlevende fisk er forsvundet, antallet af krabber er eksploderet, bunden er mange steder dækket af et tykt lag mudder, og ålegræsset er reduceret markant i forhold til sin oprindelige udbredelse. Alt sammen fordi vi de seneste 60 år har udledt for mange næringssalte fra land og by til de marine økosystemer, fisket for intensivt og fjernet for mange sten fra havbunden.

Eutrofiering med især nitrat giver planktonalgerne og filamentøse opportunister (fedtemøg) optimale forhold. De mange alger gør vandet uklart, så der ikke trænger nok sollys ned til vandplanterne i de dybere dele af fjorden. Hvert år opstår der iltsvind, fordi bakterier bruger ilten i vandet til at nedbryde de mange døde alger. Fisk og andre mobile organismer flygter fra iltsvindet, mens de fastsiddende dyr kvæles. Store dele af de oprindelige muslingebanker er forsvundet, ligesom stort set alle bundlevende fisk som torsk, hvilling, skrubber, ålekvabber og ål, helt er væk. Den negative udvikling har presset fjordens økosystemer ud i en forarmet tilstand, hvorfra den har svært ved at reetablere sig igen på egen hånd. Dertil skal lægges klimaforandringer, der blandt andet forårsager stadigt mere ekstreme miljøpåvirkninger, herunder kraftigere nedbør med efterfølgende større udvaskninger fra land og markant varmere temperaturer ved havbunden, hvor iltsvindet forstærkes.

Ved at genoprette de fysiske forhold i Vejle Fjord i form af udlægning af muslingebanker og stenrev, udplantning af ålegræsbede, opfiskning og regulering af strandkrabber ved fiskeri, er Sund Vejle Fjord projektets målsætning at skubbe økosystemerne tilbage mod en balance. Ved at reintroducere sunde habitater, yngleområder og skjul, skal fiskene vende

tilbage. Torsk og hvilling skal æde de mange krabber. Filtratorer skal øge sigtbarheden, så lyset igen når bundens tang og ålegræs, der så igen kan fiksere det overskydende kvælstof fra land.

Vandplaner og marin naturgenopretning

Selvom de statslige vandplaner har haft effekt siden 1987 og kvælstofkurven siden har været jævnt nedadgående (i hvert fald indtil kurven stagnerede for godt 10 siden), så udebliver effekten imidlertid. I kraft af statens vandplaner er tilførslen af næringsstoffer til de danske fjorde reduceret væsentligt over de seneste 30 år. I dag udledes på nationalt plan 40-50 pct. mindre kvælstof og 80 pct. mindre fosfor, end i midten af 1980'erne. Trods en massiv samfundsmæssig indsats oplever vi ikke nogen nævneværdig permanent forbedring af fjordens økosystemer, hvilket undrer mange forskere /1/. En halvering af kvælstofudledningen burde i teorien i dag være nok til at se tegn på bedring af økosystemerne.

Genslyngning af vandløb, afbrænding af heder for foryngelse af vegetationen, reetablering af oprindelige fjorde, søer og enge. Naturgenopretning foregår i dag alle steder på den tørre og ferske natur i kommunalt regi, så hvorfor ikke have samme tilgang ude til havs? Uden anden økonomisk støtte til opgaven, ud over hvad man lykkes med at fundraise hos private fonde og kommunernes egne slunkne kasser, så har rigtigt mange kystnære kommuner i Danmark i dag valgt at gå samme vej og selv gå i gang med denne enorme opgave. Fra de helt små lokale ålegræs-tiltag til stort udlagte stenrevsprojekter, så vidner det om, hvor vigtigt det er for kommunerne, at der sættes handling bag de gode intentioner om at få et renere havmiljø, og hvor katastrofalt det står til med havmiljøet i den indre danske farvande.

Vidensbaseret handling

Første fase af projekt Sund Vejle Fjord er gennemført og resultaterne af version 1.0 er nu gjort op. Siden projektets opstart er der udplantet 6 ha. ålegræs, udlagt 54 ha. muslingebanker, reetableret 8 ha. stenrev og opfisket 35 tons strandkrabber. Alle naturgenopretningstiltag er anlagt langs den kraftige eutrofierings-gradient fra inder- til yderfjord, hvilket har gjort det muligt, at påbegynde undersøgelser af, hvordan de forskellige habitater udvikler økosystemtjenester afhængigt af presfaktorer afledt af for høj kvælstof-belastning. Den videnskabelige tilgang omfatter både analyser og modellering af økosystemernes dynamikker, hvorfor der i dag nu foreligger et nuanceret billede af de faktorer, der er udslagsgivende for fjordens tilstand.



Foto: Sund Vejle Fjord.

Set i lyset af kompleksiteten i den marine naturgenopretning, så giver det tætte samarbejde mellem Vejle Kommune og SDU rigtig god mening. Det forvaltningsmæssige ønske om at få en ren fjord kombineret med et videnskabeligt ophæng, har vist sig at være en stærk motor. Vejle Kommune har ikke kapaciteten til at indsamle og analysere et større datamateriale, men er til gengæld garant for, at alle de fysiske anlæg realiseres, at der indhentes midler fra fondene til arbejdet, samt at det politiske mandat er til stede. Også hele den borgerrettede tilgang og formidlingen af projektet ligger godt i en kommunal kontekst. Til gengæld sikrer SDU, at alle virkemidlerne under projekt Sund Vejle Fjord implementeres vidensbaseret, så der ikke udlægges stenrev på uegnede lokaliteter eller udplantes store mængder ålegræs, hvor miljøforholdene ikke tillader det. Derud over moniterer SDU alle tiltagene løbende, så den langsigtede dokumentation af projektet tilvejebringes, analyseres og publiceres til fælles gavn for hele Danmark.

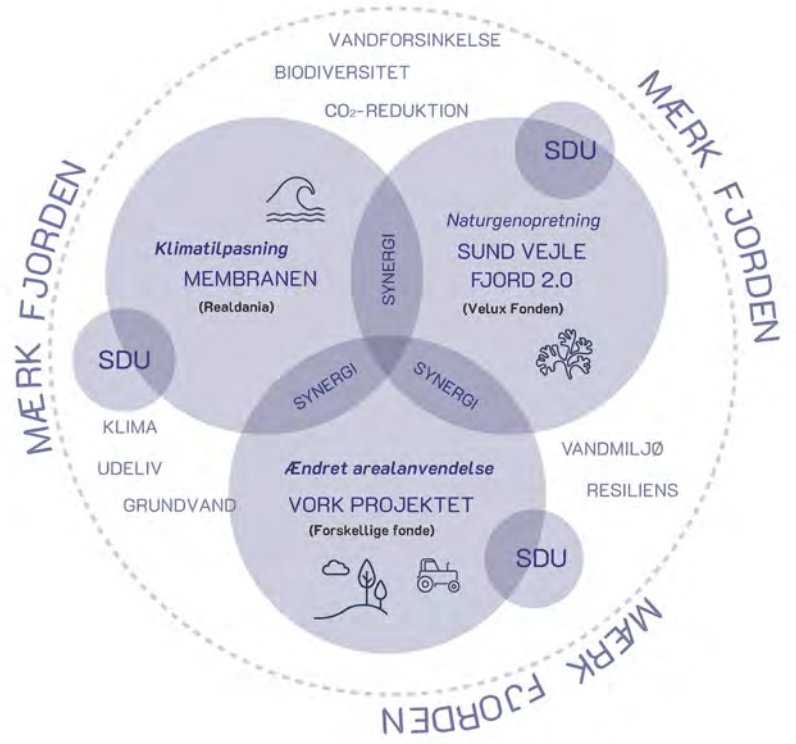
Det er ikke kun Vejle Fjord, der har det skidt. De indre danske farvande lider under mange årtiers forurening og uhensigtsmæssig forvaltningspraksis. På trods af årtiers gennemførte vandplaner i regi af EU, så viser de seneste års kollaps af flere af de marine økosystemer i Danmark, med årligt tilbagevendende iltsvind, fiskedød og ålegræs i mistrivsel, med al tydelighed, at der er behov for en bredere forståelse og mere forskning på området.

Marianne Holmer, Dekan på det Naturvidenskabelige Fakultet, SDU, udtaler: *"Der mangler viden om de meget komplicerede biologiske processer i vores havmiljø, og hvordan vi hurtigst og mest omkostnings-effektivt opnår en bedre miljøtilstand. Projekt Sund Vejle Fjord er første gang, hvor forskning og forvaltning samarbejder så tæt omkring havmiljøet i Danmark. Der er et stort behov for at fortsætte arbejdet og bygge videre på den platform af forskning, politisk velvilje og tværgående samarbejdsrelationer, som projekt Sund Vejle Fjord er funderet på. En sådan økosystembaseret tilgang, hvor flere habitater genskabes som mosaikker, er helt unik både i Danmark og internationalt. Med Sund Vejle Fjord 2.0 får vi mulighed for at fortsætte samarbejdet endnu en 5-årig periode. Det giver os, som forskere, mulighed for at indhente en lang, kontinuerlig dataserie, der kan medvirke til at kvalificere de marine virkemidler og forvaltningen af havmiljøet i hele Danmark."*

Vejle Fjord skal i bedring, og vejen derhen skal ske på et fagligt grundlag, ikke mindst fordi ressourcerne er knappe, og der ikke er råd til at begå for mange fejl undervejs. SDU´s gradientstudier skal medvirke til at øge forståelsen af, hvordan vi bedst og mest omkostningseffektivt får sat gang i den marine naturgenopretning. Et vigtig ophæng i hele den proces bliver koordination med Center for Marin Naturgenopretning og Tænketanken Hav, der ligesom projekt Sund Vejle Fjord er to initiativer finansieret af VELUX FONDEN, som udgør en del af VELUX FONDENs målsætning om at fremme en vidensbaseret implementering af marin naturgenopretning og sætte havets kritiske tilstand på den politiske dagsorden.

Styregruppe sikrer politisk mandat

Marin naturgenopretning er ingen let disciplin, særligt fordi vores klima er i forandring,



Figur 1. Berøringsflader og synergier imellem de tre planlagte indsatsområder og den samlede formidlingsindsats, der skal sikre god økologisk tilstand i Vejle Fjord.

og de stigende havtemperaturer år for år forstærker den metabolisme, der forårsager det ødelæggende iltsvind. Hver sæson er forbundet med stor uforudsigelighed. En af grundene til at arbejdet med den marine naturgenopretning i Vejle Kommune alligevel er kommet relativt hurtigt fra start skyldes naturligvis, at der ikke først skal opnås enighed med en lang række lodsejere på det marine område, som det er tilfældet på landbrugsjorden i oplandet til Vejle Fjord. Men den brede politiske opbakning lokalt, der er forankret i Styregruppen for Projekt Sund Vejle Fjord, har også spillet en meget vigtig rolle for at projektet ikke strandende på politisk uenighed. Her sidder repræsentanter fra landbruget, DN, Vejle Amatørfisker-forening, SGAV samt bred politisk repræsentation fra Vejle Kommune side om side og varetager projektets fremdrift.

Styregruppen refererer formelt til Vejle Kommunes Kommunalbestyrelse og herunder Klima,- Natur,- & Miljøudvalget, der formelt står som overordnet projektejer. Men det er Styregruppen, der sikrer det brede politiske mandat og den konstruktive dialog på tværs af interesseskel – en dialog, der smitter af helt derude ved køkkenbordene, hvor der lige nu forhandles om realiseringen af Grøn Trepart. De fleste landmænd har været dybt frustrerede over den generelle "one size fits all" udledningsregulering, og hilser de nye bebudede reguleringsmodeller for kvælstof, der er en del af landbrugsaftalen fra 2021, velkomne. Ambitionerne er at gøre reguleringen mere individuel og baseret på den enkelte bedrifts udledning af kvælstof fra markerne.

Selvom gældende lovgivning har været overholdt, så har Landbrugets top for længst anerkendt erhvervets medansvar for det økosystemkollaps, vi er vidne til lige nu i de indre danske farvande. For at den erkendelse kan nå helt ud til forhandlingsbordene i den Grønne Trepart og skabe resultater, er det derfor vigtigt, at omstillingen sker på et vidensbaseret og oplyst grundlag. Den differentierede kvælstofregulering vil i sig selv have en effekt på udledningerne, men det er heller ikke uvæsentligt, at processen vil medvirke til at generere lokale data. Erfaringer fra Vejle Kommune viser desuden, at det ofte er frugtbart i forhandlingerne med den enkelte landmand, hvor udgangspunktet for forhandlingerne jo stadigvæk er frivillighed, at synliggøre konsekvenserne af den høje kvælstofpåvirkning på det helt nære niveau. Forståelsen af at kvælstofudledninger fra konkrete vandløbsoplande er medvirkende til iltsvindet helt lokalt i Vejle Fjord, er motiverende for mange. Dertil kommer behovet for, at tilskudsordningerne giver lodsejerne en reel erstatning for værditabet af deres jord, hvis de vælger at omlægge deres arealer for at tilbageholde kvælstof.

En skrubbe på 70 timer…

Sund Vejle Fjord-projektet har de seneste fem år tiltrukket sig en del medieopmærksomhed. Vores havmiljø er i frit fald, og projektet har formået at udfylde et tomrum, der har manglet siden amterne blev nedlagt. Der er primært tre grunde til det store fokus: Det første aspekt er elementet af handling. Mange borgere er trætte af snak. De er bekymrede over fremtidsudsigterne, når det gælder klima, havmiljø og tabet af den biologiske mangfoldighed. Særligt den yngre generation er påvirkede, og mange unge vælger selv aktivt at bidrage til arbejdet ad frivillighedens vej.

For det andet sætter projektet billeder på det der foregår under havets overflade. Autentiske billeder påvirker vores tanker, følelser og politiske beslutninger. Det handler om hvordan billeder kan give stemme til underrepræsenterede problemstillinger i debatten. Den enlige skrubbe efter 70 timers videokort-lægning af Vejle Fjord, der er blevet vist et utal af gange i medierne, er netop et godt eksempel på billeders magt på den politiske scene.

Endelig betyder det rigtigt meget i fortællingen, at indsatsen er videnbaseret. Det er ikke længere muligt at afspore debatten med helt usaglige indlæg, som det har været tilfældet længe. Det gælder dels årsagerne til fjordenes kollaps, men også alt det der skal til, for at vi kommer videre. Sammen med mediernes nyfundne fokus på den dårlige miljøtilstand og den brede folkelige forargelse, har politikerne også kastet sig ind i kampen.

Formand for Klima-, Natur-, og Miljøudvalget i Vejle Kommune, Søren Peschardt udtaler: "*Sund Vejle Fjord Projektet har været med til at definere den politiske dagsorden i Danmark og har mobiliseret en lang række stærke interessenter. Den marine naturgenopretning og eutrofieringstruslen mod det danske havmiljø er, med statsminister Mette Frederiksens egne ord, blevet synonymt med Vejle Fjord, og kalder projekt Sund Vejle Fjord for et foregangsprojekt ift. hvordan indsatsen skal tilgås i de øvrige danske fjorde. Vi står på en brændende platform, og erkendelsen af situationens alvor er nu erkendt og formuleret af vores politikere og formidlet til den brede befolkning.*"

Helhedsforvaltning omkring Vejle Fjord

Opgaven med at bringe Vejle Fjord fra ringe til god økologisk tilstand har mange facetter, og kan naturligvis ikke løses alene ved at gennemføre en marin naturgenopretning. Det er åbenlyst for alle med bare en minimal forståelse for havmiljø, at der parallelt med den marine naturgenopretning, skal iværksættes

initiativer, der lokalt begrænser næringsstofbelastningen af fjorden fra det åbne land. Med Grøn Trepart er der taget hul på en historisk og meget omfattende arealomlægning, der forhåbentligt igen kan få kvælstofkurven i bevægelse i en nedadgående retning. Kildeopsplitning på baggrund af 2016 data fra SDU har vist, at ca. 60 % af kvælstoftilførslen til Vejle Fjord stammer fra Vejle Ås udløb /2/. For at leve op til gældende vandplankrav for god økologisk tilstand i fjorden inden 2027, skal der ske en reduktion af kvælstoftilførslen på 26 % (189,8 tons) til den samlede Vejle Fjord.

• Oplandsanalyse for Vejle Å

Spørgsmålet er, om det er muligt at målrette indsatsen i oplandet og tage de mest forurenende markblokke ud ved at måle sig frem til, hvor de største udledninger stammer fra? I samarbejde med SDU – og efter stort ønske fra landbruget selv – igangsatte Vejle Kommune derfor slut 2022 en kildeopsporing af næringsstof-tilførsel i oplandet til Vejle Å i form af en oplandsanalyse. Der blev indsamlet vandprøver på ca. 93 vandløbsstationer fordelt i hele oplandet. Vandprøverne er analyserede for bl.a. kvælstof og fosforindhold, og data indgår i en hotspotanalyse, som viser deloplandenes bidrag. Prøverne er indsamlet under forskellige nedbørsforhold i hhv. vinter-, forår- og sommerperioden /3/.

Oplandsanalysen viser bl.a. at tilførslen af næringsstoffer til Vejle fjord stiger med øget vandføring efter kraftige nedbørshændelser. Flere deloplande ses at have en relativ stor udvaskning af næringsstoffer til Vejle Å uafhængigt af årstid. Resultaterne af oplandsanalysen peger bl.a. på Fyle Bæk og Ødsted Bæk, som delområder, der bidrager med høje udledninger af kvælstof.

I en ny oplandsanalyse er der i de to vandløb efterfølgende gennemført prøvetagninger med en måneds interval. Viden fra de to oplandsanalyser har, sammen med forslag fra lodsejere, indgået i processen med at lave en plan for omlægning af arealer i regi af Grøn Trepart. Ved at placere kvælstoftiltag i de områder, som udleder meget kvælstof, forventes at opnå den største effekt.

• Vork Projektet

Oplandene for Fyle Bæk og Ødsted Bæk ligger i tilknytning til Vejle Ådal og inkluderer landsbyerne Refsgårde, Oustrup og den lidt større landsby Vork, som den nordligste afgræsning /4/. Som et led i regeringens akutpakke til vandmiljøet fik Vejle Kommune d. 8. maj 2024 tildelt 39 mio. kr. til at forbedre miljøtilstanden i Vejle Fjord. Midlerne er øremærket bl.a. til at sikre ændret arealanvendelse på arealer, hvorfra der i dag sker en høj næringsstofudvaskningen. Med afsæt i oplandsanalyserne og finansiering fra akutpakken, har Vejle Kommune igangsat Vork Projektet med afgrænsning i oplandet omkring de to vandløb. I regi af Vork Projektet arbejdes der for nuværende med et bruttoareal på 1.500 - 2.000 ha. Indsatserne, som knytter sig til tilbageholdelse af næringsstoffer på markniveau, koordineres i samspil med nye potentielle minivådområder samt lavbunds- og vådområdeprojekter i området.



Frivillige fra foreningen; Os Om Havet udplanter ålegræs. Foto: Sund Vejle Fjord.

• Stormflodsikring af Vejle by

Der kan være en del synergi vundet ved at koordinere den marine naturgenopretning med øvrige samfundsudfordringer. Staten har udpeget Vejle Midtby som et af de ti områder i Danmark, der er mest udsatte for oversvømmelse. Byen ligger i bunden af Vejle Ådal med vand fra tre vandløb og deres oplande, og lige ud til Vejle Fjord. Det har givet gentagne oversvømmelser ved skybrud, tøbrud, langvarig regn, høj vandstand i fjorden og stormflod. Stormflodssikring bliver de kommende år et helt centralt tema for både stat og kommune. De marine tiltag såsom ålegræsbede, muslingebanker og stenrev vil kunne bidrage med en lang række økosystemtjenester ud over at fremme biodiversiteten i havet. Placeres disse velovervejet, vil sådanne strukturerer også fungere som stormflodssikring, barriere imod bølgeenergi, skabe forbedrede lysforhold samt fiksering af CO_2, kvælstof og fosfor.

Projekt Sund Vejle Fjord skal således skematisk ses som en delmængde af en større indsats (Figur 1). Sund Vejle Fjord 2.0. skal udføres i tæt koordination til projektet Membranen, som handler om naturbaseret kystsikring, Vork Projektet, som er beskrevet ovenfor, og en samlende formidlingsindsats under projektet; Mærk Fjorden. Tilgangen sker ved inddragelse af SDU / DTU Aqua som formelle faglige partnere, og relevante lokale institutioner, forsyningsselskaber og interesseorganisationer.

Borgerinddragelse og mobilisering

Særligt én brugergruppe omkring Vejle Fjord har haft en meget stor betydning for projektets forankring lokalt. Helt fra projektets begyndelse er det medlemmer fra Vejle Amatørfiskerforening, der, med deres livslange viden fra fiskeriet i Vejle Fjord, har medvirket til at sætte den politiske dagsorden. Det er de gamle fiskere, der utrætteligt har råbt politikerne op, og dem der er trukket i arbejdstøjet, når forsøg med biogene rev skulle iværksættes, eller der skulle opfiskes uendelige mængder af strandkrabber fra fjordens dyb. En række andre brugergrupper omkring Vejle Fjord, herunder Rødkilde Gymnasium, den lokale dykkerklub Nuser, Vejle Idrætsefterskole og foreningen; Os Om Havet, har ligeledes spillet en stor rolle. Hvert år har et stort antal frivillige fra ovenstående lokale organisationer sat dage af til at udplante ålegræs, ligesom frivillige igennem et citizen science forløb, ad flere omgange, har medvirket til at indsamle vandprøver i et gradient-studie fra inderfjord til yderfjord.

Formand for Vejle Amatørfiskerforening, Henning Fredberg udtaler: ”*År efter år har vi med egne øjne konstateret, at det går den*



Højen Vådområde, en del af Vejle Kommunes indsats i oplandet til Vejle Fjord. Foto: Sund Vejle Fjord.

gale vej for havmiljøet. Mange af os har været med så længe, at vi kan huske alt det liv, der har været i Vejle Fjord, og som kunnet have været her i dag, hvis bare vi havde taget handling noget før. Det er nedslående for os fiskere bare at sidde tilbage uden at kunne gøre hverken fra eller til, når det vi holder så meget af dør for næsen af os. Her har samarbejdet mellem det offentlige og frivilligheden, som vi har oplevet det med Projekt Sund Vejle Fjord, været uhyre vigtigt og en øjenåbner for os, fordi vi kan se, at vi supplerer hinanden godt og pludselig oplever, at vi sammen kan gøre en stor forskel".

Hvad enten udfordringer drejer sig om arealomlægning i landbruget, klimatilpasning langs kysterne eller den marine naturgenopretning, så bliver en helt central forudsætning for de ambitiøse målsætninger, at der opretholdes et vedholdende mandat fra den brede befolkning. Ud over at sikre en god økologisk tilstand i Vejle Fjord, så er den anden helt store målsætning med Projekt Sund Vejle Fjord at skabe grobund for et sådant mandat og sikre ejerskab og et lokalt engagement. Håbet er at involvere så mange af Vejle Kommunes borgere som overhovedet muligt, unge som gamle, og få skabt dialog om de mange natur- og klimaudfordringer, som vores samfund står overfor.

En helt ny overbygning på projekt Sund Vejle Fjord støttet af Nordea-fonden skal understøtte den mission yderligere. Med Ideoplægget, Mærk Fjorden, søger Vejle Kommune og SDU at binde bro imellem de mennesker, der bliver berørt af natur- og klimaforandringerne og de borgere, forskere og forvaltere, der skal implementere løsningerne. Delprojektet danner rammen omkring et større formidlingstiltag, der skal informere og mobilisere borgere omkring havmiljø, biodiversitet og klimaforandringer. Med fire konkrete formidlingstiltag på en blå akse fra ådalen ind over midtbyen og ud langs fjorden, skal projektet give den enkelte borger en enestående mulighed for at komme helt tæt på den omstillingsproces, det er så vigtigt, der opnås forståelse og opbakning til.

En del af projektet bliver at etablere en Marin Feltstation ved Brønsodde Fiskeri- og Bådelaug, som skal fungere som Vejle Fjords bredt favnende samlingspunkt. Her skal folkeskoler, gymnasier, universitets- studerende og forskere have plads til at fordybe sig i fjordens økosystemer. Feltstationen skal rumme mødelokale, vådlaboratorium samt et formidlingsrev med en tilgængelig platform for skolebørn for enden af en eksisterende bådebro. Stedet skal også danne ramme for øvrige aktiviteter og events.

Formand for Styregruppen, Sund Vejle Fjord, Lars Schmidt udtaler: *"En af grundene til at vi er nået så langt under første etape af Sund Vejle Fjord, skyldes i høj grad det store engagement og det gode samarbejde, vi har haft med en lang række lokale foreninger, borgere og institutioner. Det store ejerskab og samarbejdet med de frivillige kræfter har været et meget vigtigt element, og forbliver fortsat et meget vigtigt element gennem næste etape af projektet. Vi håber vi med Mærk Fjorden får udbygget et kæmpestort lokalt engagement, der skaber en masse konstruktiv debat og som mobiliserer endnu flere lokale foreninger i det frivillige arbejde med at få skabt mere liv i Vejle Fjord".*

Lokalt ejerskab som drivkraft

Det kan godt ske, at der ikke er økonomi til at hver fjord har sit eget miljøskib som i amternes tid, og det giver nok heller ikke mening at bruge så mange ressourcer på at oparbejde bundfaunaprøver i så stort et omfang, som det dengang var tilfældet. Men det manglende fokus, der har været omkring de indre danske farvande siden kommunalreformen, har været ødelæggende. De seneste par års mange kommunale og private marine projekter, hvor både fondene og forskningsinstitutionerne har bakket op, vidner om et enormt lokalt engagement. Måske man i næste generation af Danmarks Havplan /5/ burde overveje, at overdrage det fulde ansvar for en marin naturgenopretning indenfor den inderste kystnære sømil til kommunerne, og gøre det til en lovmæssigt bindende aftale. I den zone er der alligevel ingen større energi-, fiskeri-, transport-, eller erhvervsmæssige interesser tilknyttet - kun turisme, rekreation og det bedste biologiske potentiale for at restaurere de mange tabte marine levesteder.

Mads F. Christensen, Vejle Kommune, mafch@vejle.dk

Referencer

/1/ Würgler Hansen J.W., Lønborg C., Høgslund S. (red.), 2024: MARINE OMRÅDER 2023, NOVANA, Videnskabelig rapport fra DCE, nr. 632 – Nationalt Center for Miljø og Energi

/2/ Lees, M. K., Flindt, M. R., Canal-Vergés, 2022: Modelaktivitet i projekt Sund Vejle Fjord. SDU Biologi- rapport. Biologisk Institut, Syddansk Universitet.

/3/ Balleby, K., Vinther, H.F., Dalby, B., Bundesen, C., Kragh, T., Lücking, S.K., Anders Barnewitz En sund Vejle Fjord starter på land, 2025: Vand & Jord, Særnummer: Sund Vejle Fjord.

/4/ Barnewitz A., Lücking S., Kragh T., Canal-Vergés P. 2025. Opfølgende hotspotanalyse af Fyle Bæk og Ødsted Bæk, Vejle. Videnskabeligt notat fra Biologisk Institut, Syddansk Universitet.

/5/ Danmarks Havplan, www.havplan.dk

En sund Vejle Fjord starter på land

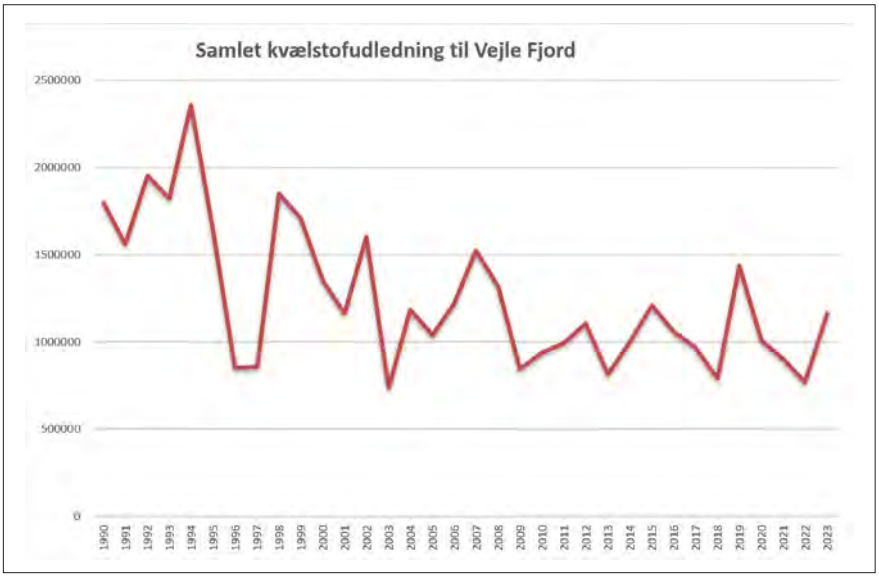
Marin naturgenopretning i Vejle Fjord virker bedre, hvis den kombineres med store reduktioner af kvælstof fra land. Der er behov for målrettede indsatser og mere samarbejde mellem kommuner og forskningsinstitutionerne for at forbedre fjordens miljø- og naturtilstand.
En hotspotanalyse baseret på 93 målestationer i Vejle Å-systemet afslører de mest belastende kvælstofkilder.

Klaus Balleby, Hanne Fogh Vinther, Brit Dalby, Christian Bundesen, Theis Kragh, Søren Karl Lücking & Anders Barnewitz

Jeppe Bruus havde svært ved at undertrykke smilet, da han som chauffør i styrehuset på den 34 ton tunge gravemaskine tog første spadestik til realiseringen af et 453 hektar stort klima-lavbundsprojekt ved Ravning i Vejle Ådal. Det var tydeligvis første gang ministeren for Grøn Trepart prøvede kræfter med en Volvo EC950F Excavator, men et underholdende indslag for alle de fremmødte og kulminationen på 4 års arbejde med forundersøgelser, projektering og ikke mindst tæt dialog med projektets 62 lodsejere. Spadestikket var en vigtig milepæl for naturen i Vejle Å og Ådal, og Vejle Kommunes første officielle projekt i regi af Grøn Trepart. På den måde var spadestikket d. 22. august 2025 ikke bare starten på endnu et naturgenopretningsprojekt et sted i Danmark, men også en kæmpe skovlfuld frem imod Vejle Fjord i god økologisk tilstand.

Grøn Trepart og marin naturgenopretning

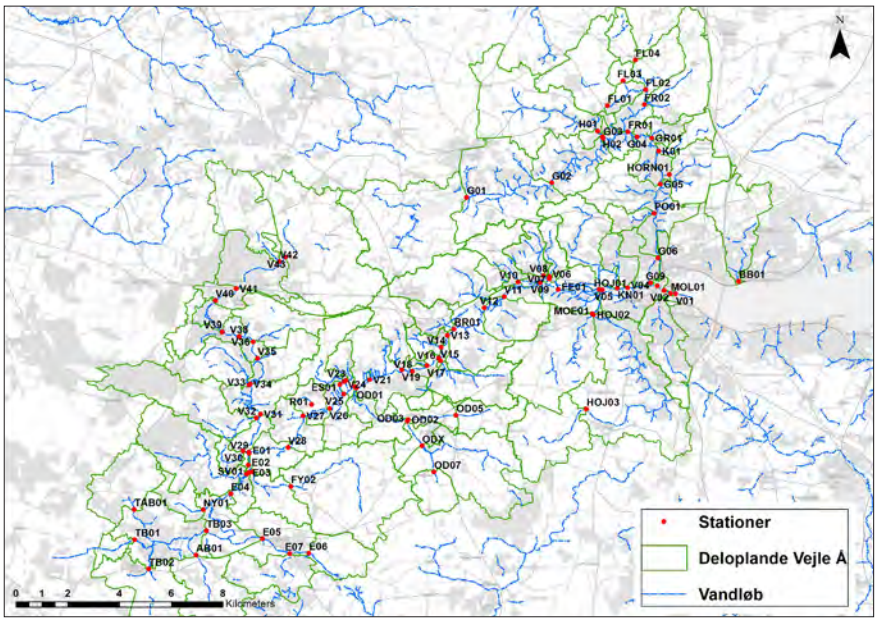
Marin naturgenopretning kan ikke stå alene, hverken i Vejle Fjord eller i andre danske fjordområder. Det er en supplerende indsats, der øger fjordens robusthed, og hjælper den til hurtigere at komme i god økologisk tilstand. Derfor skal naturgenopretning i fjordene altid gå hånd i hånd med betydelige reduktioner i den landbaserede udledning af kvælstof, hvis indsatsen skal have den optimale effekt.



Figur 1. Den samlede udledning af kvælstof til hele Vejle Fjord i perioden fra 1990-2023. Data fra Aarhus Universitets (DCE) kvælstofovervågning i NOVANA-programmet.

Kvælstofudledningen til vandmiljøet er siden vedtagelsen af den første vandmiljøplan i 1987 reduceret med ca. 40% på landsplan, og billedet er det samme i Vejle Fjord (Figur 1). Kvælstofreduktionerne er primært sket frem til 2010, men er stagneret de sidste 10-15 år. Den landbaserede udledning af kvælstof udgør fortsat den største presfaktor for miljø- og naturtilstanden i Vejle Fjord og Lillebælt /1/. Presset forstærkes yderligere af klimaforandringerne med stigende vandtemperaturer, øget biologisk omsætning og øget iltbehov i fjordene til følge. Dertil kommer yderligere presfaktorer som fx råstofindvinding, klapning, miljøfarlige stoffer og invasive arter.

De sidste syv års marine indsats i Sund Vejle Fjord vidner dog om, at det heldigvis er muligt at lave succesfuld naturgenopretning på lavere vanddybder, på trods af det nuværende pres på fjordens tilstand. Men det er afgørende, at der kommer styr på næringsstofferne fra land. Landbruget har her den største opgave. I Vejle Fjord står landbruget for 82% af kvælstofbelastningen – inklusiv naturbidraget. Spildevand udgør 11% af belastningen og dambrugene i fjordens tilløb udgør 7%. Opgørelsen er lavet på baggrund af 2016 data /2/. Ifølge Vandplan III (2) skal den samlede kvælstofbelastning til Vejle Fjord reduceres med 20% (189,8 tons) inden udgangen af 2027. Det er et stort arbejde, som i de kommende år ligger i hænderne på de lokale treparter og sam-



Figur 2. Placering af 93 prøvestationer i oplandet til Vejle Å

arbejdet mellem landbruget, lodsejerne, kommunerne og staten.

Lang projekttradition i Vejle Kommune

Klima- lavbundsprojektet ved Ravning i Vejle Ådal, er langt fra Vejle Kommunes første ådalsprojekt. De sidste 20-25 år er der lavet cirka 1.100 ha vådområder indenfor Vejle Kommune fordelt på 18 forskellige projekter. De første år udført af det daværende Vejle Amt og sidenhen af Vejle Kommune. Projekterne har givet anledning til en kvælstoffjernelse på omkring 170 tons til gavn for havmiljøet i såvel Vejle Fjord/Lillebælt og Ringkøbing Fjord.

Vejle Kommune har i 2025 ca. 1.200 hektar klima-lavbund- og vådområdeprojekter under realisering suppleret af yderligere ca. 1.500 hektar med Naturstyrelsen som projektejer. Naturstyrelsen og Vejle Kommune har lavet en overordnet, geografisk arbejdsfordeling, hvor styrelsen primært laver projekter i oplandet til Ringkøbing Fjord og kommunen primært i oplandet til Vejle Fjord og Lillebælt.

Indsatsen skal op i gear

Syv forskellige vandplaner siden 1987 viser, at arbejdet med at reducere tabet af næringsstofferne fra land er en kompliceret proces, hvor mange forskellige interesser og synspunkter er på spil. I snart 40 år har engagerede miljømedarbejdere i amter, kommuner og styrelser skabt vådområder og lavbundsprojekter i bestræbelserne på at reducere udledningen af især kvælstof – desværre uden at være kommet i mål med opgaven.



Figur 3. Overfladeafstrømning fra markareal (tv.) og brunfarvet vandløb (th.) i september 2024 i forbindelse med et kraftigt regnvejr.

Derfor skal 10-12.000 hektar de kommende år omlægges fra landbrug til skov og natur i regi af Grøn Trepart fordelt over hele Vejle Kommune. Heraf ca. 3.000 hektar til Vejle Fjord og Lillebælt. Det vidner om, at der på alle niveauer er brug for at komme i et endnu højere gear – administrativt såvel som projekt- og lodsejermæssigt.

Behov for en velsmurt projektmaskine

For at løse den store opgave med den grønne trepart, er der brug for en velsmurt projektmaskine. Vejle Kommune har siden kommunalreformen i 2007 opbygget en stor projekterfaring med vådområde- og lavbundsprojekter. Krumtappen i projekterne er en tæt dialog med lodsejerne og en høj faglighed. Fundamentet er en solid kommunal organisering, finansiering og bemanding i alle projektets faser.

Vejle Kommune har i dag cirka syv hele årsværk, som er ansat til udelukkende at lave natur- og lavbundsprojekter. Derudover tilkøbes en lang række rådgiverydelser. Udgifterne er primært finansieret via statslige puljer og fondsbevillinger men også gennem en årlig kommunal anlægsbevilling. Sammenlagt skaber naturprojekterne en årlig omsætning i Vejle Kommune på omkring 10-15 mio. kroner – og beløbet er stærkt stigende.

Hotspotanalyse af Vejle Å-systemet

Danmarks areal skal ifølge en opgørelse fra 2017 fra Teknologirådets udvides til 130-140 procent, hvis alle daværende planer og målsætninger for landbrug, energi, skov, natur- og klimatilpasning, by osv. skal imødekommes /3/. Vores arealomlægninger bør derfor laves klogt og vidensbaseret.

Vejle Kommune har i samarbejde med SDU i 2022-24 udarbejdet en hotspotanalyse over næringsstofudledningen i hele Vejle Å-systemet /4/, der står for ca. 60% af den samlede kvælstofudledning til Vejle Fjord /2/. Hotspotanalysen er baseret på prøver fra 93 stationer fordelt i hele oplandet til Vejle Å (Figur 2). Analysen kortlægger de områder, hvorfra udledningen af kvælstof og fosfor er størst. Vejle Kommune kan i samarbejde med lodsejerne på den baggrund optimere kvælstofindsatsen i oplandet til Vejle Å.

93 repræsentative stationer

De 93 stationer er fordelt, så de er repræsentative for arealanvendelsen i det opland, som afvander til den indre del af Vejle Fjord, hvor Vejle Å har sit udløb. Det omfatter delområder med markdrift, natur, dambrug, landsbyer og spredt bebyggelse, så bidrag

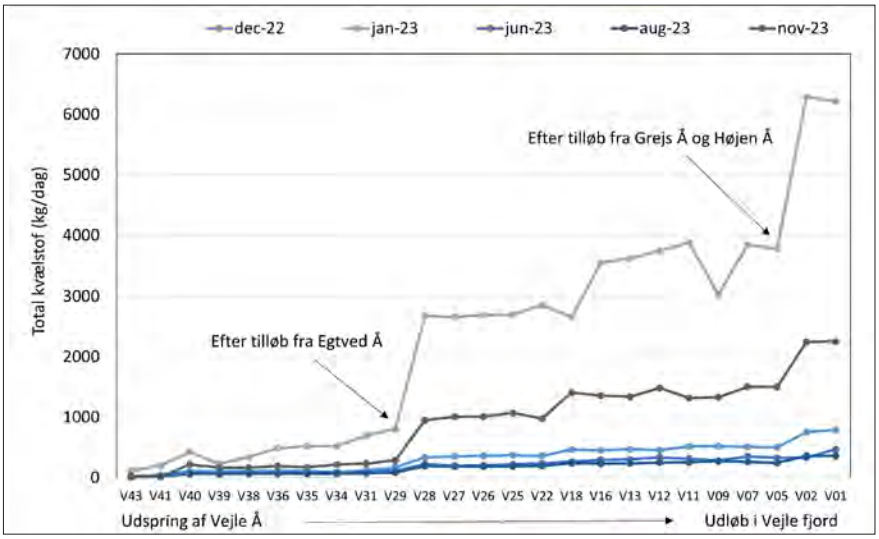
fra både landafstrømning og fra punktkilder er inkluderet. For at udvælge stationer til vandprøveindsamling i oplandet til Vejle Å er der inddraget faktorer som jordtype, gødningsnormer, terrænskråninger, naturområder og relevante punktkilder, herunder også regnbetingede udløb og renseanlæg. (Figur 2). Oplandet udgør i alt ca. 34.000 hektar.

Vejle Kommune har indsamlet vandprøver ad 5 omgange fra december 2022 til november 2023. Indsamlingsdatoer er valgt efter variationer i nedbør, så prøverne både repræsenterer store årstidsbetingede nedbørshændelser og tørkeperioder. SDU har analyseret prøverne for indhold af kvælstof og fosfor. Næringsstoftransporten fra de forskellige vandløb er beregnet ved at gange de målte koncentrationer med den beregnede vandføring. Vandføringen er beregnet ved at udføre en korrelationsanalyse ved brug af data fra SGAVs vandføringsmåler i Vejle Å, som er blevet valideret med vandføringsmålinger i 5 forskellige vandløb i oplandet hen over sæsonen. Denne analyse har vist en god sammenhæng mellem de beregnede og målte vandføringer.

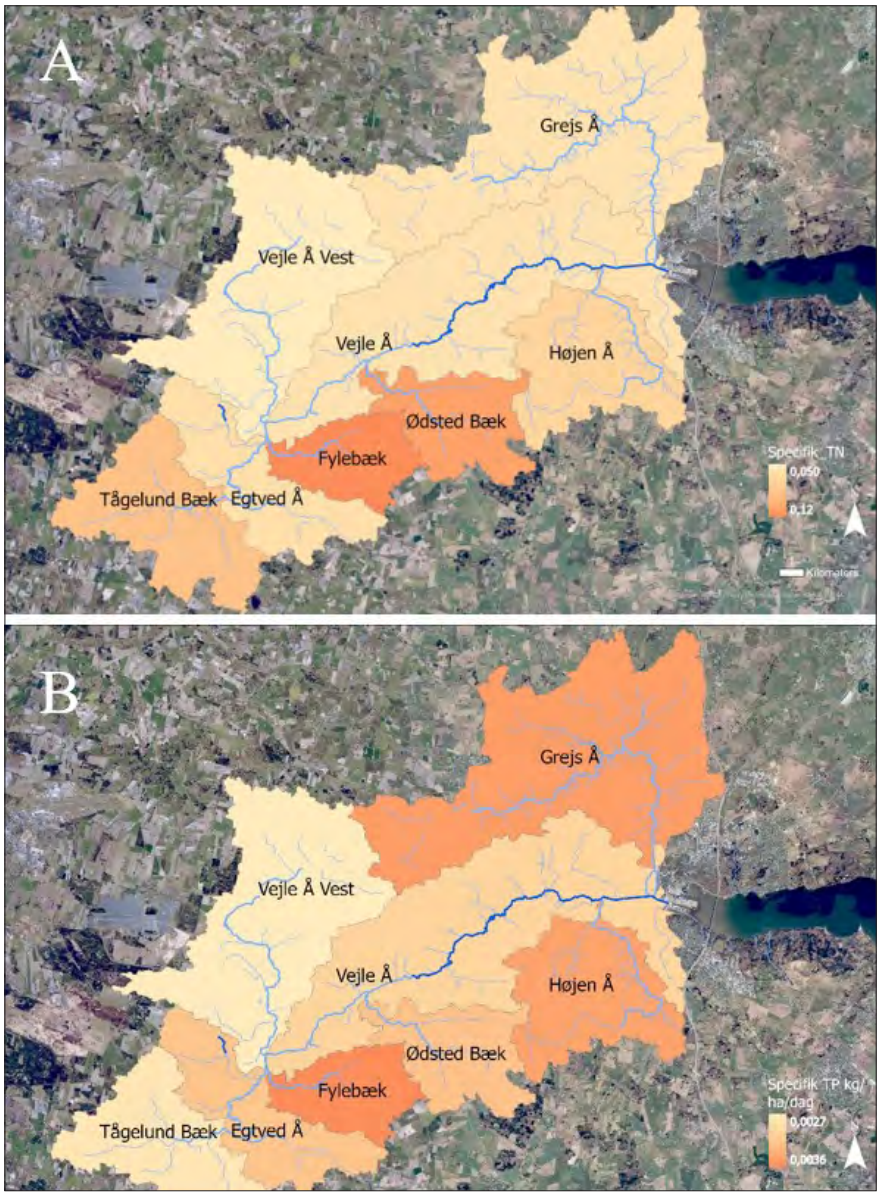
Stor udvaskning ved kraftig regn

Vejle Å-oplandet er karakteriseret ved store ådale, med vandløb omkranset af stejle skråninger. Oplandet er i høj grad drænet, og dyrkningsgraden udgør ca. 50 % af arealet. Oplandets topografi har betydning for næringsstoffernes transport til fjorden. Når det regner kraftigt, løber vandet på arealernes overflader. Det betyder, at vandløbene, udover opløste næringsstoffer fra drænvand, også modtager store mængder overfladevand med sand og jord, hvor næringsstoffer også er bundet til. I perioder med meget regn, giver det synlige påvirkninger i form af uklare, brune vandløb (Figur 3).

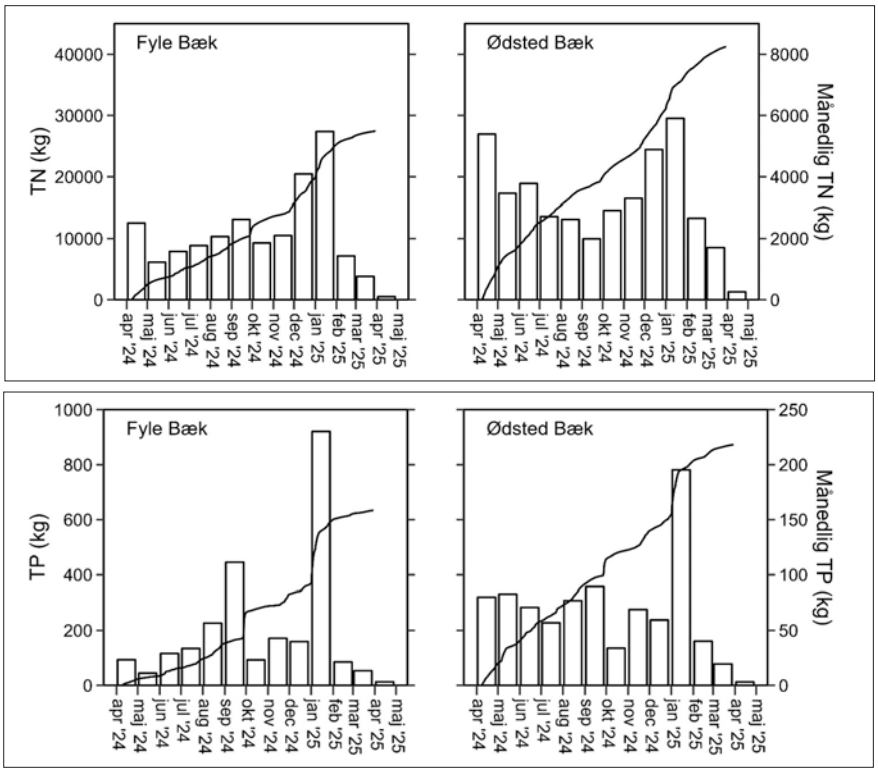
Udvaskningen af næringsstoffer stiger markant, når det regner kraftigt. Efter en regnfuld periode hen over jul og nytår 2022/2023 blev der på én dag målt en kvælstoftilførsel på ca. 6.000 kg kvælstof i udløbet af Vejle Å til fjorden. Anderledes så det ud efter tørken i juni 2023, hvor kvælstofudledningen var nede på ca. 500 kg/dag (Figur 4).



Figur 4. Kvælstoftransport (TN) i kg/dag ned gennem Vejle Å fra udspring til udløb i Vejle Fjord. Kvælstofmængderne er beregnet ved at gange målte kvælstofkoncentrationer på estimerede vandføringer. Det ses at kvælstoftransporten stiger, når det har regnet kraftigt og vandføringen er høj (januar 2023) i modsætning til tørre perioder med lav vandføring (december 2022, juni og august 2023) eller moderat vandføring (november 2023).



Figur 5. Deloplandene, som udgør de større tilløb til Vejle Å og Egtved Å, og deres specifikke udledning af kvælstof TN (A) og fosfor TP (B), i kg/ha/dag. Jo kraftigere oplandets farve er, des mere bidrager oplandet med hhv. kvælstof og fosfortransport i forhold til sit areal.



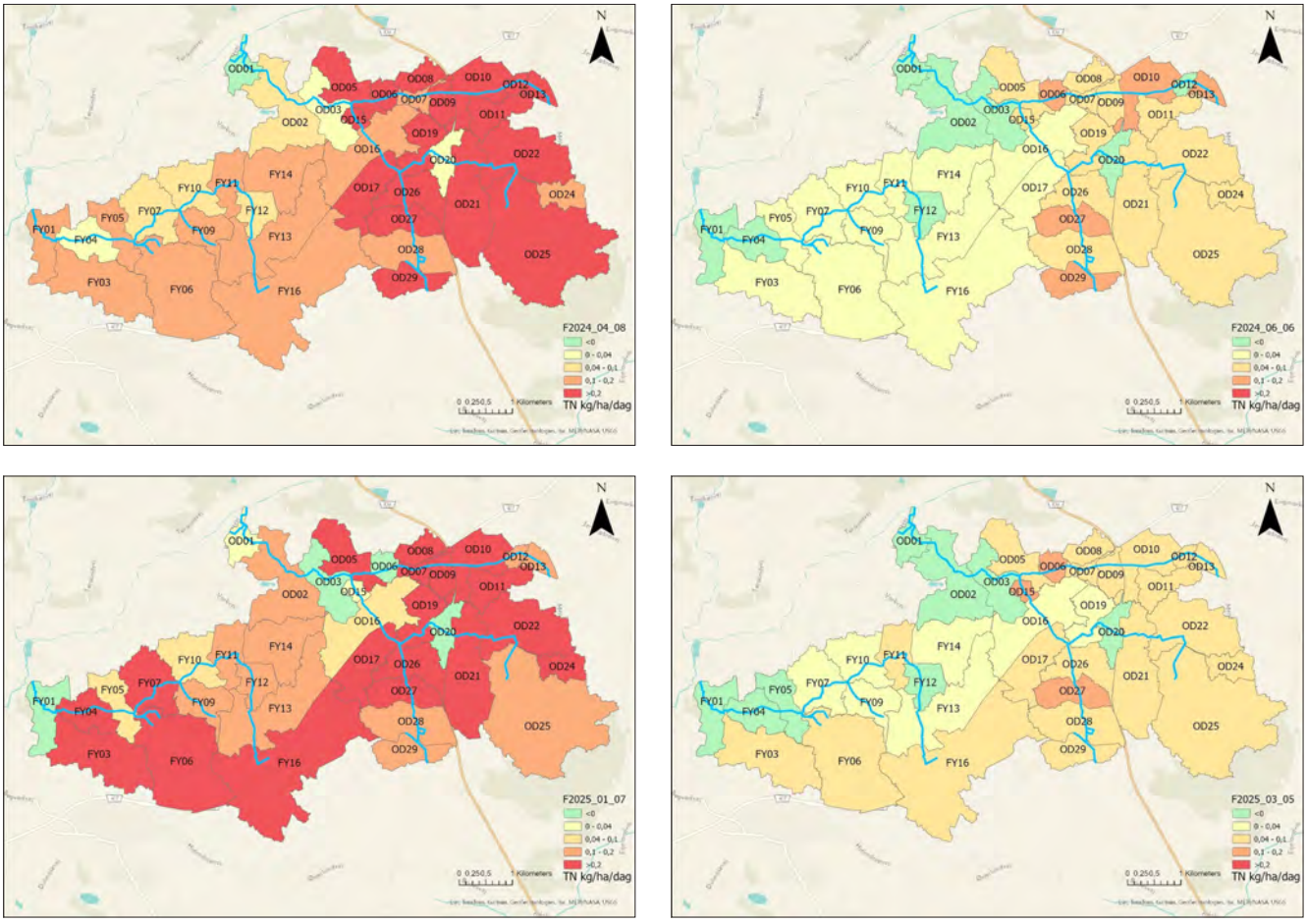
Figur 6. Massetransport af kvælstof (øverst) og fosfor (nederst) i Fyle Bæk og Ødsted Bæk. Venstre akse angiver med linjer den akkumulerede mængde TN og TP udvasket fra Fyle Bæk og Ødsted Bæk gennem den målte periode fra d. 8. april 2024 til d. 8. april 2025. Den højre akse angiver med søjler den målte månedlige massebalance for TN og TP.

Høj dyrkningsgrad medfører høj kvælstofudledning

Oplandsanalysen viser, at alle deloplandene bidrager til næringsstoftransport til Vejle Å, men nogle mere end andre. Tre større deloplande har en særlig høj kvælstofudledningen til Vejle Å (Figur 5A), hvilket er sammenfaldende med de vandløb (Ødsted Bæk, Fyle Bæk og Tågelund Bæk), hvor den højeste kvælstofkoncentration er målt i løbet af de fem prøvetagninger. Oplandet til Fyle Bæk har derudover også en høj fosforudledning (Figur 5B).

Analysen viser, at der er en signifikant sammenhæng mellem arealanvendelse og næringsstofudledning. Oplande med en høj dyrkningsgrad medfører en høj kvælstofudledning, da den specifikke udledning af kvælstof ses at stige signifikant med den gennemsnitlige gødningskvote pr. ha. Omvendt falder kvælstofudledningen, når arealet af natur og skov i deloplandet stiger.

Resultater fra oplandsanalysen viser, at selvom der flere steder ses en forøgelse af næringsstofkoncentrationen omkring punktkilder, som dambrug, regnbetingede udløb og



Figur 7. Specifikke udledninger af TN fra udvalgte måneder i Fyle Bæk og Ødsted Bæk oplandene. (A) April, (B) Juni, (C) Januar, og (D) Marts. April og januar er baseret på vandprøver taget under høj vandføring i vandløbene, hvor juni og marts er baseret på vandprøver taget under lav vandføring.

renseanlæg, så er tilførslen langt mindre end den mængde, der tilføres fra det åbne land.

Opfølgende målinger i to deloplande

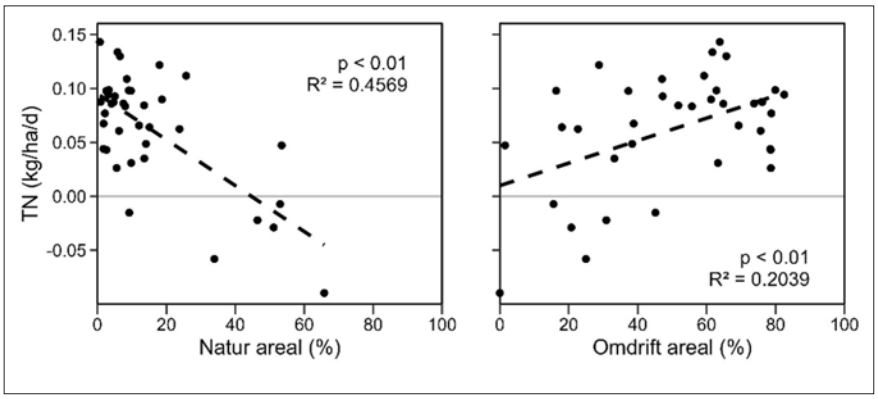
Vejle Kommune har, sammen med SDU, i løbet af 2024 og 2025 arbejdet videre med resultaterne fra oplandsanalysen for Vejle Å i to af de deloplande, som havde et højt bidrag af kvælstof /5/. Fra april 2024 til april 2025 blev der i udløbet af Fyle Bæk og Ødsted Bæk kontinuert målt vandføring og næringsstofkoncentrationer med en såkaldt ISCO-sampler. På den baggrund blev der udarbejdet en massebalance for begge vandløbsoplande.

Derudover blev der indsamlet månedlige vandprøvetagninger ved 45 stationer, 16 i Fyle Bæk, og 28 i Ødsted Bæk, samt én station som reference. Den månedlige massebalance viste at Fyle Bæk og Ødsted Bæk havde en udvaskning af kvælstof på hhv. 27,6 tons N og 41,6 tons N, og en udvaskning af fosfor på hhv. 0,64 tons P og 0,87 tons P i projektperioden (Figur 6). Der var en jævn tilførsel af kvælstof i løbet af året, med højere tilførsel i nedbørsrige perioder.

Fyle Bæk reagerer kraftigt på nedbørshændelser i forhold til fosfor. I perioder med meget nedbør konstateres en større udledning af fosfor fra Fyle Bæk end fra Ødsted Bæk, til trods for at Fyle Bæk har et mindre opland. Dette var især tydeligt under den kraftige nedbørshændelse d. 26. og 27. september, hvor der faldt 65 mm regn over to døgn (Figur 6).

20% af oplandet står for halvdelen af kvælstofudledningen

Kortlægningen af specifikke udledninger viste tydeligt deloplande med højere udledninger af kvælstof end de omkring liggende deloplande (Figur 7). Når der var større nedbørshændelser med høj vandføring, steg udledningen af kvælstof, og Ødsted Bæk havde højere udledninger af kvælstof end Fyle Bæk, hvilket primært var drevet af en højere vandføring i vandløbet.



Figur 8. Sammenhængen mellem de specifikke udledninger af TN fra Fyle Bæk og Ødsted Bæk, og sammensætningen af deloplandene. Sammensætningen er opgivet som (A) dækning af natur og (B) dækning af omdrift.

Analysen i oplandet til Fyle og Ødsted Bæk viste, at 20 % af oplandet med det højest kvælstofbidrag, tilføjede lige så meget næring som ca. 50 % af oplandet med de laveste kvælstofbidrag. Der var en tydelig tendens til at deloplande med mere natur havde lavere kvælstofbidrag, og at deloplande med højere andel af dyrket jord havde et højere kvælstofbidrag (Figur 8).

En omlægning af omdriftsarealer i de deloplande med højt kvælstofbidrag, forventes derfor at være mere effektivt i forhold til kvælstofindsatser, i forhold til placering af vådområder i mere ekstensive deloplande. Oplandsanalysernes resultater indgår som baggrundsviden i omlægningen af arealer i forbindelse med omlægningsplanen for Grøn Trepart i Vejle Kommune. Realiseringen af kommende omlægningsprojekter sker via frivillige indsatser i samarbejde med lodsejerne

Referencer

/1/ Timmermann, K., Christensen, J., Sveegaard, S., Hansen, F.,Teilmann, J., Larsen, M.M., Jepsen, N. & Hansen, J.W. Miljøtilstand og presfaktorer i Lillebælt. DTU Aqua-rapport nr. 404-2022. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. 52 pp.

/2/ Lees, M. K., Flindt, M. R., Canal-Vergés, P. 2022: Modelaktivitet i projekt Sund Vejle Fjord. SDU Biologi- rapport. Biologisk Institut, Syddansk Universitet. 16 pp.

/3/ Fonden Teknologirådet. 2017: Prioritering af Danmarks areal i fremtiden.

/4/ Canal-Vergés P., Lücking S., Barnewitz A., Kragh T. 2024: Præliminær hotspotanalyse for Vejle Å. Videnskabelig rapport fra Biologisk Institut, Syddansk Universitet.

/5/ Barnewitz A., Lücking S., Kragh T., Canal-Vergés P. 2025. Opfølgende hotspotanalyse af Fyle Bæk og Ødsted Bæk, Vejle. Videnskabeligt notat fra Biologisk Institut, Syddansk Universitet.

Klaus Balleby, biolog, Vejle Kommune, kleba@vejle.dk
Hanne Fogh Vinther, biolog, Vejle Kommune, haevi@vejle.dk
Brit Dalby, biolog, Vejle Kommune, brdal@vejle.dk
Christian Bundesen, biolog, Vejle Kommune, chbbu@vejle.dk
Theis Kragh, lektor, Biologisk Institut, Syddansk Universitet, tkragh@biology.sdu.dk
Søren Karl Lücking, videnskabelig assistent, Biologisk Institut, Syddansk Universitet, soerenl@biology.sdu.dk
Anders Barnewitz, videnskabelig assistent, Biologisk Institut, Syddansk Universitet, barnewitz@biology.sdu.dk

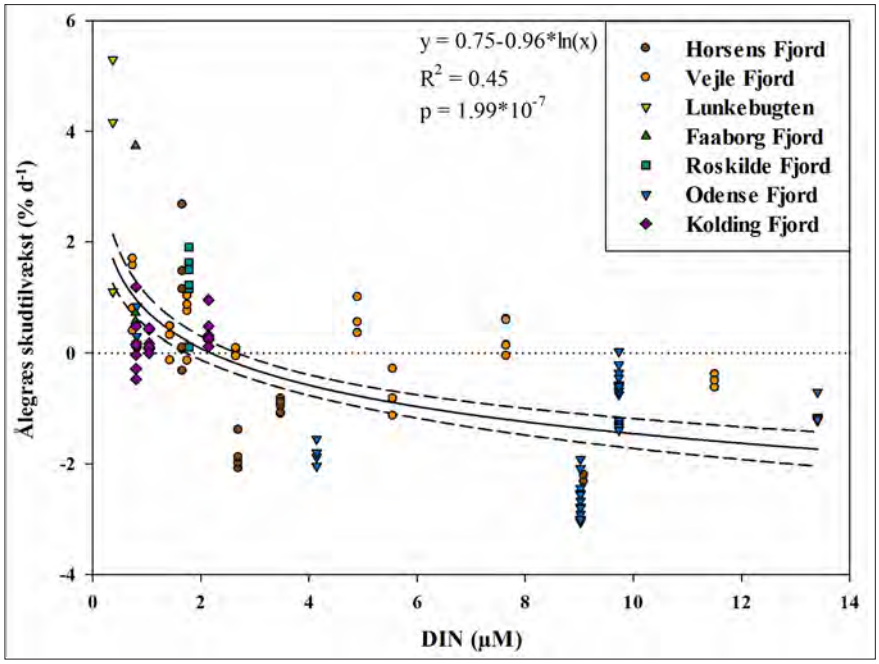
Videnskabeligt setup i Sund Vejle Fjord

I projektet er der ligeværdigt fokus på den marine naturgenopretning, næringsstofbelastningen, de kvælstof-afledte presfaktorer og den oplandsbetingede kvælstofreduktion. Her beskrives det videnskabelige formål og det realiserede forsknings-setup for naturgenopretningen. Introduktion af et gradientbaseret stationsnetværk har muliggjort analyser af variable miljøtilstande, økosystemtjenester og -funktioner.

Mogens R. Flindt, Timi L. Banke, Frederik H. Hansen, Klaus Balleby, Mads F. Christensen, Paula Canal-Verges, Britt Dalby, Benjamin Nielsen, Mikkel Keller Lees & Rune Steinfurth

Introduktion

Velux Fondens naturgenopretnings-bevilling til Sund Vejle Fjord projektet (SVF) indkluderede en anmodning om, at vi skulle have et ligeværdigt fokus på næringsstofbelastningen til fjorden, gerne med kildeopsplitning, samt reflektioner over potentialet for en næringsstofreduktion fra oplandet sideløbende med naturgenopretning af manglende stenrev, muslingebanker og ålegræsenge /1/. I et forstudie målte vi en tydelig forureningsgradient med meget høje kvælstofkoncentrationer i inderfjorden, som faldt eksponentielt med distancen fra Vejle By og Vejle Å. Et litteraturstudie viste, at der ikke var udført systematiske undersøgelser af fordelingen og styrken af multiple kvælstofbetingede miljøparametre langs gradienter i fjorden. Dette skyldes nok primært, at opgaven er kompleks og arbejdstung, men også at det statslige måleprogram ikke understøtter denne analysetype, da der ikke er et tilstrækkeligt antal stationer i de enkelte fjorde til at dække studier af ikke-lineære næringsstof-gradienter. Ofte er der blot én station i et vandområde, og denne ligger typisk i sejlrenden og repræsenterer derfor ikke de udstrakte produktive lavbundsarealer i de ydre dele af fjordene, som først udviser det største potentiale for marin naturgenopretning.



Figur 1, viser testudplantningsresultaternes afhængighed af kvælstof-koncentrationerne (DIN). Data er samlet fra eksperimenter i fjordene: Vejle, Horsens, Kolding, Odense, Faaborg og Roskilde.

Der blev derfor hurtigt udpeget en række miljøstationer i Vejle Fjord (Fig. 2), hvor frivillige ugentligt tog vandprøver til analyse af nitrit, nitrat, ammonium, fosfat og saltholdighed. På stationerne blev der også opsat loggere, som hver 10-15 minut målte temperaturer, iltkoncentrationer, lysintensitet og salinitet. Et antal testudplantninger af ålegræs /2/ skulle beskrive den lokale miljøtilstand og samtidig afgøre, hvor de negative kvælstofeffekter var tilstrækkeligt reducerede til, at der var potentiale for at naturgenoprette ålegræsenge.

Herved blev det muligt at gennemføre et forskningsmæssigt setup med formålene:

1) at undersøge udviklingen af kvælstofpåvirkede miljøparametre langs gradienten: bundforhold, lysforhold, iltsvindsfrekvenser, ålegræssets skududvikling, tætheden af hurtigtvoksende makroalger og overbegroning af ålegræsblade (epifytdækning).
2) at undersøge og bestemme tærskelværdierne for det komplekse samspil mellem kvælstof-koncentrationerne og lokale miljøtilstande i forhold til test-udplantninger af ålegræs.
3) at kunne korrelere de næringsstofbaserede miljøparametre, da disse blev opgjort langs den samme kvælstofgradient, som var

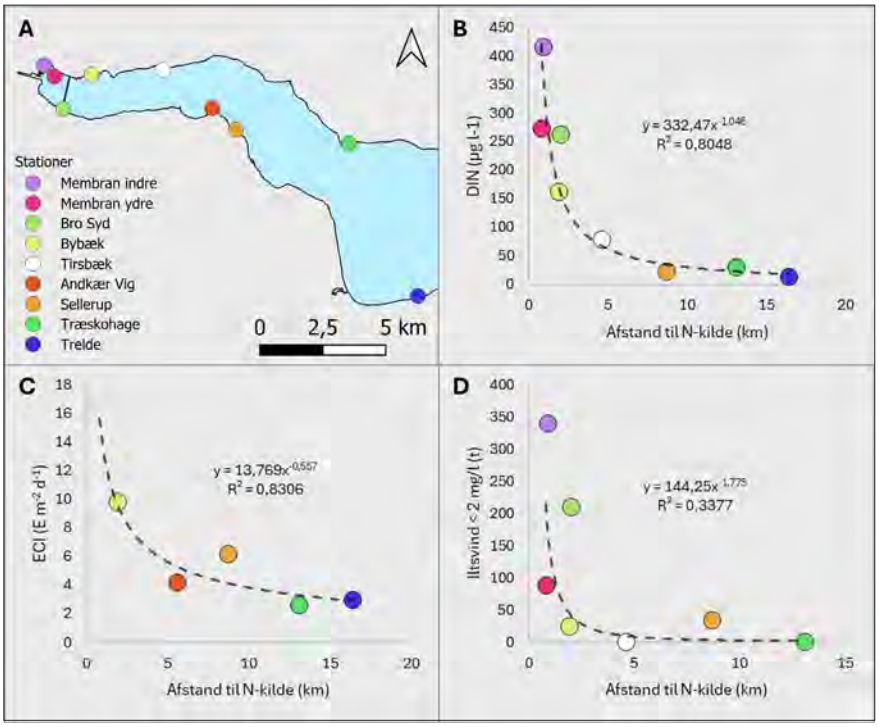
skabt af afstrømningen fra primærkilderne i den indre del af fjorden. Det ville være økologisk meningsfuldt, hvis den øgede kvælstoftilgængelighed stimulerede opvæksten og omsætningen af hurtigt voksende makroalger, der videre resulterede i forværrede lysforhold og iltsvindsproblemer – alt udtrykt med forskellig styrke afhængigt af placering langs forureningsgradienten.

4) Det var endvidere målet på længere sigt at få kvantificeret de økosystem-tjenester og -funktioner, som de nyanlagte ålegræsbede /2/, stenrev /3/ og muslingebanker /4/ udvikler. Da naturgenopretningen er forløbet fra 2020 til 2024, gav det også mulighed for at undersøge den tidslige udvikling af økosystem-tjenester og -funktioner som de nyanlagte habitater modnedes.

5) En del af naturgenopretningerne blev skabt som egentlig mosaik-strukturer, hvor muslingebanker blev udlagt i nærheden af ålegræsudplantninger og stenrev. Formålet er her at kvantificere, hvor langt de enkelte økosystemtjenester rækker ud mod andre habitater. Er det f.eks. muligt at skabe målbar sammenhængskraft mellem den juvenile torskebestand i ålegræsbedene og de voksne torsk på stenrevene? Og hvor lagt rækker muslingernes lysforbedrende filtrering ift. om det giver en målbar lysforbedring i de nærliggende ålegræsbede? Disse spørgsmål er endnu ikke afklarede, men er vigtig i forhold til fremtidige naturgenopretninger.

Resultater

I lokale miljøtilstands-undersøgelser forsøgte vi at afklare eutrofieringspresset, målt som tilgængeligheden af kvælstofnæringssalte på test-udplantninger af ålegræs. Udover resultater fra Vejle Fjord, bidrog resultater fra Horsens, Kolding, Odense, Faaborg og Roskilde Fjord (Figue 1). Alle systemerne udviste samme eksponentielt aftagende kvælstof-gradienter med høje koncentrationer i inderfjordene, som aftog ud gennem fjordene med afstanden til primærkilderne. Der blev i dette studie lavet test-udplantninger på udvalgte stationer langs kvælstof-gradienter i fjordene samtidig med, at der højfrekvent blev indsamlet vandprøver til bestemmelse af opløste kvælstofnæringssalte (DIN), hvor data blev oparbejdet til gennemsnitskoncentrationer for vækstsæsonen (1/4 – 31/10). Efterfølgende blev der samtidig målt på ålegræssets skudproduktion versus skudtab som funktion af kvælstof-koncentrationerne /2/. Som det ses i figur 1, registreres der primært skudtab ved højere kvælstof-koncentrationer, mens lave koncentrationer resulterer i positive tilvækster

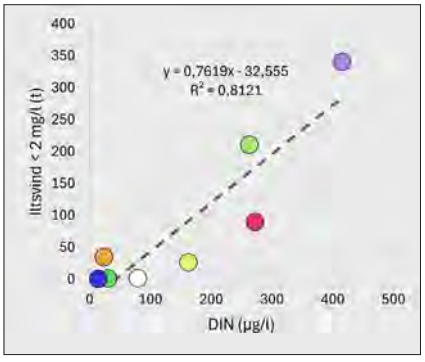


Figur 2. viser A) Miljøstationer i Vejle Fjord. B) Vækstsæsongennemsnit (apr-okt) af DIN koncentrationer i vandet (µg/l) som funktion af afstanden til den primære N-kilde (Vejle Å), stationerne membran indre og ydre indeholder data fra 2024, de resterende data er fra 2021. C) Den økologiske kompensations-lysintensitet (ECI) for ålegræs (E m^{-2} d^{-1}) som funktion af afstanden til den primære N-kilde /6/. D) Iltsvind under 2 mg ilt /l (timer) som funktion af afstanden til den primære N-kilde, data er fra 2024.

og tærskelværdien, hvor der netto hverken var tilvækst eller tab, var knap 40 µg DIN/l blev defineret ved ingen skududvikling. Alle data kan beskrives af den samme statistiske tendens, hvilket indikerer at kvælstofpresset på test-udplantninger i inderfjordene endnu er for højt til at understøtte den naturlige retablering med aktive indsatser. Dette er også indlejret i udpegningskriterierne for storskala-udplantninger beskrevet i ålegræsguideline /7/.

Indsatsen i Vejle Fjord er præsenteret i Figur 2A, som viser placeringen af miljøstationerne i Vejle Fjord, og som det ses, er der oprettet mange stationer, som alle ligger på vanddybder 1,5-2,0 meters dybde. Her blev der ved borgerinddragelse tilsvarende indsamlet vandprøver, som efterfølgende blev oparbejdet og puljet til vækstsæsonmiddelværdier (Figur 2B). Også her er eutrofieringsgradienten meget tydelig, og den indikerer igen, at inderfjorden ud til Sellerup ligger over DIN-tærskelværdien, mens den ydre del af fjorden repræsenterer DIN-koncentrationer < 40 µg DIN/l i vækstsæson.

I gradientstudiet undersøgte vi også ålegræssets funktionelle lyskrav. Her blev skudtilvæksten målt i testudplantninger (5 ringe af 25 skud) i vækstsæsonen over en dybdegradient, samtidig med at der blev målt lysindstråling hvert 10 min på samtlige dybder /6/. Ligesom for kvælstof kunne vi identificere en tærskelværdi for lys, hvor der netto hverken var skudtab eller tilvækst (Figur 2C). Som det ses er der meget stor forskel på ålegræssets lyskrav i fjorden, idet transplantationer i inderfjorden kræver 3 gange højere lysintensiteter end yderfjorden. Årsagen til dette højere lyskrav skyldes inderfjordens mere grumsede vand, og at planterne også var hårdere ramt af lyssvækkende alge-begroning på bladene (epifytter), dårligere bundforhold og iltsvind. Vi er efterfølgende begyndt at måle epifytdækket på miljøstationerne langs kvælstof-gradienten i vækstsæsonen.



Figur 3. Viser sammenhængen mellem DIN-koncentrationen i vækstsæsonen og iltsvindsfrekvensen målt på miljøstationerne, hvor frekvensen er angivet i timer. Farvekoderne refererer til de samme miljøstationer som er vist i figur 2A.

Boks: Naturgenopretning og økosystemtjenester



Gradientstudierne er også blevet benyttet til at finde egnede områder i fjorden, hvor det er meningsfuldt at gennemføre marin naturgenopretning af de tabte habitater, som i fremtiden vil understøtte og accelerere den naturlige retablering. Behovet for naturgenopretning er stort, da der er tabt rigtig mange stenrev og store arealer med ålegræsbede og blåmuslingebanker.

Tilbage i tiden voksede ålegræsset ned til knapt 11 meters dybde i Vejle Fjord og dækkede potentielt mere end 50% af fjordarealet. Her kontrollerede ålegræsset næringsstofcyklerne, idet kvælstoffet blev optaget i det voksende ålegræs i vækstsæsonen. Herved blev kvælstoffet utilgængeligt for opvækst af lyssvækkende planteplankton og epifytter, som derved heller ikke forårsagede iltsvind under nedbrydningen. Biodiversiteten er høj i ålegræsbede, der skaber en variation i fødegrundlag og skjulesteder for invertebrater og småfisk, der udgør føde- og vækst-grundlaget for de større fiskearter, så som skrubber, torskeyngel og havørred.

Der var også udstrakte blåmuslingebanker i fjorden, som ved filtration af planteplankton og partikler forbedrede lysforholdene for bundvegetationen. Kvælstof bliver også her lagret i de voksende muslinger i vækstsæsonen, som også understøttede en højere artsrigdom.

Opfiskning af sten til høfde- og molebyggeri reducerede stenrevene i fjorden, som er meget vigtige fysiske strukturer med høj biodiversitet og stor evne til at skabe robuste fødekæder, da de huser de større rovdyr så som torsk, sej og hummere.

Tilsammen har dette naturtab medført fraværd af de vigtige økosystem-tjenester og -funktioner, som sammen med kvælstofreduktionen er nødvendige for udviklingen af natur- og miljømæssigt velfungerende økosystemer i vores kystområder. Alle disse habitater udvikler specifikke økosystemtjenester som er nødvendige for at nå målsætningen om – en væsentlig forbedret marin natur- og miljøtilstand.





Gradientstudiet var også et forsøg på at koble iltsvinds-frekvenser på stationerne til kvælstof-gradienten, da høje kvælstofkoncentrationer stimulerer ekstra meget opvækst af hurtigtvoksende makroalger og planteplankton, som efterfølgende nedbrydes under et meget stort iltforbrug. Forud for projektet var de generelle iltforhold blevet afdækket, og her var det tydeligt, at importerede iltsvind af iltfattigt bundvand fra Kattegat lå på dybere vand end 7 meter. Kun 2 gange er dette bundvand med lavere temperaturer og højere saltholdighed registreret på lavere dybder på miljøstationerne, hvor det hurtigt blev opløst. Så de præsenterede iltsvindsfrekvenser er overvejende lokalt generede iltsvind (Figur 2D).

Som det ses, aftager iltsvindsfrekvensen også eksponentielt ud gennem Vejle Fjord. Iltsvindet er højfrekvent i inderfjorden i august – oktober, hvor der er registreret 200-340 timers kraftigt iltsvind. Dette aftager heldigvis markant allerede med en afstand fra inderfjorden på 3-5 km, hvorefter de registrerede iltsvindshændelser udgøres af enkelte nat-timer, som opløses når den bundnære primærproduktion begynder om morgenen.

Samtlige studier viser samme tendenser – at miljøindikatorernes udvikling er tæt koblet til kvælstofkoncentrationerne, og når disse reduceres langs gradienten forbedres miljøtilstanden. I Figur 3 ses den stærke kobling mellem høje kvælstofkoncentrationer og målingerne af de lokale iltsvindsfrekvenser i fjorden. Her er det helt tydeligt, at de lokale iltsvindsforhold kan forklares af for høje kvælstofkoncentrationer. Disse grundige økologiske analyser giver forklaringskraft i forhold til miljøforholdene, og er vigtige for at få en mere retvisende beskrivelse af økosystemet. Studiet viser samtidig, at der skal mange gradientstudier til for at få denne viden, som en enkelt NOVANA-station i fjorden ikke kan afdække.

Her synliggøres fjordens store behov for yderligere kvælstofaflastning, hvor også undersøgelser af bundforholdene tydeliggør, hvordan inderfjorden fastholdes i en dårlig tilstand af dårlige lysforhold skabt af højfrekvent ophvirvling af mudderbunden og afstrømningen fra Vejle Å (data ikke vist).

Anlæggelsen af miljøstationerne vil i fremtiden også blive benyttet til at registrere landbaserede næringsstofreduktioner fra f.eks den Grønne Trepart i Vejle.

Naturgenopretningen i Vejle Fjord

De beskrevne gradientstudier har skabt baggrunden for, at det er lykkedes at genskabe 65 ha muslingebanker, 8 ha stenrev og anlægge 6 ha ålegræsbede, som fortsat vokser

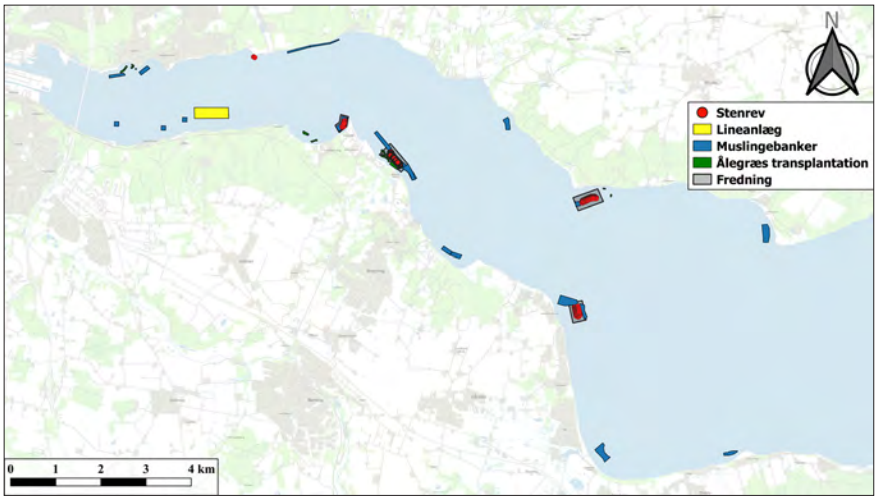
ud i ny barbund. Fire af stenrevene er bufret af 54 ha fredningszoner, som sikrer en uforstyrret udvikling, hvor økosystemtjenesterne kan kvantificeres. Vi har i afsøgningerne af optimale områder for naturgenopretning brugt mange ressourser på at forbedre det videnskabelige udpegningsgrundlag, som er delvist præsenteret her, men er beskrevet i detaljer på Center for Marin Naturgenopretnings hjemmeside /7/.

Som det ses (Figur 4), er naturgenopretningerne af alle habitaterne også anlagt over kvælstofstofgradienten, idet det er intentionen at følge udviklingshastigheden af habitaterne og deres økosystemtjenester og -funktioner i projektets forlængelse (2025-2029). Arbejdet er allerede startet, og i dette særnummer vises, hvordan biodiversiteten bliver signifikant højere i de anlagte ålegræsbede, muslingebanker og stenrev, når den sammenlignes med den tidligere barbund /2, 3, 4, 5/.

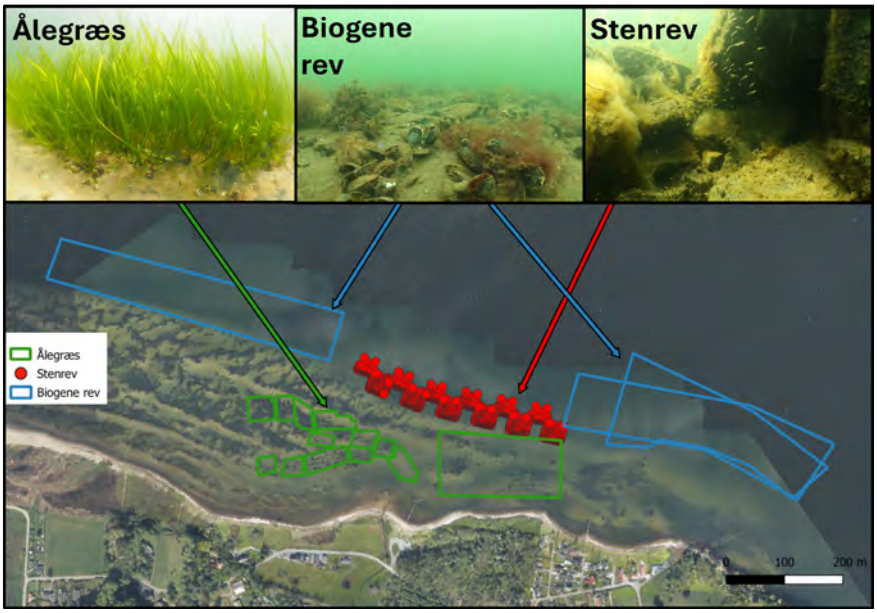
Kortet viser også, at der flere steder er anlagt mosaiknatur, hvilket er synliggjort i Sellerup-området i Figur 5. Her var formålet at genskabe naturlige mosaikker af habitaterne, hvor ålegræsengene levede omgivet af muslingebanker og stenrev, hvilket muliggør at vi kan undersøge, hvordan specifikke økosystemtjenester fra de enkelte habitater understøtter forbedrede naturforhold for de andre habitater.

F.eks. bør muslingebanker anlagt i nærheden af ålegræsbede forbedre lysforholdene og dermed øge ålegræssets produktion og udbredelseshastighed, som er betydende for kvælstof-immobilisering, -lagring og udviklingen af biodiversitet i undervandsengene. Tilsvarende vil nogle af de anlagte stenrev reducere bølgepresset, så ålegræssets tilvækst og udbredelse på læsiden af stenrevene forbedres. Og hvor torskeynglen søger ålegræsbedene, lever de voksne individer på stenrevene. Så ved anlæggelse af disse naturlige mosaik-habitater kan vi forhåbentlig også kvantificere om nærheden af habitaterne skaber forbedret biologisk sammenhængskraft i områderne.

Mogens R. Flindt, Professor mrf@biology.sdu.dk
Timi L. Banke, Postdoc, time@biology.sdu.dk
Frederik H. Hansen fhh@biology.sdu.dk og Mikkel Keller Lees lees@biology.sd.dk er PhD-studerende
Paula Canal-Verges, Lektor canal@biology.sdu.dk
Benjamin Nielsen, Videnskabelig assistent benjaminnielsen@biology.sdu.dk
Rune Steinfurth, Adjunkt steinfurth@biology.sdu.dk
Er alle ansat på Biologisk Institut
Klaus Balleby kleba@vejle.dk
Mads F. Christensen mafch@vejle.dk
Britt Dalby brdal@vejle.dk
Er alle Miljømedarbejdere i Vejle Kommune



Figur 4, viser placeringen af de naturgenoprettede områder i Vejle Fjord som pt. er Danmarks største marine naturgenopretningsområde.



Figur 5, viser dannelsen af mosaiknatur ved Sellerup i Vejle Fjord.

Referenceliste

/1/ Flindt M. R., Steinfurth R. C., Banke T. L., Lees M. K., Svane N., Canal-Vergés P. (2024). Human Impacts, Environmental Disturbances, and Restoration of Seagrasses. Treatise on Estuarine and Coastal Science (Second Edition). D. Baird and M. Elliott. Oxford, Academic Press: 512-548.

/2/ Rune C. Steinfurth, Timi L. Banke, Benjamin Nielsen, Paula Canal-Vergés, Klaus E. Balleby, Mads F. Christensen, Brit Dalby, Mogens R. Flindt. Genopretning af ålegræs i Vejle Fjord, 2025, Vand & Jord, Særnummer: Sund Vejle Fjord. X sider.

/3/ Timi L. Banke, Benjamin Nielsen, Miguel Pardal, Rune C. Steinfurth, Paula Canal-Vergés, Klaus E. Balleby, Mads F. Christensen, Brit Dalby, Mogens R. Flindt. 2025. Stenrev i Vejle Fjord bringer livet tilbage. Vand & Jord, Særnummer: Sund Vejle Fjord. X sider.

/4/ Timi L. Banke, Rune C. Steinfurth, Benjamin Nielsen, Paula Canal-Vergés, Klaus E. Balleby, Mads F. Christensen, Brit Dalby, Mogens R. Flindt. 2025. Genopretning af blåmuslinger i Vejle Fjord. Vand & Jord, Særnummer: Sund Vejle Fjord. X sider.

/5/ Mikkel Keller Lees, Kadri Kuusemäe, Anders C. Erichsen, Mogens R. Flindt & Paula Canal-Vergés. 2025. Et GIS-værktøj til målrettet naturgenopretning. Vand & Jord, Særnummer: Sund Vejle Fjord. X sider.

/6/ Timi L. Banke, Steinfurth RC, Barnewitz A, Nielsen B, Jones OR & Flindt MR. 2025. Compensation irradiance and depth limits of transplanted eelgrass (Zostera marina) along a eutrophication gradient. Frontiers in Marine Science. 17 p, https://DOI.10.3389/fmars.2025.1581612.

/7/ Center For Marin Naturgenopretning – guidelines. https//marinnatur.dk/

Genopretning af ålegræs i Vejle Fjord

Aktiv naturgenopretning af ålegræsbede kan spille en afgørende rolle for at hjælpe reetableringen på vej. I denne artikel præsenteres Danmarks største og mest vellykkede marine genopretningsprojekt, Sund Vejle Fjord, hvor det er lykkedes at genskabe mere end seks ha. ålegræsbede, der kontinuerligt vokser i udbredelse, og hvor de vigtige økosystemtjenester genvindes lokalt.

Rune C. Steinfurth, Timi L. Banke, Benjamin Nielsen, Paula Canal-Vergés, Klaus E. Balleby, Mads F. Christensen, Brit Dalby & Mogens R. Flindt

Introduktion

Ålegræs er en vigtig plante langs de danske kyster. Planten er en økosystemingeniør, som skaber habitat og fødegrundlag for mange organismer og derved forbedrer miljøtilstanden, når planten forefindes som udstrakte enge i vores fjorde og kystområder. Dette skyldes at veletablerede ålegræsbestande udfører vigtige økosystemfunktioner som f.eks. at optage og begrave næringsstoffer /1/, reducere ophvirvling af sedimentet /2/ og skabe grundlag for stabile fødekæder med høj biodiversitet /3/, der tilsammen øger økosystemets modstandskraft for menneskeskabte presfaktorer. Plantens dybdeudbredelse er kraftigt reduceret siden 1960'erne, primært pga. eutrofiering. På trods af en reduktion i næringsudledningerne frem til starten af 00'erne har planten ikke evnet naturligt at rekolonisere dens historiske udbredelsesområde /4/. Det skyldes bl.a. en lang række af presfaktorer, som begrænser den naturlige reetablering /5/, hvilket gør aktiv reetablering nødvendig.

En succeshistorie

I projekt Sund Vejle Fjord har ålegræsudplantning været et helt centralt restaureringstiltag i kombination med muslingeudlægning og retablering af stenrev. Det er samtidig den type af marin naturgenopretning, der har kunnet bidrage mest til borgerinddragelse i projektet, da der i forbindelse med stor-skala udplantning er blevet engageret mere end 500 frivillige borgere, som har hjulpet med klargøring og udplantning af ålegræsskud.

I løbet af projektets 5-årige periode er der blevet tilplantet > 6 ha bar havbund med > 130.000 ålegræsskud, og det estimeres at skudantallet er 40-doblet til mere end 5 mio. ålegræsskud indenfor projektperioden. Dette gør Sund Vejle Fjord til Danmarks største succesfulde marine restaureringsprojekt med ålegræs til dags dato. Succesen bygger på en vidensbaseret tilgang og et grundigt forarbejde, som involverer miljøtilstandsanalyser og test-udplantninger, der benyttes til at kvalificere egnede områder til stor-skala udplantning.

Sund Vejle Fjord projektet bygger videre på erfaringer og metodeudvikling fra tidligere succesfulde ålegræs udplantninger i Horsens Fjord og det Sydfynske Øhav. Samtidig har en optimering af udvælgelsesprocessen af restaureringsområder, udvikling af udplantningsmetoderne og nye udplantningsmønstre for at optimere mængden af skud der skal udplantes per hektar, alt sammen bidraget til en effektivisering af ålegræsudplantning.

Eutrofierings- og dybdegradienter

Udvælgelsesprocessen bygger på seks trin der er grundigt beskrevet i en guideline på Center for Marin Naturgenopretnings hjemmeside /6/. Disse er vist i boks 1. Første og andet trin i processen er en skrivebordsopgave, hvor modelresultater og luftfoto-analyser benyttes til at udpege områder med potentiale for restaurering i fjorden. Tredje trin er en dykkerbesigtigelse af disse områder, hvor der foretages en registrering af lokale forhold og miljøfaktorer, så som vanddybde, bundforhold, dækningsgrad af opportunistiske makroalger, epifytter og flerårige-drivende makroalger, og forekomster af krabber, sandorme og muslinger.

På baggrund af dykkerbesigtigelsen udpeges en række områder i fjorden, som optimalt set skal strække sig over en eutrofieringsgradient fra inderfjord mod yderfjord. I disse områder anlægges der miljøstationer, som er ekvi-



Fig. 1 Skitse af ålegræs test-udplantning med PAR-lyslogger.

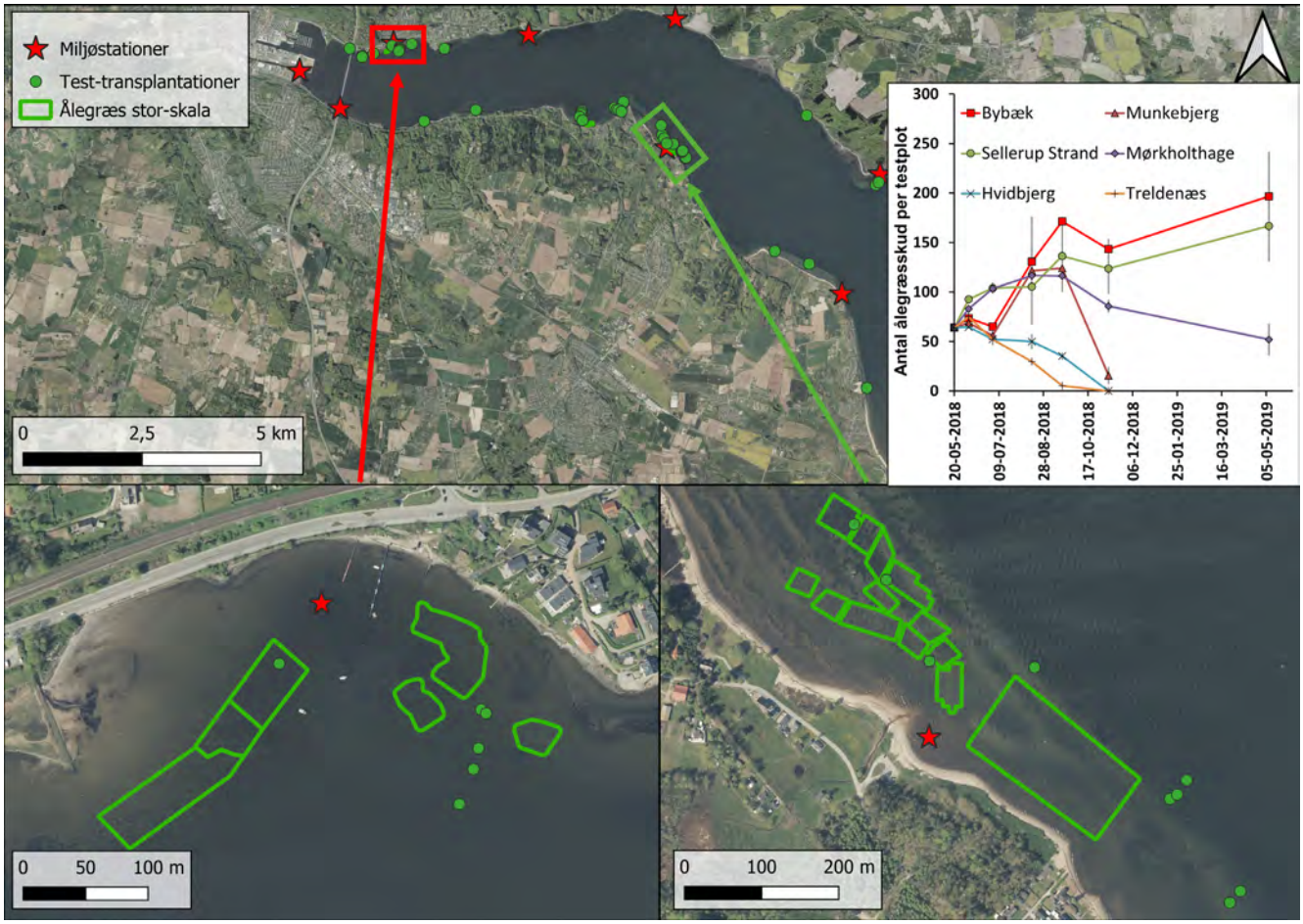


Fig. 2 Kort over Vejle Fjord med alle miljøstationer og test-udplantninger (øverst), zoom af kortgrundlag ved station 1, Bybæk (nederst TV), zoom af kortgrundlag ved station 3, Sellerup Strand (nederst TH), med miljøstationer, test-udplantninger og områder med stor-skala udplantning markeret. Grafen afbilleder udviklingen i det gennemsnitlige ålegræs skudantal i de første 6 test-udplantninger og den røde og grønne kurve repræsenterer skududviklingen ved hhv. Bybæk og Sellerup Strand.

peret med lys-, ilt-, salinitet- og temperatur-loggere, og der tages vandprøver til næringssaltsanalyser og registreres dækningsgrad af epifytter og opportunistiske makroalger som et eutrofieringssignal. På hver station laves der test-udplantninger af ålegræs på en dybde-gradient. En test-udplantning består af fem ringe med en diameter på 1 meter, hvor der plantes 25 ålegræsskud i hver ring, i alt 125 ålegræsskud (Fig. 1). Disse test plantes for hver halve meters dybde i en transekt som er vinkelret på kysten, og der placeres en PAR-lyslogger for hver test-udplantning. Det er meningsfyldt at plante fra 1-1,5 meter vanddybde og ud til en meter dybere end den maksimale dybdeudbredelse af ålegræs i det nærmeste NOVANA ålegræs-transekt.

Test-udplantningerne og miljødata giver et samlet robust billede af miljøtilstanden og potentialet for at restaurere ålegræs som benyttes til at udvælge områder til stor-skala

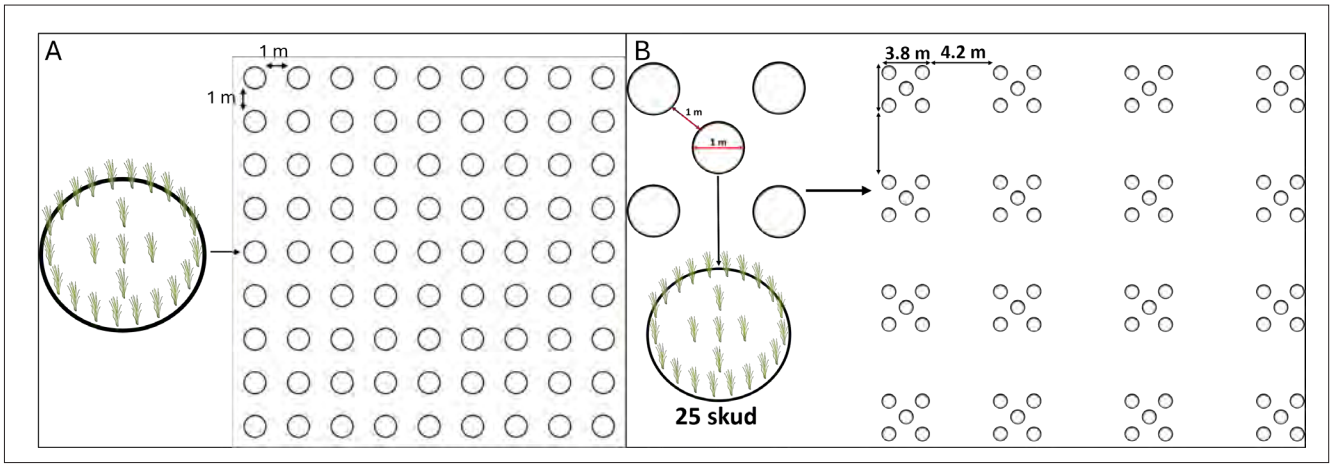


Fig. 3 Skitse af de to udplantningsmønstre der blev testet i Sund Vejle Fjord. A) består af enkelt ringe med 25 skud i hver ring af 1 m diameter. Disse enheder er jævnt spredt ud over projektarealet med en afstand på 1 m mellem hver enhed. B) består af 5 ringe med 25 skud i hver ring, som vokser sammen til et lille robust bed indenfor 1-2 år under gode miljøforhold.

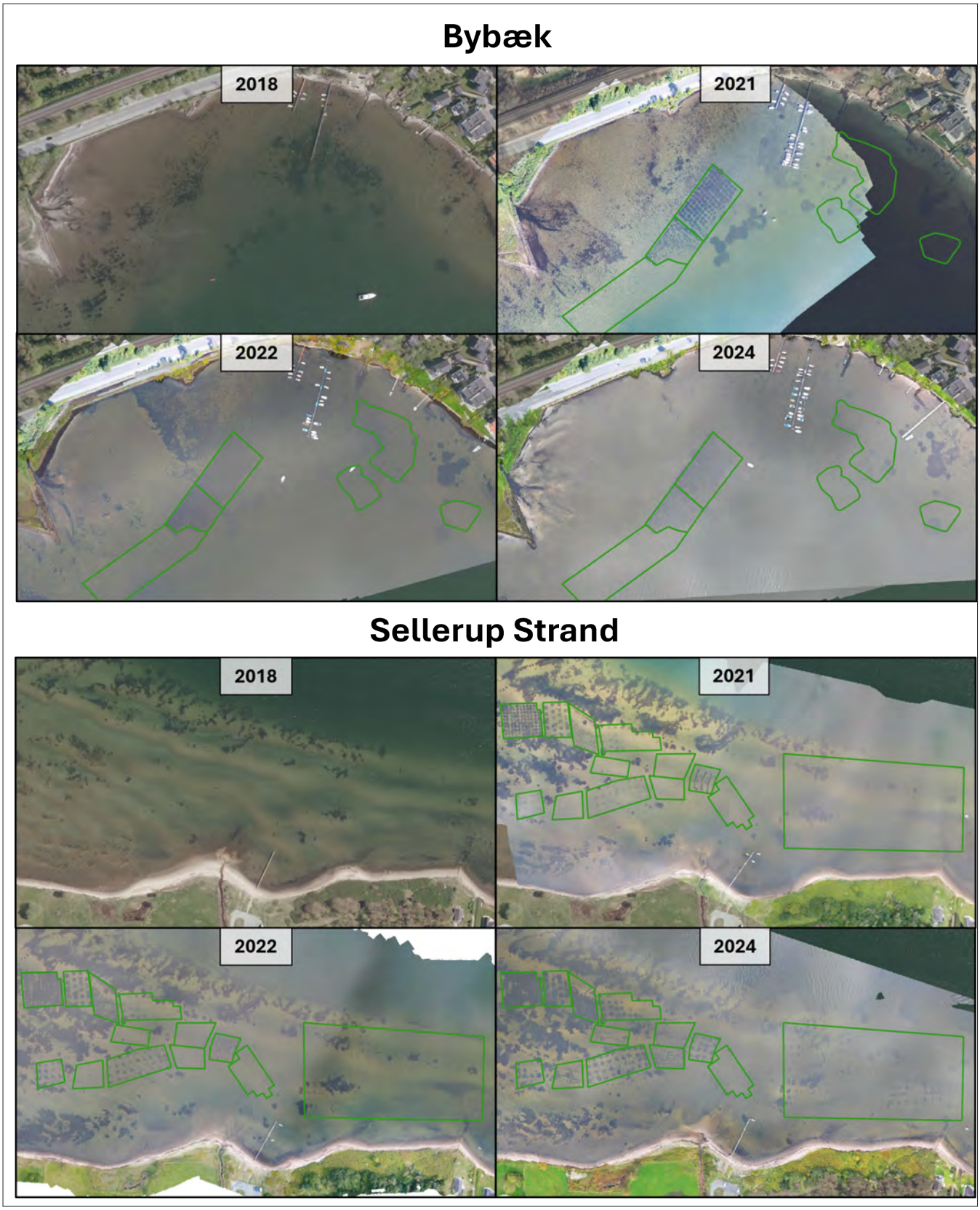


Fig. 4 Tidsserie af dronefotos fra stor-skala udplantningsområderne Bybæk og Sellerup Strand fra 2018 (før restaurering), 2021, 2022 og 2024.

ålegræsudplantning. I Vejle Fjord blev forarbejdet med test-udplantninger iværksat i 2018, og sidenhen er der blevet plantet mere end 65 test-plot på variabel dybde og med variabelt eutrofieringspres (Fig. 2).

De første seks test-stationer resulterede i udpegningen af to områder, som blev fundet egnet til stor-skala ålegræs udplantning. Disse områder var; Bybæk i inderfjorden og Sellerup Strand midt i fjorden (Fig. 2). Disse blev udvalgt på baggrund af, at test-udplantningerne havde realiseret en god netto-tilvækst i skud-antal indenfor det første år efter udplantningen (Fig. 2).

Stor-skala ålegræsudplantning

I 2019 blev de første stor-skala udplantninger igangsat både ved Bybæk og Sellerup Strand. Metoden var den samme som i tidligere projekter i Horsens Fjord og det Sydfynske Øhav, hvor ålegræsskuddene blev plantet på fem rækker indenfor et kvadrat af 2x2 m. Disse kvadrater blev anlagt i et skakternsmønster med kvadrater, der alternerende var plantet til eller efterladt som barbund, for at give plads til ålegræssets vegetative vækst. I løbet af Sund Vejle Fjord projektet kunne vi dog allerede høste vigtige erfaringer fra de tidligere projekter.

De tidligere projekter bidrog med to vigtige erfaringer: 1) I skakternsmønsteret var den initiale skudtæthed alt for høj (ca. 8 skud per m2 i tidligere projekter og 4-5 skud per m^2 i Vejle Fjord) og indenfor en kort periode på 3-5 år var alt barbund indenfor udplantningsområdet dækket af ålegræs. Derfor kunne ålegræsbedene kun udvide sig via vegetativ vækst langs den ydre perimeter af det nyanlagte bed, hvilket medførte, at den årlige arealudvidelse blev reduceret kraftigt. 2) I det firkantede udplantningsmønster blev hjørnerne kraftigt påvirkede af hydrodynamisk stress, hvilket bevirkede, at de anlagte enheder over tid blev mere cirkulære. Da ålegræsbede naturligt vokser i cirkulære mønstre og udvider sig via en radiær vækstform, var det logisk at overgå til et cirkulært udplantningsmønster, der i større grad efterligner de naturlige forhold.

På baggrund af disse observationer blev to nye udplantningsmønstre testet i 2020. Det ene var et ganske simpelt mønster, hvor udplantningsringe (diameter 1 m) blev spredt med 1 m afstand (Fig. 3A), mens det andet mønster bestod af grupperinger af fem udplantningsringe (heraf kaldet femkløver mønsteret, Fig. 3B) med cirka 4 m afstand imellem femkløverne. Fordelen ved det første mønster er, at det er simpelt at anlægge, særligt for frivillige. Det resulterede dog i alt for høje skudtætheder (ca. 7 skud per m^2), og derfor anbefales det i dag, at der er 2 m imellem udplantnings-ringene, så man kommer ned på 2-3 skud per m2 /7/. Fordelene ved femkløver-mønsteret er, at skudtætheden kan reduceres til ca. 2 skud per m^2, samtidig med at en afstand på 1 m mellem ringene indenfor hver femkløvere, betyder at femkløvere kan danne et lille robust bed indenfor 1-2 år under gode miljøforhold. Derved opnås en større grad af selvbeskyttelse. Væksten ud i det resterende barbundsareal vil cirka tage 7-10 år.

Både ved Bybæk og Sellerup var både skaktern-mønsteret og enkelt-ringsmønsteret vokset sammen til et samlet bed i 2022 (Fig. 4). Det vil sige, at skaktern-mønsteret opnåede fuld arealdækning på 3 år, mens enkeltringsmønsteret opnåede fuld dækning på kun 2 år. Begge mønstre havde alt for høje initiale skudtætheder til at ålegræssets vegetative vækst blev udnyttet mest optimalt. Femkløver mønsteret var derimod ideelt at benytte ved Sellerup Strand, hvor bedene selv efter 5 år ikke er vokset helt sammen endnu.

Ved Bybæk var det dog ikke optimalt at plante ud ved så lave skudtætheder pga. de dårligere miljøforhold længere inde i Vejle Fjord. Et lille område på 0,35 ha blev plantet til med femkløver-mønsteret i 2021, og området gik tabt, da det endnu ikke vokset sammen til et robust bed, da iltsvind ramte i 2023. Det positive ved historien er, at både udplantningen fra 2019 og 2020 overlevede iltsvindet, fordi områderne allerede havde dannet tætte robuste bede (Fig 4).

Set i lyset af at vi har med natur at gøre, og at det må forventes at man af og til har udplantninger der går tabt, så er et areal på 0,35 ha meget beskedent ift. de mere end 6 ha succesfulde arealer der er blevet restaureret i projekt Sund Vejle Fjord (Fig. 4). Der er en vigtig læring i, at man skal tilpasse udplantningsstrategien til det specifikke område, hvor restaureringen skal foregå. I områder med dårligere miljøforhold og større år til år variation i vandets klarhed og iltforhold, kan man med fordel udplante ved højere tæthed, så man indenfor en kort årrække opnår et robust ålegræsbed, der kan modstå årlig variation i de lokale miljøforhold. I områder med mere stabile miljøforhold kan man i større grad udnytte ålegræssets vegetative vækstpotentiale og plante ud ved lavere tætheder.

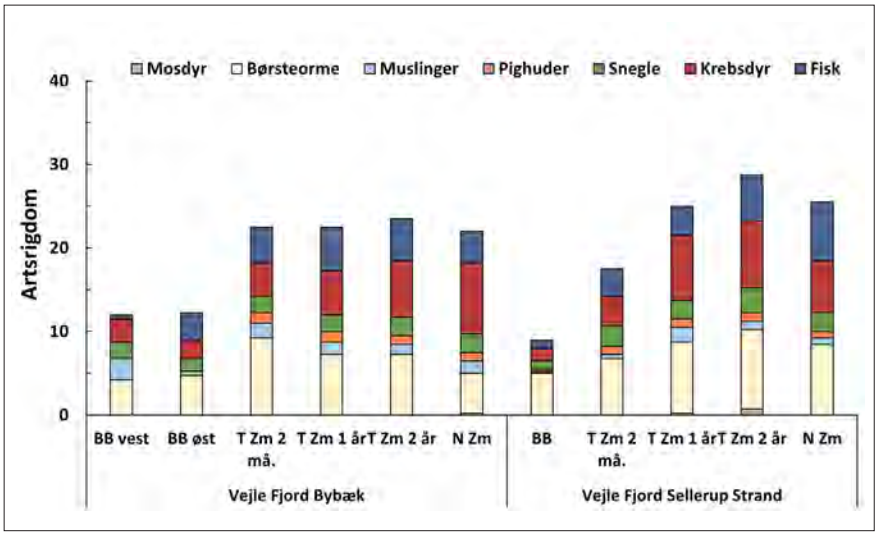


Fig. 5 Artsrigdommen af dyr ved Bybæk og Sellerup Strand i Vejle Fjord. Dyrene er inddelt efter taksonomiske klasser og er målt på barbund (BB), i transplanteret ålegræs (T Zm) efter hhv. 2 måneder, 1 år og 2 år, og til sidst i et naturligt ålegræsbed (N Zm) som reference bed. Ved Bybæk blev der målt biodiversitet på to barbund stationer, en vestlig og en østlig, fordi sedimentforholdene var forskellige (sand i vest og mudder i øst) i de to dele af vigen.

Øget biodiversitet

Biodiversiteten i de restaurerede ålegræsbede er blevet overvåget lige siden udplantningen. Det er gennemført med tre metoder, der sikrer, at man fanger alle de forskellige klasser af organismer, der lever i ålegræsbede. Der er indsamlet sedimentkerner til kvantificering af bundfauna, brugt dropnet (metalramme med netpose) til invertebrater af epifauna og et vodnet til at fange fisk. Resultaterne viser tydeligt, at artsrigdommen af dyr er langt højere i ålegræsbedene end på barbund (Fig 5). Det er særligt krebsdyr og fisk, der benytter bedene som opvækstområde og fourageringsområde, som er langt de talrigeste, både i artsantal (Fig. 4), individtætheder og biomasser (data ikke vist). Imponerende nok var stigningen i artsantal allerede målbar 2 måneder efter ålegræsset blev udplantet (Fig. 4). Det vidner om, at dyrene higer efter habitat, og at de mobile dyr hurtigt migrerer til de nye habitater fra nærtliggende naturlige ålegræsbede. Bunddyrene er mere stedsspecifikke, og stigningen i dyretætheder og artsrigdommen observeres primært efter larve-nedslag. Det er også tydeligt, at ålegræsbedene skaber det nødvendige habitat, som er grundlag for at stabile fødekæder retableres, hvilket resulterer i større modstandskraft mod suboptimale miljøforhold.

Næste skridt

Vi er allerede godt i gang med at kvantificere mange af de økosystem-funktioner og -tjenester som ålegræsset udvikler efter retableringen. Fremadrettet vil der også komme fokus på, hvor meget den anlagte mosaik-natur

bidrager med i forhold til enkeltanlæg. Muslingebanker i nærfeltet af ålegræs burde forbedre lysforholdene og dermed øge ålegræssets produktion og væksthastighed. Ydermere bør nogle af de anlagte stenrev reducere bølgepresset, så netto-tilvæksten af ålegræsset på læsiden af stenrevene forbedres.

Rune C. Steinfurth, (runesteinfurth@biology.sdu.dk), Timi L. Banke, Postdoc timi@biology.sdu.dk, Benjamin Nielsen, Videnskabelig assistent benjaminnielsen@biology.sdu.dk, Paula Canal-Vergés, Lektor canal@biology.sdu.dk, og Mogens R. Flindt, Professormrf@biology.sdu.dk, er alle ansat på Biologisk SDU
Klaus E. Balleby kleba@vejle.dk, Mads F. Christensen MAFCH@vejle.dk, Brit Dalby brdal@vejle.dk er alle Miljømedarbejdere i Vejle Kommune.

Referencer

/1/ Lange T., Oncken N. S., Svane, N., Steinfurth R. C., Kristensen E., Flindt M. R. (2022). Large-scale eelgrass transplantation: A measure for carbon and nutrient sequestration in estuaries. Marine Ecology Progress Series, 685, 97-109.

/2/ Orth R. J., Lefcheck J. S., McGlathery K. S., Aoki L., Luckenbach M. W., Moore K. A., Oreska M. P. J., Snyder R., Wilcox D. J., Lusk B. (2020). Restoration of seagrass habitat leads to rapid recovery of coastal ecosystem services. Science Advances, 6 (41): 10.1126/sciadv.abc6434.

/3/ Steinfurth R. C., Lange T., Oncken N. S., Kristensen E., Quintana C. O., Flindt M. R. (2022). Improved benthic fauna community parameters after large-scale eelgrass (Zostera marina) restoration in Horsens Fjord, Denmark. Marine Ecology Progress Series: doi.org/10.3354/meps14007.

/4/ Riemann B., Carstensen J., Dahl K., Fossing H., Hansen J. W., Jakobsen H. H., Josefson A. B., Krause-Jensen D., Markager S., Staehr P. A., Timmermann K., Windolf J., Andersen J. H. (2016). Recovery of Danish coastal ecosystems after reductions in nutrient loading: A holistic ecosystem approach. Estuaries and Coasts, 39 (1): 82-97.

/5/ Flindt M. R., Steinfurth R. C., Banke T. L., Lees M. K., Svane N., Canal-Vergés P. (2024). Human Impacts, Environmental Disturbances, and Restoration of Seagrasses. Treatise on Estuarine and Coastal Science (Second Edition). D. Baird and M. Elliott. Oxford, Academic Press: 512-548.

/6/ Flindt M. R., Steinfurth R. C., Banke T. L., Lees M. K., Svane N., Jørgensen T. B., Timmermann K., Stæhr P. A. U., Canal-Vergés P. (2023). Ålegræs - Guideline til udpegning af optimale storskala udplantningsområder. Videnskabelig rapport fra Nationalt Center for Marin Naturgenopretning.

/7/ Nielsen B., Kjær R. A., Steinfurth R. C., Banke T. L., Petersen A. H., Nielsen E. H., Flindt M. R. (2024). Ålegræs – Praktisk guideline til ålegræsudplantning og monitering. Videnskabelig rapport fra Nationalt Center for Marin Naturgenopretning.



Status: Grøn Trepart og vandmiljøindsats – fremskridt og udfordringer

Arbejdet med Den Grønne Trepart og de lokale treparter er nu gået ind i en afgørende fase. 20 ud af 23 lokale treparter har afleveret deres planer for arealomlægning og kvælstofreduktion, og flere steder er der tale om ambitiøse samarbejder. I Limfjordsområdet har 18 kommuner koordineret en samlet plan, men ikke alle mål nås: Thisted og Morsø Kommuner opgiver at udtage nok jord til at opfylde kvælstofmålet for Thisted Bredning. Her når man kun 74 % af vejen, og konsekvenserne for landbruget vurderes som for store (https://www.dr.dk/nyheder/politik/danmarks-stoerste-lokale-trepart-opgiver-naa-i-maal-alle-steder-nu-venter-afgoerende-slagsmaal-i).

Samtidig rejser eksperter kritik af trepartens manglende fokus på store sammenhængende naturområder, som er afgørende for biodiversiteten. Biodiversitetsrådet og Danmarks Naturfredningsforening efterlyser bedre finansiering og mere ambitiøse mål, hvis naturens tilbagegang skal vendes (https://www.altinget.dk/miljoe/artikel/treparten-prioriterer-ikke-store-naturomraader-tilstraekkeligt-lyder-det-fra-eksperter-bag-rapport).

På den positive side har borgerinddragelsen fået nyt liv. Flere kommuner har afholdt velbesøgte borgermøder om treparten – i Vejle og Middelfart har op mod 1000 borgere deltaget. Men praksis varierer, og nogle kommuner tøver stadig med at involvere bredt (https://www.dr.dk/nyheder/indland/moeder-om-groen-trepart-er-publikumsmagneter-men-flere-kommuner-toever-med).

COP 30 i Belém

På åbningsdagen for COP30 i Belém fremlagde de nordiske ministre for fiskeri, havbrug, landbrug, fødevarer og skovbrug en ministererklæring, som understreger det store potentiale, som fødevaresystemer og bioøkonomi har for at modvirke klimaændringer gennem både afbødning og klimatilpasning.

Erklæringen lægger vægt på behovet for modstandsdygtige, økonomisk levedygtige og bæredygtige forsyningskæder i vores fødevaresystemer, som understøttes af cirkulære bioøkonomiløsninger. Erklæringen blev vedtaget under Finlands formandskab for Nordisk Ministerråd.

Det er første gang, de nordiske lande har vedtaget en erklæring om fødevarer og bioøkonomi, som adresserer klimaændringer i forbindelse med FN's klimatopmøde.

Erklæringen sætter også fokus på betydningen af internationalt samarbejde, forskningsbaseret og inkluderende lovgivning og partnerskaber på tværs af sektorer og samfund.

Tre centrale elementer i erklæringen:

1. Ministrene understreger behovet for omgående handling for at afbøde klimaændringer og tilpasse sig dem for at sikre modstandsdygtige, sikre og konkurrencedygtige fødevaresystemer, som kan modstå globale udfordringer og værne om fødevaresikkerheden i fremtiden.
2. En innovativ, cirkulær og bæredygtig bioøkonomi kan fungere som drivkraft for den grønne omstilling, reducere afhængigheden af fossile brændstoffer og støtte lokale levebrød.
3. De nordiske lande har forpligtet sig til et stærkt, multilateralt samarbejde, forskningsbaseret og inkluderende lovgivning og partnerskaber på tværs af regeringer, den akademiske verden, civilsamfund og urbefolkninger.

Kilde: Nyheder fra Nordisk samarbejde, 10.11.25

ATV Jord og Grundvand

Kommende møder:

Hvad gemmer sig i vandet? Ny viden om problemstoffer i grundvand og drikkevand

27. november kl. 10-16
DGI byen/CPH Conference, Tietgensgade 65, København V

På dette heldagsmøde stiller vi skarpt på grundvandets sande tilstand og på, hvad der udgør en risiko for vores grund- og drikkevand.
Deltagerne får indsigt i den nyeste viden, og vi sætter fokus på regulering, nye fund og de udfordringer, der opstår, når toksicitet og udbredelse endnu er ukendt.

Mødet henvender sig til fagpersoner inden for miljø, vandforsyning, regulering og forskning, der ønsker at være på forkant med udviklingen og bidrage til en mere sikker og bæredygtig vandforvaltning.
Læs mere her: https://www.atv-jord-grundvand.dk/27-november-hvad-gemmer-sig-i-vandet-ny-viden-om-problemstoffer-i-grundvand-og-drikkevand/

Jordhåndtering anno 2026

14. januar kl. 10-16
DGI byen/CPH Conference, Tietgensgade 65, København V

På dette heldagsmøde sætter vi fokus på den seneste udvikling på jordhåndteringsområdet; et område som for alvor har trukket overskrifter de seneste år.
I løbet af dagen vil der være mulighed for at blive opdateret vedrørende rammerne for jordhåndtering. Forhåbentlig ligger der en politisk aftale om nye retlige initiativer, og de første tanker herom vil blive præsenteret. Der vil være fokus på udviklingen af effektive kontrolmekanismer, og så forventes der at ligge nogle principielle domme i første instans om, hvornår terrænregulering på landbrugsarealer skal anses som en landbrugsmæssige nødvendig forbedring. Miljøstyrelsen har ved afholdelsen af arrangementet haft klassificeringskompetencen efter affaldsbekendtgørelsen i et år, og Miljøstyrelsen vil på mødet give et overblik over deres praksis for klassificering af jord, som er affald eller biprodukt, henholdsvis affaldsfasens ophør.
Der er lagt op til en dag med spændende oplæg og samtidig er der god tid drøftelser på tværs og tid til at reflektere og debattere dagens indlæg.
Læs mere her: https://www.atv-jord-grundvand.dk/14-januar-2026-jordhaandtering-anno-2026/



HUSK Vintermødet 2026 den 2.-4. marts. Læ mere på www.atv-jord-grundvand.dk/

Fondens formål:
ATV Fonden for Jord og Grundvand er en almennyttig, erhvervsdrivende og non-profit fond, der arbejder aktivt for at fremme formidling og udveksling af viden om fagområdet jord- og grundvandsforurening. Der arbejdes med at stimulere og initiere undervisning, forskning, udvikling samt styrke den faglige debat.

Konkret udmøntes Fondens arbejde i, at der årligt afholdes i størrelsesordenen 10 konferencer, møder, kurser og ekskursioner.

Bestyrelsen samt arbejdsgrupper under denne arbejder frivilligt med at opfylde Fondens formål. Fondens sekretariat varetager den løbende kontakt til Fondens brugere og bidragydere.

For generel information om aktiviteterne i ATV Jord og Grundvand og tilmelding til møderne – se www.atv-jord-grundvand.dk

NATURRESSOURCER



Vil du arbejde med bæredygtig brug af naturen?
Læs en bachelor i Naturressourcer på Københavns Universitet

Uddannelsen handler om, hvordan vi bruger naturens ressourcer. Vi fokuserer på, hvordan natur og mennesker arbejder bedst sammen, så der er plads til begge parter. Du arbejder tværfagligt med planter, fødevarer, miljø, klima, økologi, biodiversitet og bæredygtighed. Gennem teori og praksis bliver du i stand til at løse konkrete problemer. Du kan specialisere dig inden for plantevidenskab, miljøvidenskab, naturforvaltning og miljøøkonomi.

Læs mere om uddannelsen, optagelse og jobmuligheder:
www. studier.ku.dk/bachelor/naturressourcer/

KØBENHAVNS UNIVERSITET

SPØRGESKEMA

Din mening gør en forskel!

For at forstå værdien af naturbaserede løsninger, undersøger vi kulturelle økosystemtjenester – altså de oplevelser, glæder og fritidsmuligheder, vi får fra naturen.

Vi måler på befolkningens livskvalitet, personlige oplevelser samt muligheder og motivation ud fra to forskellige landskaber: Strandenge og landbrug.

VIND! 2 billetter til Fjord&Bælt oplevelsescenter

Scan QR koden og modtag spørgeskemaet på e-mail

SDU

ARCADIA

Co-funded by the European Union

Genopretning af blåmuslinger i Vejle Fjord

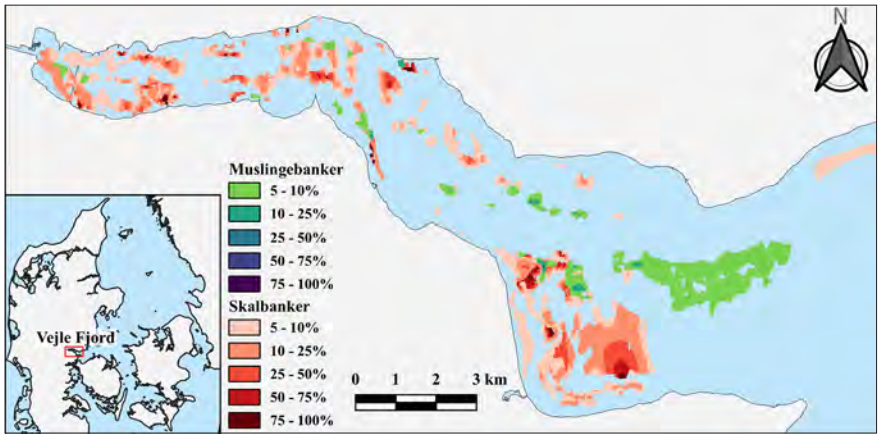
Blåmuslingebanker er vigtige kystnære habitater, som yder flere essentielle økosystemfunktioner. Indenfor de sidste årtier har bestanden været i tilbagegang, og der er nu behov for genopretning. I Sund Vejle Fjord er blåmuslingebanker de sidste fem år blevet udlagt og genoprettet i storskala med det formål at lave vidensopbygning, og udvikling af robuste metoder til brug i kommende projekter.

Timi L. Banke, Rune C. Steinfurth, Benjamin Nielsen, Paula Canal-Vergés, Klaus E. Balleby, Mads F. Christensen, Brit Dalby & Mogens R. Flindt

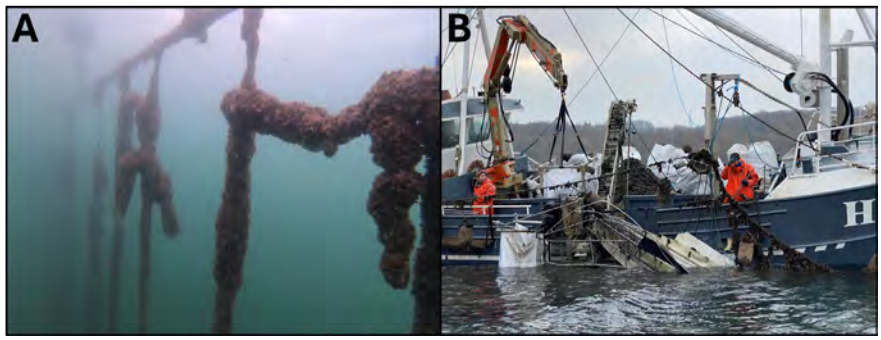
Blåmuslingebanker spiller en vigtig rolle i vores kystnære farvande. Skallerne fra muslingerne fungerer som levesteder for fastsiddende organismer og er egnede for vækst af makroalger, som ellers mangler fast bund på de bare sand- og mudderflader. Muslingerne danner komplekse strukturer og fungerer som rev, der er hjem for mange arter af krebsdyr, bløddyr og fisk /1/, og er et vigtigt fourageringshabitat for større fisk /2/ og fugle /3/, herunder edderfuglen. Som en del af deres fødeindtag filtrerer blåmuslinger vandet for planteplankton, hvilket giver klarere vand til både makroalger og ålegræs /4/, der er afhængige af gode lysforhold for at kunne vokse. I projekt Sund Vejle Fjord er blåmuslingebanker blevet udlagt og genoprettet i stor-skala med 2.000 tons blåmuslinger udlagt over 53 ha. Det er første gang i Europa, at blåmuslinger er blevet genoprettet i denne skala, og projektet danner et vigtigt vidensgrundlag for fremtidige projekter.

Historisk udvikling

Den præcise historiske udbredelse af blåmuslingebanker er ringe kortlagt, men historiske kilder beretter om, at disse var almindelige i danske farvande /5/. Givet at blåmuslinger har fytoplankton som fødekilde, har bestandene haft gavn af den øgede eutrofiering, og dermed fødetilgængelighed, forbundet med intensiveringen af landbruget og en voksende befolkningstæthed i årtierne efter 2. verdenskrig. Baseret på fiskerilandinger har blåmuslingebankerne været særdeles udbredte. Alene i Vejle Fjord er der før år 2000 landet op mod 5.000-7.000 ton årligt, hvilket vidner om betydelige bestande, der uden tvivl har haft en effekt på det marine miljø. Bestanden af blåmuslinger er dog indenfor de seneste årtier gået drastisk tilbage, og der er ikke fisket efter muslinger i fjorden siden 2017. I starten af projekt Sund Vejle Fjord blev udbredelse af blåmuslinger kortlagt ved video-transekter, som afslørede få levende muslingebanker, mens der var store områder med skalbanker, hvor muslingerne tidligere levede (Fig. 1). Denne tendens er ikke gældende blot for Vejle Fjord. Tilsvarende rapporter er udbredte fra Skandinavien /6/ og blåmuslingebanker er



Figur 1: Naturligt forkomne blåmuslingebanker og skalbanker i Vejle Fjord, 2020. Tætheden af bankerne angivet som procentvis dækningsgrad. Kortlægningen udført med videoslæde i transekter med 200 m mellemrum, tilsvarende 256 km samlet transektlængde.



Figur 2: Produktion af blåmuslinger i Vejle Fjord. A) Blåmuslinger voksende på lineanlæg, B) Høst af muslinger klar til udlæg.

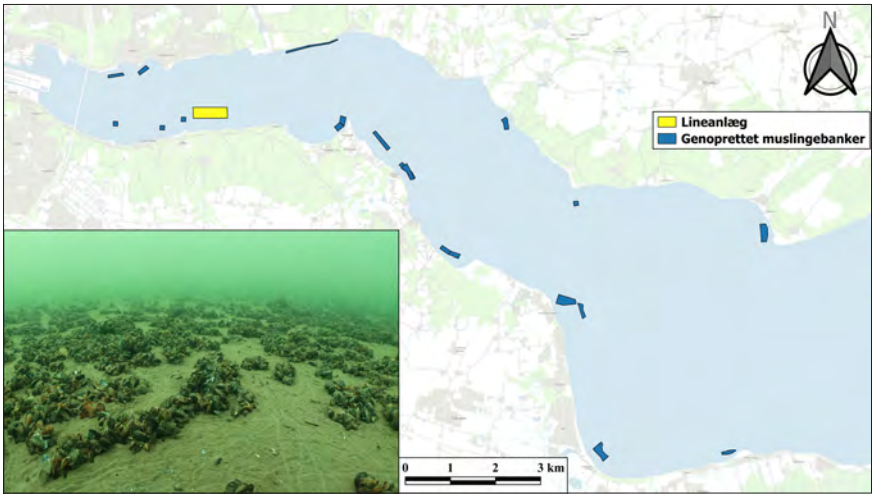
i henhold til EU's habitat rødliste nu karakteriseret som "nær-truet".

Årsagen til bestandstilbagegangen er ringe kortlagt. Årsagerne kan være flere og endda variere imellem vandområder. Fælles for observationer ses det dog, at blåmuslinger på ophængte strukturer – lineanlæg, både, broer m.fl. – trives, mens bundnære bestande i samme vandområder forsvinder. Herudover har resultater fra Sund Vejle Fjord også vist stor overlevelse på udlagte banker, mens naturlig etablering af banker i fjorden endnu udebliver. Dette indikerer, at fødetilgængeligheden og levevilkårene for de voksende muslinger er fine, mens det er rekrutteringen af nye individer, der er utilstrækkelig samtidig med en høj dødelighed. De begrænsende faktorer blev undersøgt nærmere ved en mindre udlægning (4 ton blåmuslinger) ved Sellerup, Vejle Fjord. I dette forsøg blev blåmuslingerne udlagt i mange forskellige størrelsesklasser fra 1-2 mm og op til mere end 4 cm. Undersøgelsen afslørede en stor dødelighed af juvenile blåmuslinger op til en størrelse af 30 mm /7/. Under forsøgsperioden blev der ikke målt forklarende iltsvind, og den mest sandsynlige årsag var et højt prædationstryk på de mindre individer forårsaget af en høj tæthed af mellemstore rovdyr (e.g., krebsdyr og små fiskearter). Denne høje tæthed er opstået grundet manglen på større rovfisk, som i et sundt fødenet ville kunne holde bestanden af disse nede.

Produktion af blåmuslinger

I Vejle Fjord er blåmuslingerne blevet produceret på et lineanlæg placeret på sydsiden af inderfjorden. Anlæg og udlægning har været drevet af Wittrup Seafood A/S gennem hele projektperioden. Produktionen på lineanlæg udnytter blåmuslingens naturlige livscyklus. I foråret gyder muslingerne, når vandet er ca. 10°C. Herefter lever muslingelaverne i vandsøjlen i 2-4 uger før de bundslår eller – i dette tilfælde – sætter sig på lineanlægget. Ophængt i vandsøjlen har blåmuslingerne gode levevilkår væk fra bundnære rovdyr og med god adgang til føde i vandsøjlen. Anlægget i Vejle består af 45 langliner på hver 200 m. Under langlinerne hænger vækstbændler med en samlet længde på 50 km. Dette giver et enormt overfladeareal, hvorpå muslingerne kan vokse med en årlig produktionskapacitet på 400-500 ton tilsvarende 10-12 ha nye muslingebanker. For at holde sådan en biomasse flydende i vandsøjlen, er der på langlinerne monteret samlet 5.000 bøjer (Fig. 2).

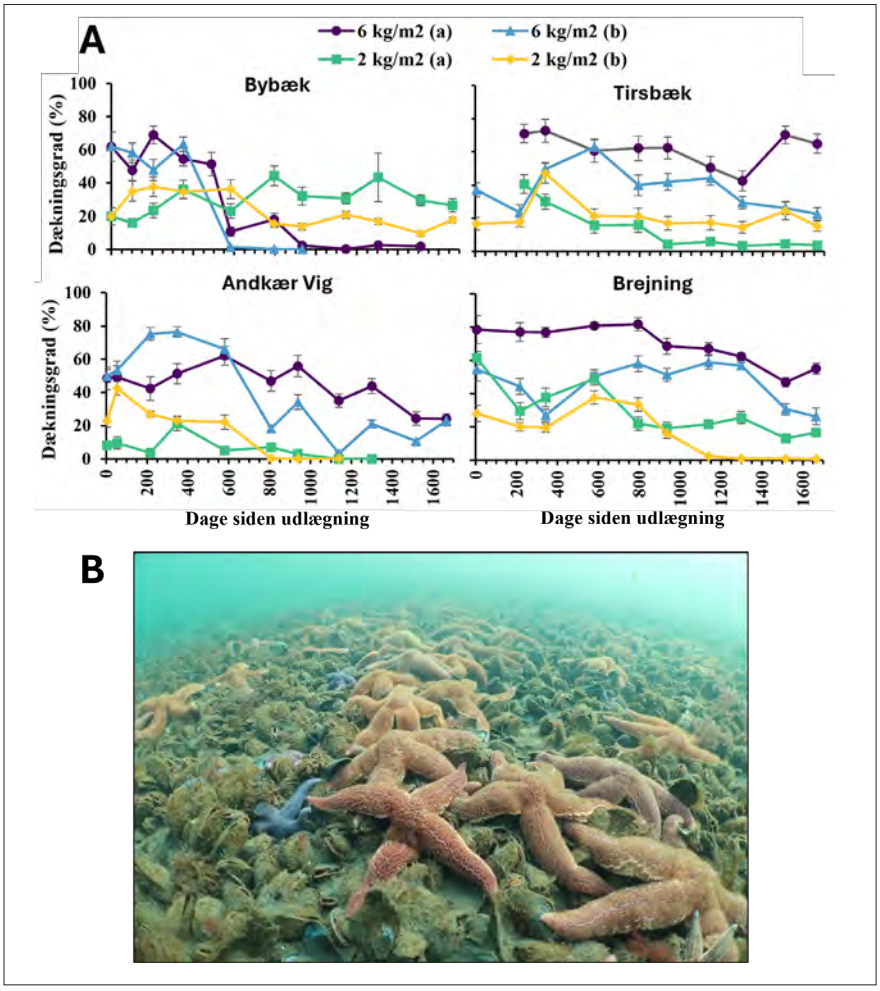
Grundet den store dødelighed af juvenile muslinger, og for at sikre at muslingerne er robuste overfor udlæggelsesprocessen, høstes



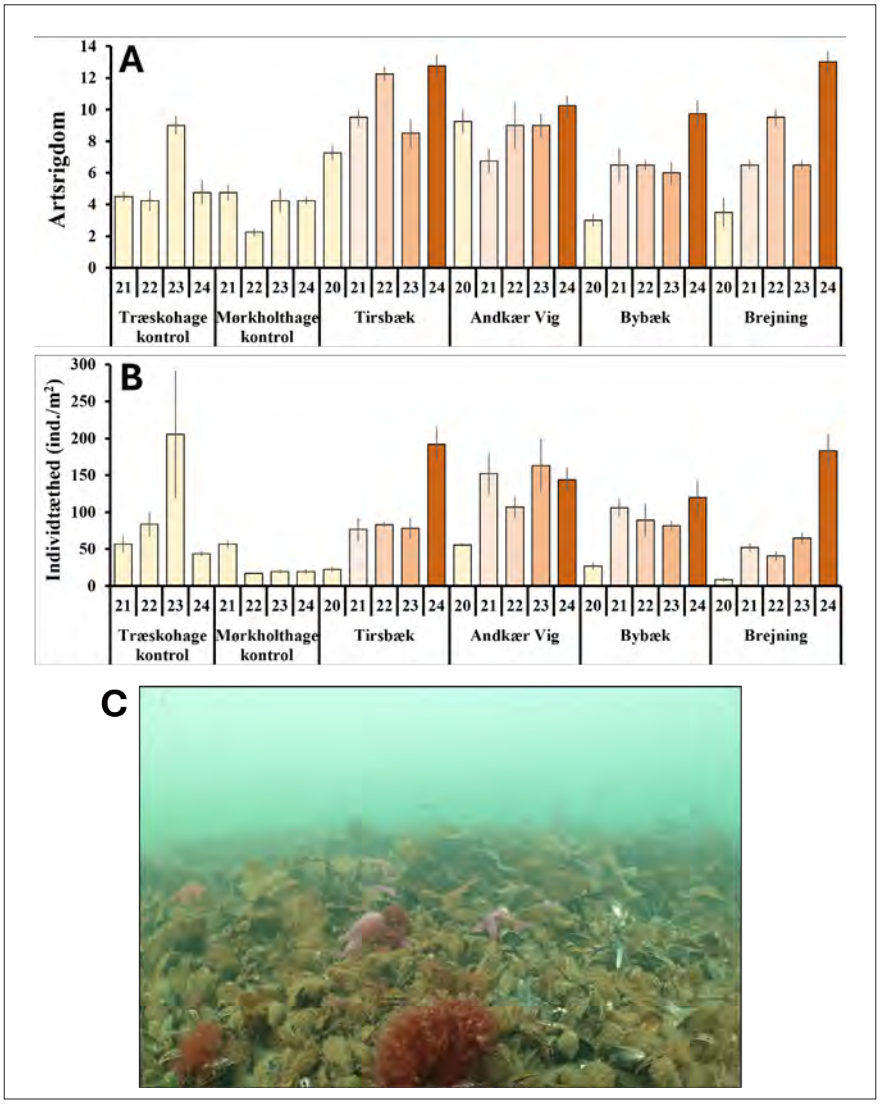
Figur 3: Genoprettet blåmuslingebanker i Vejle Fjord. Billedet venstre hjørne viser selvorganiseringen af muslinger i klumper kort efter udlægning.

muslingerne når så mange af muslingerne som muligt opnår en størrelse på +30 mm. Herved sikres de bedste vilkår for at de nyudlagte muslinger kan etablere sig. Da muslingerne ophængt i vandsøjlen har god adgang til føde, er vækstraten særdeles høj, og muslingerne vokser nemt fra 1 mm skallængde ved nedslag til +30 mm i september/oktober.

Produktionen af blåmuslingerne er dog ikke uden udfordringer. Grundet den store



Figur 4: A) Udvikling i dækningsgrad (% ± SE) indenfor muslingebanker genoprettet i efteråret 2020. Ved denne udlægning blev muslingerne ved hver lokalitet udlagt i to forskellige tætheder; 2 kg/m2 & 6 kg/m2. Dækningsgrad målt ved visuelle dykkerundersøgelser i specifikke GPS-markerede området. B) Høj tæthed af søstjerner ved Andkær Vig, hvor der præderes på de udlagte muslinger.



Figur 5: A) Artsrigdom (± SE) og B) individtæthed (Ind/m2 ± SE) i muslingebanker genoprettet efteråret 2020. Bemærk at målinger udført i 2020 er udført før genopretningen og derfor repræsentere baseline. C) Fauna og makroalger på den genoprettet muslingebanker placeret ved Tirsbæk.

vægt af muslingerne kan det være nødvendigt at tilføje flere bøjer til langlinerne, efterhånden som muslingerne vokser. Ellers er der risiko for at anlægget synker til bunds, hvor krabber og søstjerner får adgang til fødekammeret. Hvis der er bundnært iltsvind, forøges problematikken yderligere og noget af høsten kan mistes. Alternativt skal muslingerne høstes, før linerne bliver for tunge til de eksisterende bøjer. Problematikkerne kan også opstå direkte på linerne. På anlægget i Vejle Fjord blev der i 2021 observeret et nedslag af søstjernelarver direkte på linerne. Dette betød at søstjernerne, et udpræget rovdyr for blåmuslinger, voksede op på linerne sammen med blåmuslingerne – med et stort tab af blåmuslinger til følge. Risikoen for sådanne nedslag kan formindskes ved at linerne i foråret opsættes så tæt på blåmuslingenedslaget som muligt, hvorved der er mindre tid for andre nedslag.

Grundet muslingernes fækalier kan den høje muslingetæthed på et lineanlæg potentielt medføre forøget sedimentation af organisk materiale under anlægget. Derfor bør placeringen af lineanlægget udvælges, så der ikke er risiko for at anlægget ødelægger værdifulde habitater på havbunden nedenunder. I Vejle Fjord er anlægget placeret, hvor bunden i forvejen bar præg af årtiers organisk forurening uden nævneværdig biologisk mangfoldighed. Det forventes derfor ikke , at anlægget forårsager en målbar negativ ændring. Bundforhold, biodiversitet og iltforhold er blevet undersøgt under projektet, hvor det ikke har været muligt at måle en forskel under anlæggets relativt til områderne omkring anlægget og før anlæggets opsætning.

Udlægning af muslingerne

Efter høst udlægges muslingerne direkte fra høstbåden. Den specialiserede høstbåd kan udlægge muslingerne direkte, ved at spule dem ud gennem sluser i siden af båden. Ved at koordinere udspulnings-hastigheden med bådens fart, kan muslingerne udlægges præcist på bunden. Kort efter udlægningen begynder muslingerne at selvorganisere sig i klumper og rækker, hvilket optimerer bankens stabilitet (Fig. 3). Med en årlig produktion af muslinger op mod 500 ton/år har det, ved denne metode, været muligt, at udlægge muslinger på 53 ha fordelt på 13 forskellige lokaliteter. Resultaterne synliggør, at genopretning af blåmuslinger i storskala er muligt, under forudsætning af, at der eksisterer en pålidelig yngelforsyning.

Ved udlægning af muslinger i projekt har fokus ikke blot været naturgenopretning, men også vidensopbygning for fremtidige projekter. Muslingerne er blevet udlagt ved forskellige tætheder, henholdsvis 2, 4 og 6 kg/m^2, på forskellige bundtyper, dybder og variable miljøforhold med det formål, at kortlægge forudsætningerne og grænserne for genopretningen af blåmuslingebanker. Alle udlægningerne er foregået lavere end 7 m dybde, da risikoen for iltsvind i Vejle Fjord er markant højere på de større dybder.

Erfaringer fra aktiv genopretning

De genoprettede banker har overordnet vist flotte overlevelser på tværs af miljøforhold. Udlægningen på forskellige bundforhold har vist, at muslingerne trives på en bred vifte af bundtyper fra sandet mudder (10% organisk indhold) til hårde bundtyper. Dette betyder endvidere, at udbredte arealer potentielt er egnede til genopretning af blåmuslinger.

Undersøgelser af forskellige udlægningstætheder indikerer, at 4 kg/m^2 er den mest optimale tæthed. I 2020 blev der i Vejle Fjord udlagt banker med både 2 kg/m^2 og 6 kg/m^2. Disse banker er løbende blevet moniterede ved dykkerundersøgelser, som viste, at banker udlagt ved 2 kg/m^2 var mindre stabile, mens bankerne ved 6 kg/m^2 udviste bedre overlevelse og stabilitet (Fig. 4). Observationer fra bankerne viste dog, at udlægninger ved 6 kg/m^2, især efterhånden som muslingerne blev ældre og større, lokalt kunne danne høje tætheder med risiko for at muslingerne begyndte at konkurrere om plads og føde. Derfor er muslingerne siden blevet udlagt ved en tæthed på 4 kg/m^2, som har vist at være et godt kompromis; tilstrækkeligt tæt til at muslingerne kan selvorganisere og danne stabile strukturer, men uden at der opstår pladsmangel og intern konkurrence mellem muslingerne.

Den primære årsag til tab af muslinger i de genoprettede banker har primært været tætte forekomster af søstjerner. Søstjerner er et vel-

kendt rovdyr på blåmuslinger /8/ og kan danne tætte flokke, som på uforudsigelig vis kan bevæge sig ind i områder og tømme disse for levende muslinger. Tabet til søstjerner er en naturlig proces, men forudsætter at rekrutteringen af nye muslinger er tilstrækkeligt stor til at kompensere for tabet. Rekrutteringen af nye muslinger er essentiel for at sikre bestandens langsigtede stabilitet og bliver løbende overvåget. Selvom de udlagte muslinger fortsat viser stor overlevelse (medmindre de har haft et uheldigt møde med en søstjerne), så skal rekrutteringen nå et niveau, hvor den kan erstatte muslingerne, efterhånden som de enten bliver spist eller dør af alderdom. Rekruttering af nye muslinger er blevet observeret, men endnu ikke i mængder, der er tilstrækkelige til at sikre stabilitet af populationen. Da bankerne endnu trives, og flere banker fortsat udlægges, kan dette mønstre potentielt nå at ændre sig. Håbet er, at bestandens størrelse vokser og fjordens tilstand gradvist bedres, hvorved forudsætningerne for rekrutteringen bliver tilstrækkeligt gode til at bestanden kan opretholde sig selv

Effekt af genopretningen

Med genopretningen af bankerne følger udviklingen af de tilknyttede økosystemfunktioner hurtigt efter. Umiddelbart efter udlægningen begynder muslingerne at filtrere vandet for fytoplankton. En synlig effekt er hurtigt tydelig for dykkere over revene med 1-2 m længere sigtbarhed i den nederste meter af vandsøjlen tættest på muslingerne. Ligeledes er effekten på biodiversiteten også tydelig kort efter udlægningen. Målingerne viser både en forøget artsrigdom og individtæthed indenfor bankerne, sammenlignet med kontrolområder og forholdene før bankernes retablering (Fig. 5). Af arter der finder hjem i bankerne kan nævnes; tøffelsnegl, stankelbenskrabbe, skælryg, tangborre, diverse kutlingearter og tangspræl. Herudover er almindeligt forekomne arter som dværkkonk, hestereje, strandkrabbe og alm. søstjerne hyppigt forekomne indenfor bankerne. Disse mindre dyrearter er fødeemner og understøtter forekomsten af større dyr i fødekæden, som mere sporadisk observeres. Yderligere observeres der, på flere af de genoprettet banker, større tangarter, f.eks. sukkertang, som hæfter sig til muslingeskallerne og danner tangskove som en ekstra struktur ovenpå muslinger. Herved opstår komplekse revstrukturer (Fig. 5C). Udover dyrelivet under vandoverfladen har muslingerne også en positiv effekt på blandt andet edderfuglen, som har blåmuslinger som en af deres primære fødekilder. Dette blev synliggjort ved udlægningen af blåmuslinger i efteråret 2022, hvor en flok edderfugle på over 1.200 individer i en periode opholdt sig over udlægningsområdet ved Mørkholt Hage. Selvom edderfugle har et stort fødebehov, så var der heldigvis rigeligt med muslinger til alle.



Muslinger høstes fra liner og opsamles på pram til senere udlægning. Foto Sund Vejle Fjord.

Det fortsatte arbejde i Sund Vejle Fjord 2.0

Genopretningen af blåmuslingebanker er endnu i sin spæde begyndelse, og selvom mange erfaringer er blevet gjort, er der fortsat behov for videnopbygning. Med en ny bevilling fra Velux Fonden til Sund Vejle Fjord 2.0 fortsætter produktionen og udlægningen af muslinger i yderligere 4 år, og det forventes, at tilsvarende antal arealer kan genoprettes. Forskningsindsatsen intensiveres yderligere, da DTU Aqua, Sektion for Kystøkologi tilslutter sig muslingeindsatsen og bibringer store kompetencer til projektet. Moniteringen og forskningsindsatsen på de allerede udlagte banker fortsætter med henblik på at kortlægge den langsigtet stabilitet af bankerne og de økosystemfunktioner, der udvikles efter genopretningen. Herudover bliver fokus at yderligere kortlægge de processer, som begrænser rekrutteringen af nye individer og den langsigtet stabilitet af bankerne.

Timi L. Banke, Postdoc(timi@biology.sdu.dk), Rune C. Steinfurth, Adjunkt (runesteinfurth@biology.sdu.dk), Benjamin Nielsen, Videnskabelig assistent, benjaminnielsen@biology.sdu.dk, Paula Canal-Vergés, Lektor canal@biology.sdu.dk, og Mogens R. Flindt, Professor mrf@biology.sdu.dk, er alle ansat på Biologisk SDU
Klaus E. Balleby kleba@vejle.dk, Mads F. Christensen MAFCH@vejle.dk, Brit Dalby brdal@vejle.dk, er alle Miljømedarbejdere i Vejle Kommune.

Referencer

/1/ Norling P, Kautsky N (2007) Structural and functional effects of Mytilus edulis on diversity of associated species and ecosystem functioning. Marine ecology. Progress series (Halstenbek) 351:163-175

/2/ Orfanidis GA, Touloumis K, Stenberg C, Mariani P, Støttrup JG, Svendsen JC (2021) Fish assemblages in seagrass (Zostera marina l.) meadows and mussel reefs (Mytilus edulis): Implications for coastal fisheries, restoration and marine spatial planning. Water (Basel) 13:3268

/3/ Laursen K, Kristensen PS, Clausen P (2010) Assessment of Blue Mussel Mytilus edulis Fisheries and Waterbird Shellfish-Predator Management in the Danish Wadden Sea. AMBIO 39:476-485

/4/ Wall CC, Peterson BJ, Gobler CJ (2008) Facilitation of seagrass Zostera marina productivity by suspension-feeding bivalves. Marine Ecology Progress Series 357:165-174

/5/ Petersen JK, Witte S, Flensborg LC, Nielsen P. (2025) Muslinge- og østersbanker - behov for naturgenopretning. Rapport fra Center for Marin Naturgenopretning.

/6/ Baden S, Hernroth B, Lindahl O (2021) Declining Populations of Mytilus spp. in North Atlantic Coastal Waters—A Swedish Perspective. Journal of Shellfish Research 40:269-296

/7/ Banke TL, Steinfurth RC, Lange T, Canal-Vergés P, Svane N, Flindt MR (2024) Dislodgement and mortality challenges when restoring shallow mussel beds (Mytilus edulis) in a Danish estuary. Restoration ecology 32

/8/ Agüera A, Saurel C, Møller LF, Fitridge I, Petersen JK (2021) Bioenergetics of the common seastar Asterias rubens: a keystone predator and pest for European bivalve culture. Marine biology 168:48

Stenrev i Vejle Fjord bringer livet tilbage

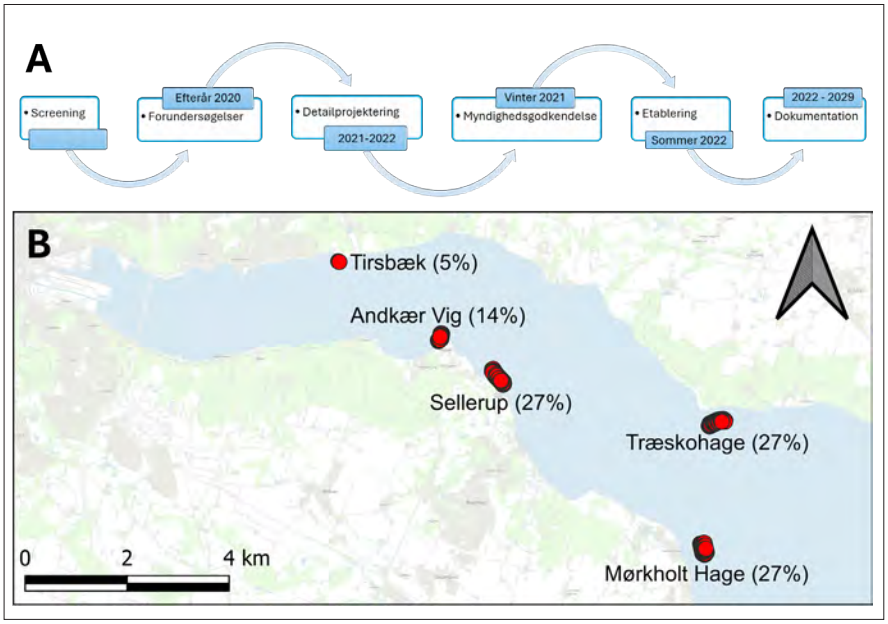
Den marine naturgenopretning tager fart i Danmark, og mange nye stenrev er allerede udlagt eller i proces til at blive det. Der er tale om store investeringer, og det er derfor vigtigere end nogensinde at få kortlagt, hvordan lokale miljøforhold påvirker stenrevene, og hvilken effekt, der kan forventes af naturgenopretningen. Her præsenteres de første resultater tre år efter revenes etablering i Vejle Fjord.

Timi L. Banke, Benjamin Nielsen, Miguel Pardal, Rune C. Steinfurth, Paula Canal-Vergés, Klaus E. Balleby, Mads F. Christensen, Brit Dalby & Mogens R. Flindt

Ligesom de øvrige marine habitater, så spiller stenrev en vigtig rolle i vores kystnære økosystemer. Den hårde overflade er egnet til vækst af store tangarter og fastsiddende organismer. De huledannende strukturer danner gemmesteder for et stort udvalg af marine arter /1/. Særligt finder de større rovfisk hjem i stenrevene /2/, som er essentielle for at sikre stabile og sunde fødenet. Afhængigt af stenrevenes udformning påvirker stenrevene vandstrømme og dæmper bølgeenergi, og kan potentielt skabe en læside med reduceret kysterosion og forbedret vækstvilkår for ålegræs. Udbredelsen af stenrevene er dog blevet markant reduceret gennem stenfiskeriet /3/, hvilket har skabt et behov for aktiv genopretning.

Stenfiskeri i Danmark

Stenfiskeriet i Danmark startede allerede i 1800-tallet og fortsatte frem til 1999. Stenene blev opfisket for at udbygge bl.a. havnemoler. Der findes få optegnelser over hvorfra, og hvor mange sten, der er blevet opfisket i de forskellige vandområder. Det er dog blevet estimeret, at 8.3 millioner m^3 sten tilsvarende 55 km^2 stenoverflade er blevet fjernet fra vores havmiljø /3/. Der er altså tale om så store mængder, at indgrebet uden tvivl har haft en effekt på det marine miljø. Af praktiske årsager er stenene primært fjernet fra de lavvandede områder med dybder mindre end 10 m /3/, og stenene er derfor fjernet fra de dybder, hvor der har været lys tilgængeligt til diverse tangarter, og revene har derfor haft en ekstra høj biologisk betydning. Herudover har fiskeri med slæbende redskaber også fjernet betydelige mængder mindre sten som bifangst /4/. For Vejle Fjord har det ikke været muligt at finde optegnelser fra fiskeriet, men beretninger fra Vejle Amatørfiskerforening vidner om, at der særligt i 1960 og 1970'erne er blevet fisket store mængder sten op af fjorden.



Figur 1: A) Tidslinje og processer ved etablering af stenrev i Vejle Fjord. B) Placering af genetableret stenrev i Vejle Fjord, procentsats angiver hvordan den samlet mængde sten er fordelt.

Forundersøgelser og tilladelse

Anlæg af stenrev er en tidskrævende proces, der består af mange trin (Fig. 1A). Først og fremmest skal det sandsynliggøres, hvor stenrevene historisk har eksistereret. Herefter skal det sikres, at bundens bæreevne er tilstrækkelig, så stenene ikke forsvinder i en mudret havbund. Det endte med at fem områder i Vejle Fjord blev udpeget til udlægning af sten; Tirsbæk, Andkær Vig, Sellerup Strand, Træskohage og Mørkholt (Fig. 1B).

En ansøgning blev udarbejdet til Kystdirektoratet. Da der i Vejle Fjord er potentiale for arkæologiske fund, udarbejdede Langelands Museet herudover marinarkæologiske undersøgelser i områderne forud for etablering af stenrevene. Det blev herved sikret at stenene ikke kunne skade eventuelle fortidsfund. Heldigvis for projektet var der ingen komplikationer. Tilladelsen til etablering blev givet i december 2021, og stenrevene etableret den efterfølgende maj-juli 2022. Stenene blev købt

fra Trelleborg i Sydsverige og var sprængsten. Samlet blev der leveret 8.350 m^3 sten tilsvarende 14.000 tons.

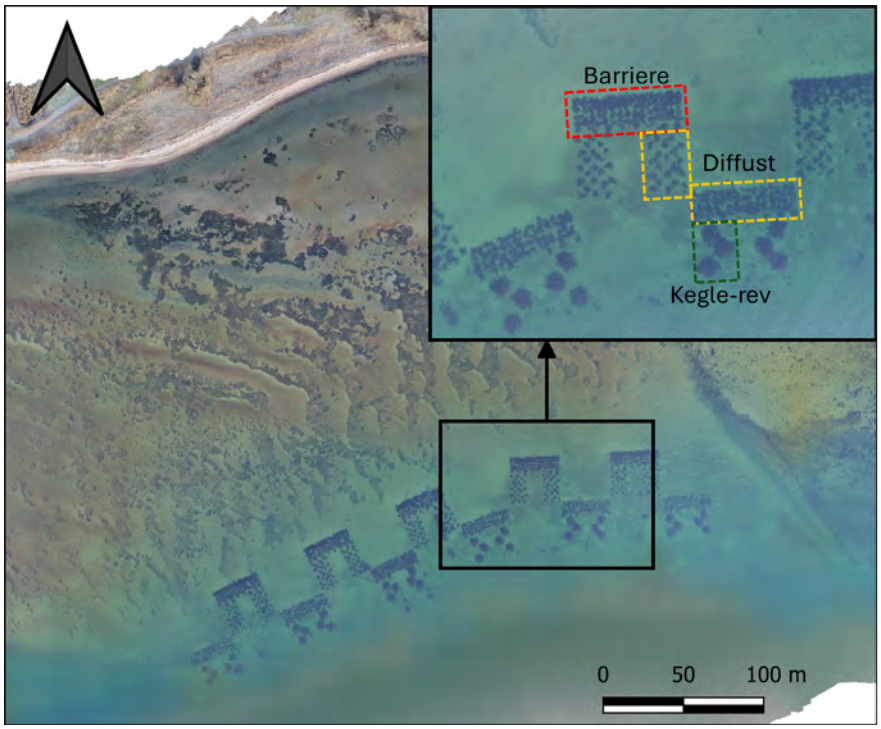
Udlægning og design af stenrev

Stenrevene i Vejle Fjord er designet med flere formål for øje. Revene i sig selv skal forøge biodiversiteten og understøtte flere fiskearter i fjorden. Herudover har muligheden for at lave vidensopsamling og forskning på revene haft særligt fokus i valg af placeringer og design af revene. Vejle Fjord har en udpræget eutrofieringsgradient fra inder- til yderfjorden, som revene er blevet udlagt over med henblik på at kortlægge hvordan biodiversiteten udvikler sig afhængigt af eutrofieringsniveau. Yderligere er revene udlagt i hestesko-mønstre, som er sammenlignelige mellem revene, men som indenfor hvert rev yder et specifikt formål (Fig. 2). Revene består af to forskellige typer af "hesteskostrukturer" og ligger på dybder mellem 2.0 – 6.0 m. Tættest mod kysten er revene anlagt som barrierrerev, der skal reducere bølgeenergi og gøre vækstforholdene for ålegræs bedre på læsiden af revet. Barrieren er anlagt med minimum 1,5 m frigang for at tillade småbåde at passere over. Længere fra kysten er stenene udlagt som diffuse stenrev, der fører videre ud til de dybere placerede "hestesko". I de dybe hesteskostrukturer er andelen tættest mod kysten ligeledes anlagt som diffuse rev, mens den dybeste del er anlagt som huledannende keglerev med 19 m3 sten i hver kegle. Hesteskoprincippet er benyttet for at give plads mellem strukturerne til mosaiknatur med ålegræs og blåmuslinger. Herudover gør de gentagne strukturer det muligt at monitere ensartet og sammenligne udviklingen direkte på tværs af revene.

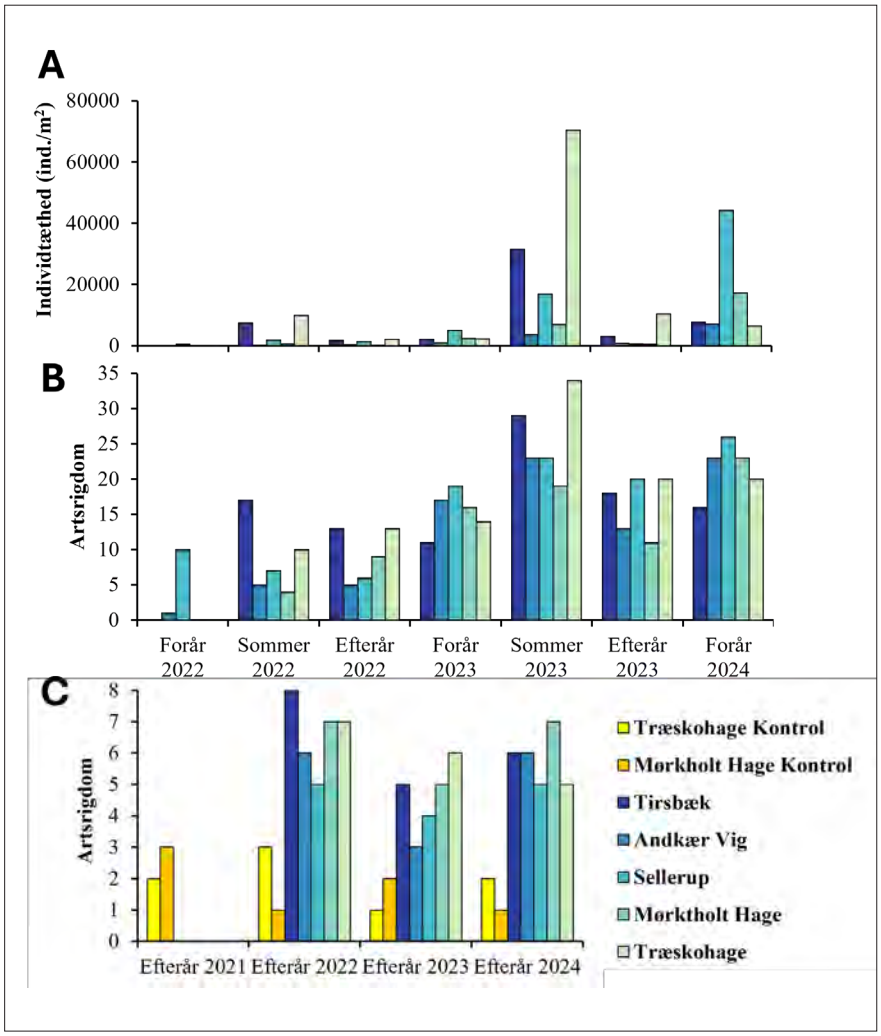
For at undgå forstyrrelser og opfiskning af vigtige kønsmodne individer af blandt andet torsk på de nye rev, trådte der den 1. juli 2023 en 10-årig fredningsbekendtgørelse af stenrevene i kraft. Fredningen dækker over alle former for fiskeri og rækker cirka 100 m ud fra yderkanten af hvert stenrev. Fredningen giver dyrelivet i fjorden et refugie og tilvejebringer en unik mulighed at følge den naturlige biodiversitetsudvikling på stenrevene uden forstyrrelser.

Biodiversitetsudvikling på revene

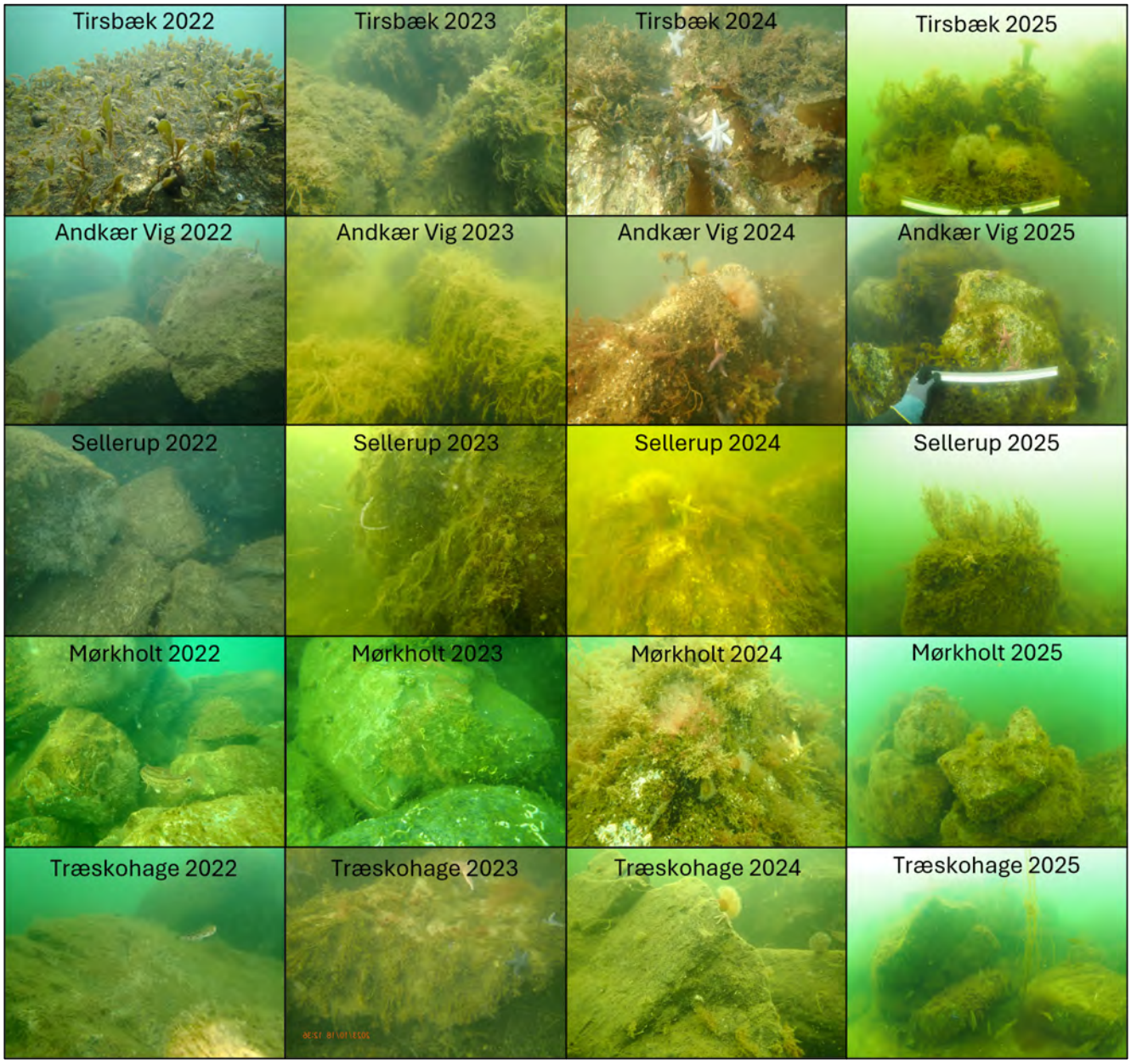
Siden revene blev udlagt i 2022, er udviklingen af både fauna og flora fulgt tæt. De videnskabelige undersøgelser har været understøttet af Coimbra Universitet med Miquel Pardal i fronten, som er ekspert i dyrelivet på stenkyster. For at dække alle grupper af biodiversiteten, har det været nødvendigt



Figur 2: Genoprettet stenrev ved Træskohage, Vejle Fjord. Zoom øverst højre hjørne viser de forskellige typer af strukturer som de enkelte hestesko er opbygget af.



Figur 3: A) Individtæthed af fauna på stenoverfladerne, B) Artsrigdom af fauna på stenoverfladerne, C) Artsrigdom af fisk.



Figur 4: Billeder fra hver lokation taget hvert efterår, på alle 5 stationer, billederne er udvalgt til at vise den generelle tendens i udviklingen.

at benytte flere komplementære metoder. Tangarter og smådyr, der lever på stenene, er blevet målt ved at skrabe 20x20 cm overflade, og overføre prøverne til finmaskede netposer. Skrab-prøverne suppleres med billeder for at bekræfte fund i prøverne, og få et indblik i variationen på stenene. Større dyr er moniteret ved dykker-transekter på keglerevene. Keglerne virker som selvstændige og sammenlignelige enheder, hvorfor disse er ideelle at følge udviklingen på. Dykkeren har fridykket på transekterne, og har – ved brug af lygter – kunne tjekke alle huler i revene samt barbunden op til 1 m fra stenrevene, for at få de arter med, som befinder sig i overgangszonen.

Undersøgelserne viser, at dyrelivet hurtigt indfinder sig på stenrevene. Allerede indenfor samme måneder af etableringen viste skrabprøverne 4-17 arter på stenene (Fig. 3B). Siden har artsantallet vist en stigende tendens med gradvist mere komplekse artssamfund. Det endnu højeste artsantal blev målt i sommeren 2023 med 19-34 mindre faunaarter registreret. Samtidig har individtætheden været stigende og var ved samme måling oppe på 3.650 – 70.440 ind./m^2. De mange individer var primært domineret af arter såsom; lille tårnsnegl, slikkrebs og andre små krebsdyr. Den høje tæthed vidner om en af stenrevenes vigtige funktioner; de understøtter en større variation af dyr og skaber stabil fødetilgængelig for arterne længere oppe i fødekæden. Flere arter af fisk indfandt sig øjeblikkeligt på revene efter etableringen med 5-8 arter sammenlignet med 1-3 arter i nærliggende kontrolområder uden rev (Fig. 3C). På revene er der observeret flere arter at kutlinger, herunder glaskutlinger, toplettet-kutling, samt sort og sandkutling. Herudover bliver havkarusser, savgylter og torsk også hyppigt observeret på stenrevene.

Stenrevene er fortsat unge, men allerede nu er der begyndt at opstå indikationer på at biodiversiteten, som forventet, udvikler sig i forskellig hastighed afhængigt af deres placering i fjorden og variationerne i lokale miljøforhold. Stenrevene på nordsiden; Tirsbæk og Træskohage, blev koloniseret hurtigere end revene på sydsiden, hvilket sandsynligvis skyldes, at nordsiden af Vejle Fjord generelt er mindre næringsstofpåvirket og derfor har bedre levevilkår. Derimod har det yderste stenrev på sydsiden, Mørkholt, været længst om at udvikle sig. Dette er på trods af at dette

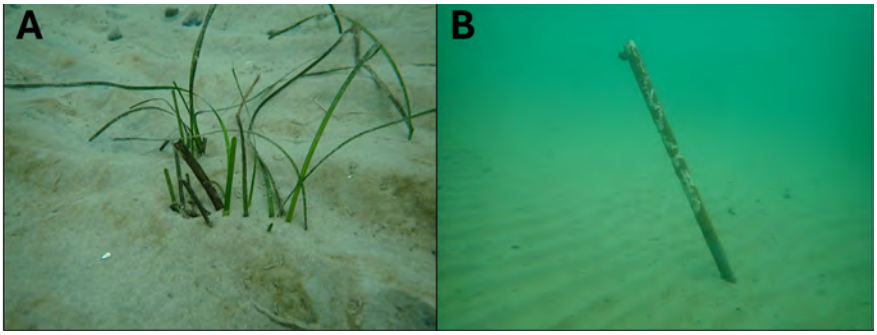
rev, sammenlignet med de andre rev på sydsiden, er mindst påvirket af næringsstofudledning. Årsagen hertil skal sandsynligvis findes i revets mere eksponerede placering med meget bølgepåvirkning. Denne effekt kan yderligere være forstærket af at revet ved Mørkholt er 1-2 m dybere placeret end revene ved Andkær Vig og Sellerup, og derfor har mindre lys tilgængeligt for opvækst af tang på stenene.

Stenrevene udvikler sig fortsat. Det forventes at der går yderligere 5-10 år før revene når et naturligt og stabilt stadie. Billeder fra stenrevene viser tydeligt en udvikling fra bare sten ved udlægningen, til en større grad af bevoksning over årene (Fig. 4), men dækning af de større tangarter (e.g., blæretang og sukkertang) mangler fortsat. Der observeres regelmæssigt opblomstringer af opportunistiske tangarter – det såkaldte "fedtemøg" – der dækker overfladen på stenene. Det er derfor tydeligt, at der fortsat er et behov for næringsreduktion til fjorden, men på trods af dette er der fortsat en tydelig gevinst i biodiversiteten. Efterhånden som næringsudledningen til fjorden reduceres, må det forventes at dyreliv og tang-samfund på stenene tilpasser sig de forbedrede forhold.

Barrierestenrev – et værktøj til at etablere ålegræs?

Fysisk stress som bølger og strøm er på mange åbne kyststrækninger begrænsende for ålegræssets vækst. Især er enkeltstående ålegræsskud skrøbelige overfor påvirkningen af bølger, hvorfor både naturlig reetablering og transplantation kan være begrænset i eksponerede områder. Derfor kan dæmpning af bølgeenergi potentielt åbne for nye områder, hvor reetablering af ålegræs ellers ikke er muligt. Den laveste del af stenrevene i Vejle Fjord er på forsøgsbasis derfor designet som barriere med det formål at give ålegræstransplantationer forbedrede vilkår på læsiden.

Konceptet om at benytte barriere til at understøtte ålegræsreetablering bliver testet flere steder internationalt /5/, men har ikke tidligere været testet i storskala. Forsøget i Vejle Fjord er derfor et nyt fagligt territorie. I 2022, kort tid efter stenrevenes anlæg, blev der derfor anlagt test-transplantationer bag stenrevene og i kontrolområder. Transplantationerne blev understøttet af tilt-loggere, der måler strømhastigheder og bølgebevægelse. Det blev hurtigt klart, at stenrevene dæmper bølgeenergien og sedimentationsmønstrene omkring stenene, da der kunne observeres en ophobning af 6-31 cm sand på læsiden af revene. Ophobningen af sand på læsiden var dog også et problem for ålegræstransplantationer, som ikke tåler at blive begravet. Måleudstyret var påvirket af samme problematik, da tilt-loggerne delvist blev begravet, og derfor ikke evnede at måle noget meningsfyldt herefter (Fig. 5). Det er fortsat forventningen, at stenrevene har en positiv effekt på ålegræsset, men før nye test kan udføres, skal sedimentforholdene have stabiliseret sig. Dette er en læring vi tager med videre fra Sund Vejle Fjords første etape. Stenrevenes effekt som barriere forbliver derfor endnu uvist, for nu, men genbesøges i Sund Vejle Fjord 2.0.



Figur 5: Ophobning af sand på læsiden af det genoprettet stenrev ved Træskohage, A) ålegræstransplantation begravet af ålegræs, B) Tilt-logger delvist begravet af sand.

Fortsatte arbejde

Monitering af udviklingen på stenrevene fortsætter ind i Sund Vejle Fjord 2.0. Dyre- og tang-samfund udvikles fortsat, og den fortsatte monitering er essentiel for at kunne kortlægge udviklingshastigheden på de individuelle rev, og hvordan det endelige samfund på revene ser ud afhængigt af de lokale forhold. Sådan information mangler og kan understøtte, at fremtidige naturgenopretningsprojekter placerer stenrev, hvor naturgevinsten er størst. I Sund Vejle Fjord 2.0 fortsætter arbejdet med at anlægge flere stenrev, men denne gang suppleret med donationer af marksten og lignende fra en lokal stenbank. Her er målet at udnytte de mange sten, som hvert år alligevel fjernes fra marker og vejprojekter. Stenbanken har også til formål at invitere borgerne til at hjælpe aktivt med naturgenopretningen. Placeringen af de nye stenrevene er endnu ikke udvalgt, men vil bygge på erfaringer lavet fra første etape af Sund Vejle Fjord.

Timi L. Banke, , Postdoc, timi@Biology.sdu.dk
Benjamin Nielsen, Videnskabelig assistent, benjaminnielsen@biology.sdu.dk
Miguel Pardal, professor, University of Coimbra, department of Lifescience mpardal@uc.pt
Rune C. Steinfurth, adjunkt, SDU steinfurth@biology.sdu.dk
Paula Canal-Vergés, lektor, SDU canal@biology.sdu.dk
Klaus E. Balleby kleba@vejle.dk, Mads F. Christensen MAFCH@vejle.dk og Brit Dalby brdal@vejle.dk, Miljømedarbejdere i Vejle Kommune.
Mogens R. Flindt, Professor på SDU mrf@biology.sdu.dk

Referencer

/1/ Staehr PaU, Dahl K, Buur H, Goeke C, Sapkota R, Winding A, Panova M, Obst M, Sundberg P (2022) Environmental DNA Monitoring of Biodiversity Hotspots in Danish Marine Waters. Frontiers in Marine Science 8

/2/ Wilms TJG, Nordfoss PH, Baktoft H, Støttrup JG, Kruse BM, Svendsen JC (2021) Restoring marine ecosystems: Spatial reef configuration triggers taxon□ specific responses among early colonizers. The Journal of applied ecology 58:2936-2950

/3/ Helmig SA, Nielsen MM, Petersen JK. (2020) Andre presfaktorer end næringsstoffer og klimaforandringer - vurdering af omfanget af stenfiskeri i kystnære marine områder. DTU Aqua-rapport nr. 360-2020. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. 24 pp.

/4/ Dolmer P, Frandsen RP (2002) Evaluation of the Danish mussel fishery: suggestions for an ecosystem management approach. Helgoland Marine Research 56:13-20

/5/ Rehlmeyer K, Franken O, Van Der Heide T, Holthuijsen SJ, Meijer KJ, Olff H, Lengkeek W, Didderen K, Govers LL (2024) Reintroduction of self-facilitating feedbacks could advance subtidal eelgrass (Zostera marina) restoration in the Dutch Wadden Sea. Frontiers in Marine Science 11

Bestandsregulering af strandkrabbe ved målrettet fiskeri i Vejle Fjord

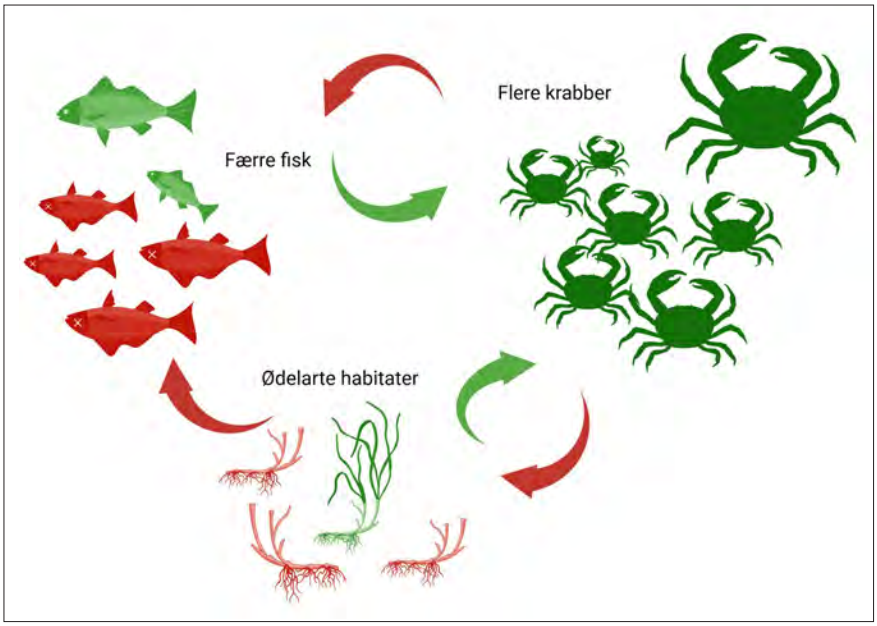
Strandkrabben findes i meget store tætheder i Vejle Fjord, hvor de ødelægger habitater og æder larver af rovfisk, hvilket påvirker fødekæderne. Hunner er mest talrige og mere mobile end hanner ved lave temperaturer ~11 °C (marts–juni), før reproduktionspeaken. Fiskeri efter hunner kan afhjælpe, men de store bestande gør det usandsynligt, at problemet løses alene ved fiskeri.

Paula Canal-Vergés, Anders Barnewitz, Timi L. Banke, Rune C. Steinfurth, Mia Gommesen & Miguel A. Pardal

Introduktion

Hvorfor betyder strandkrabben så meget? Den er ikke kun en gene for fiskere, men en reel udfordring for hele fjordens økosystem /1, 2/. Strandkrabber betragtes som mesopredatorer med en opportunistisk diæt. Det betyder, at de kan overleve på næsten hvad som helst, fra sedimentdetritus og alger til foretrukne marine proteiner såsom muslinger og andre muslingearter, juvenile fisk, marine orme osv. Når krabber leder efter føde, bearbejder de ofte sedimentet og den eksisterende vegetation, hvilket kan påvirke nøglehabitater som ålegræs /3/, idet man har observeret, at krabber flænser eller trækker ålegræsskud op. Ligeledes rapporterer lokale fiskere i Vejle Fjord, som det også er tilfældet i mange andre fjorde, at de få fisk, de fanger i deres net, er halvt ædt af krabber.

Denne indbyggede robusthed hos strandkrabber har gjort det muligt for bestanden at eksplodere i mange danske fjorde, især i Vejle Fjord. Samtidig er nøglefiskearter som torsk og skrubbe næsten forsvundet, og ålegræsenge er blevet beskadiget /4, 2/. Når store rovfisk forsvinder, trives mesopredatorer som krabber på grund af manglende prædation og konkurrence, hvilket yderligere forhindrer habitater og fiskebestande i at komme sig.



Figur 1: Konceptuelt diagram af mesopredator release.

Denne cyklus kaldes mesopredator release (Figur 1)

Årtier med overfiskeri af torsk og fladfisk har åbnet døren for denne mekanisme. Når store rovdyr forsvinder, står krabber uden naturlig kontrol. Oven i dette gør eutrofiering og habitat-tab fjorden mindre robust. Kort sagt: krabber trives, mens fisk og ålegræs kommer under pres /5/.

Spørgsmålet er om målrettede forvaltningstiltag vil kunne dæmpe presset fra strandkrabben?

Forskellige lande har testet forskellige metoder til at kontrollere krabbebestande:

- Gift → effektivt på kort sigt, men for risikabelt for andre arter.
- Parasitter → nogle kan sterilisere krabber, men de inficerer også andre hjemmehørende krabbearter.
- Massefangst → arbejdskrævende, men indtil videre den mest praktiske løsning.

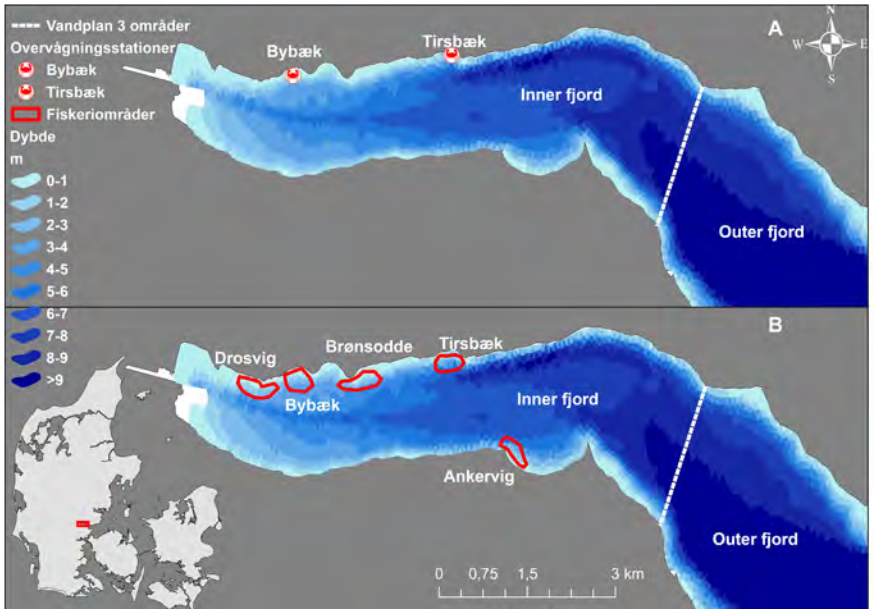
I Danmark har man de seneste årtier set en lignende problemstilling med søstjerner i Limfjorden. Søstjernes overpopulation skadede muslingebankerne. Løsningen kom da nyt fiskeriudstyr blev udviklet, og der opstod et marked for søstjernemel. Det, der engang var

en plage, blev til en ressource /6/.

En lignende mulighed findes for krabber. Danske virksomheder tester allerede krabbemel til dyrefoder. Hvis dette marked vokser, vil fiskerne have et incitament til at fange flere krabber, hvilket vil hjælpe med at reducere bestanden, samtidigt med at der skabes værdi.

Men før man kan regulere den danske strandkrabbebestand, er det nødvendigt at estimere bestanden og forstå dens cyklus, sæsonvariationer, adfærd osv.

I Vejle Fjord arbejdede vi sammen med lokale fritidsfiskere, som brugte standard åleruser til at fange krabber. Fra 2020 til 2022 blev fangsterne overvåget på to steder, Bybæk og Tirsbæk (Figur 2a). Vi målte krabbernes størrelse, vægt og køn og sammenlignede sæsonmønstre med vandtemperatur. Parallelt med denne proces fandt fiskeri efter *C. maenas* sted fem steder, hvorfra der i alt blev fanget mere end 30 tons krabber i undersøgelsesperioden (Figur 2b).



Figur 2 – Placering af Vejle Fjord (Danmark) samt overvågningsstationer og fiskeristationer i fjorden. Dybdeprofilen i Vejle Fjord vises som blå farvegradueringer.

Erfaringer fra undersøgelsen

For at kunne fange strandkrabber i et passivt redskab såsom ruser skal de være mobile. Derfor virker den anvendte metode kun på individer, der bevæger sig, leder efter føde osv. Hun-krabber er kendt for at være mindre mobile og bruger længere perioder på at gemme sig i vegetationen eller i sedimentet. Derfor kan denne undersøgelse ikke bruges til at estimere hele krabbebestanden i området, men giver ikke desto mindre et godt indtryk af dens størrelse. Da der samtidig blev drevet intensivt fiskeri i de samme områder (fem lokaliteter, Figur 2), var vores antagelse, at såfremt det første års fiskeri kunne påvirke den lokale krabbebestand væsentligt, så ville vi observere ændringer i fangstmønstret året efter.

De indsamlede prøver viste, at hun-krabber var langt mere talrige i ruser i det tidlige forår, når vandet var under 11 °C (Figur 3). Dette afspejler, at hunnerne begyndte at bevæge sig og spise tidligere på sæsonen sammenlignet med hannerne (Figur 3).

Fra de indsamlede prøver observerede vi kun ét klart reproduktions-peak for hunner (hunner med æg) i juni–juli. I mere tempererede regioner menes strandkrabber at have konstant reproduktion eller flere sæsonbestemte peaks.

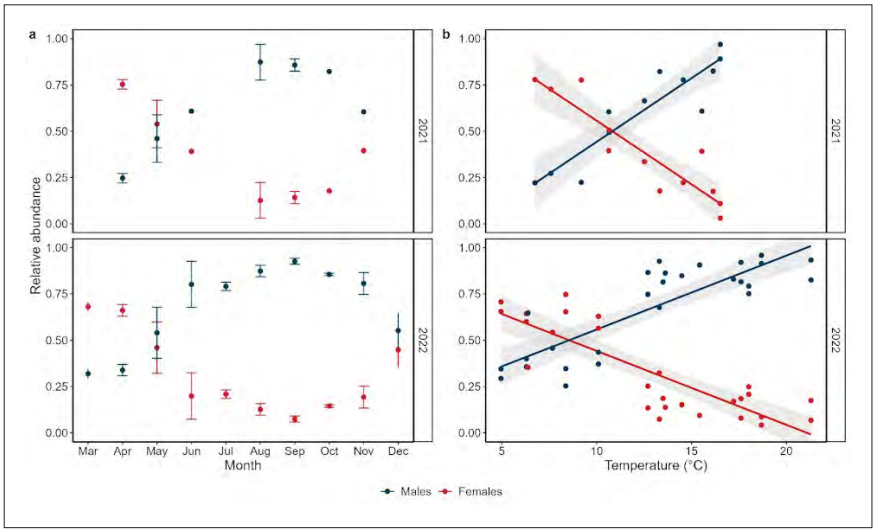
Resultaterne viste også, at de mobile krabber, der blev fanget i rusen, var større og mere aktive om sommeren, hvor den samlede biomasse fanget var højest (Figur 4 og 5). Størstedelen af denne biomasse bestod dog af hanner, som dominerede i disse måneder (Figur 4 og 5).

Endelig fastslog resultaterne, at fangsterne, på trods af det intensive fiskeri, forblev høje, hvilket viser, at fjordens krabbebestand er meget stor. Det andet år med fiskeri resulterede ikke i et lavere udbytte eller ændrede dynamikker, hvilket viser, at det første års fiskeri ikke havde nogen (eller kun meget lille) effekt på den lokale bestand. Det er også værd at nævne, at strandkrabber er kendt for at være mobile over store afstande, hvilket kan pege på, at et effektivt fiskeri til kontrol af *C. maenas*-bestanden skal foregå på samme tid i hele fjorden og i større skala.

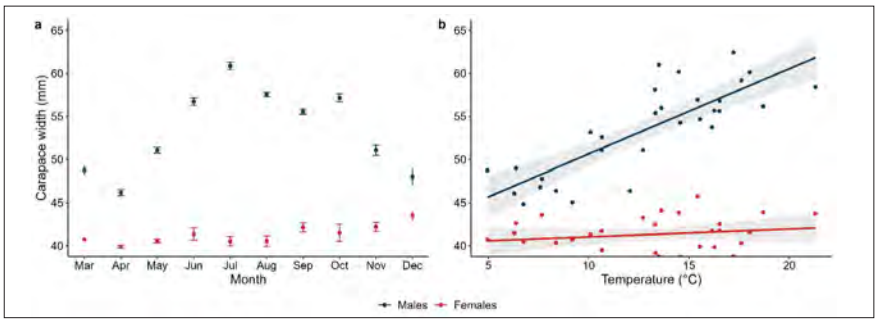
Sammenfatning

Vores resultater viser, at sommerfiskeri fjerner et stort antal af store krabber (større biomasse), men at tiltaget er mindre effektivt til at målrette fangsten af hunner før reproduktion. Fiskeri i foråret, resulterer i en samlet set lavere opfisket biomasse, men en større fangst af kønsmodne hunner, hvilket åbner et forvaltningsperspektiv i forhold til at kunne regulere strandkrabbens populationstilvækst.

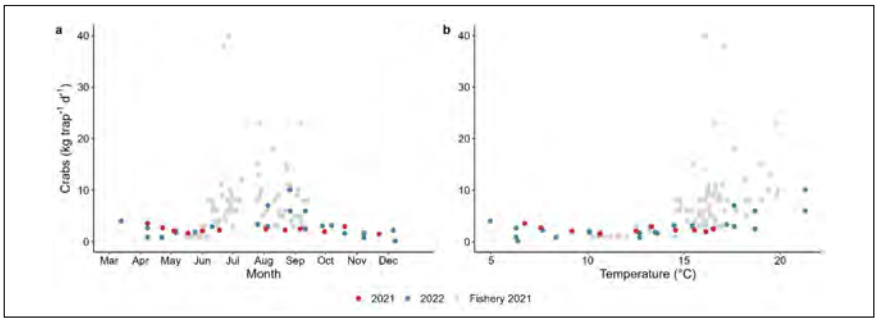
Den foreliggende undersøgelse bekræfter, at bestanden af *Carcinus maenas* (strandkrabbe) i Vejle Fjord var meget høj og modstandsdygtig over for det nuværende fiskeripres. På trods af intensivt fiskeri i 2020 og 2021 blev der ikke observeret nogen reduktion i bestanden, hvilket indikerer, at fiskeriindsatsen ikke var tilstrækkelig til at påvirke populationens størrelse. Arten synes at have én årlig reproduktionsperiode, med et tydeligt maksimum i juli, mens hunnerne er mest aktive og talrige fra marts til juni, især ved



Figur 3 – (a) Månedligt gennemsnit af relativ forekomst (± SE) af han- og hun-krabber (C. maenas). (b) Relativ forekomst af C. maenas som funktion af temperatur. Lineær regression med 95 % konfidensinterval vises. 2021: $p < 0.05$, $R^2 = 0.8251$. 2022: $p < 0.05$, $R^2 = 0.6989$.



Figur 4 – (a) Det månedlige gennemsnit af skjoldbredde (± SE) for hanlige og hunlige C. maenas, (b) Det gennemsnitlige (pr. prøve) skjoldbredde for hanlige og hunlige C. maenas som funktion af temperatur. Lineær regression er vist med 95 % konfidensinterval. Hanner: $p < 0.05$, $R^2 = 0.633$, Hunner: $p > 0.05$, $R^2 = 0.0049$.



Figur 5 – Den totale masse af krabber (C. maenas) fanget pr. bundgarn pr. dag fra strandkrabbefiskeri i 2021 og strandkrabbeovervågning 2021 og 2022 (a) i løbet af forskellige måneder og (b) ved forskellige vandtemperaturer gennem sæsonen.

vandtemperaturer under 11 °C. I denne koldere periode blev der fanget flere krabber pr. kilogram fangst, hvilket skyldes en højere andel af mindre hunner og unge hanner. Disse resultater peger på, at den mest effektive periode til at reducere bestanden er det tidlige forår, hvor målrettet fangst af præ-reproduktive hunner kan have direkte indflydelse på rekrutteringen.

Men bestandsregulering af strandkrabber ved fiskeri vil ikke kunne stå alene som et virkemiddel til at genoprette Vejle Fjorde. Habitatrestaurering (ålegræs, muslingebanker, rev) og beskyttelse af rovfisk er helt afgørende. Krabbefiskeri bør ses som et værktøj i en bredere plan for økosystemgenopretning.

Konklusioner

Baseret på vores resultater, bør forvaltningen af fiskeriet i Vejle Fjord fokusere på at øge antallet af ruser og fiskepladser i forårsperioden for at optimere fangsten af *C. maenas* hunner, samtidig med at bifangst minimeres. En funktionel udryddelse af *C. maenas* alene gennem fiskeri vurderes dog som urealistisk. En effektiv forvaltning vil kræve en kombination af målrettet krabbefjernelse, genopretning af nøglehabitater som ålegræs- og muslingebanker samt regulering af fiskeripres for at understøtte genopretningen af de naturlige rovfiskebestande.

Løsningen omfatter også en potentiel udvikling af specialiseret udstyr og bæredygtige markeder for *C. maenas*, inspireret af søstjernefiskeriet i Limfjorden. Her er et økologisk problem blevet omdannet til en økonomisk mulighed. Fremtidige studier bør fokusere på at kvantificere krabbebestanden, præcisere hunnernes reproduktive dynamik og vurdere de økologiske effekter af kombinerede tiltag med habitatgenopretning og målrettet fiskeri med henblik på at opnå en langsigtet økologisk balance i Vejle Fjord.

Fiskeri alene vil ikke løse fjordens problemer. For at genskabe en stabil økologisk balance, skal tre hovedindsatser arbejde sammen og understøtte hinanden:

1. **Målrettet krabbefiskeri – især i foråret, før hunnerne reproducerer.**
   I denne periode er hunnerne mest aktive, men endnu ikke begyndt at bære æg. Ved at fjerne dem tidligt i sæsonen, kan rekrutteringen af nye individer reduceres, da hver hun kan producere op til 200.000 æg. Samtidig mindskes krabbens pres på unge fisk, muslinger og ålegræs, hvilket kan fremme genopretningen af bundfaunaen.
2. **Habitatrestaurering – ålegræs, muslingebanker og stenrev skal genetableres.**
   Disse levesteder fungerer som opvækstområder og skjul for mange fisk og bunddyr, herunder rovfisk, der naturligt kontrollerer krabbebestanden. I Vejle Fjord er disse habitater dog i høj grad forsvundet som følge af næringsstofbelastning og dårlig sigtdybde. En reduktion af næringsstoftilførslen fra oplandet er derfor en forudsætning for, at restaureringen kan lykkes. Genopretning af disse strukturer vil øge biodiversiteten, stabilisere sedimentet og forbedre vandkvaliteten.
3. **Fiskebeskyttelse – uden rovfisk vil krabbebestanden fortsætte med at dominere.**
   Rovfisk som torsk, skrubbe og rødspætte udgør den naturlige reguleringsmekanisme i fjordens fødenet. Deres tilbagegang har skabt en ubalance, hvor strandkrabben har kunnet brede sig uhæmmet – et klassisk eksempel på mesopredator release. For at bryde denne cyklus, er det nødvendigt at beskytte og genopbygge rovfiskebestandene, så det naturlige økologiske kontrolniveau genskabes.

Krabbefiskeri er således et vigtigt redskab, men kun ét blandt flere. Uden en samlet indsats, der kombinerer målrettet fiskeri, habitatgenopretning, næringsstofreduktion og fiskebeskyttelse, risikerer Vejle Fjord at forblive fanget i en permanent krabbedomineret tilstand.

Paula Canal-Vergés, lektor canal@biology.sdu.dk, Anders Barnewitz, Videnskabelig assistent barnewitz@biology.sdu.dk, Timi L. Banke, Postdoc, timi@biology.sdu.dk, Rune C. Steinfurth, Adjunkt steinfurth@biology.sdu.dk, Mia Gommesen videnskabelig assistent Gommesen@biology.sdu.dk, , alle ansat på SDU
Miguel A. Pardal, Professor, Department of Life science, University of Coimbra, Portugal mpardal@uc.pt

Referencer

/1/ Eriksson, B. K., Hillebrand, H., & Jonsson, P. R. (2011). Offshore food web effects on coastal ecosystems. Ecology, 92(4), 947–956.
/2/ Young, M., & Elliott, J. M. (2020). Life history of green crabs (Carcinus maenas) in northern Europe. Marine Biology, 167(5), 62.
/3/ Christie, H., Norderhaug, K. M., & Fredriksen, S. (2020). Blue mussel decline in Scandinavia: Ecosystem impacts. Journal of Sea Research, 160, 101–112.
/4/ Frank, K. T., Petrie, B., Choi, J. S., & Leggett, W. C. (2005). Trophic cascades after cod collapse. Science, 308(5728), 1621–1623.
/5/ Støttrup, J. G., Sparholt, H., & Tomkiewicz, J. (2020). Danish coastal fish monitoring: Trends and implications. ICES Journal of Marine Science, 77(1), 123–136.
/6/ Baden, S. P., Boström, C., & Björk, M. (2012). Seagrass food web changes linked to overfishing. Marine Ecology Progress Series, 448, 155–167.

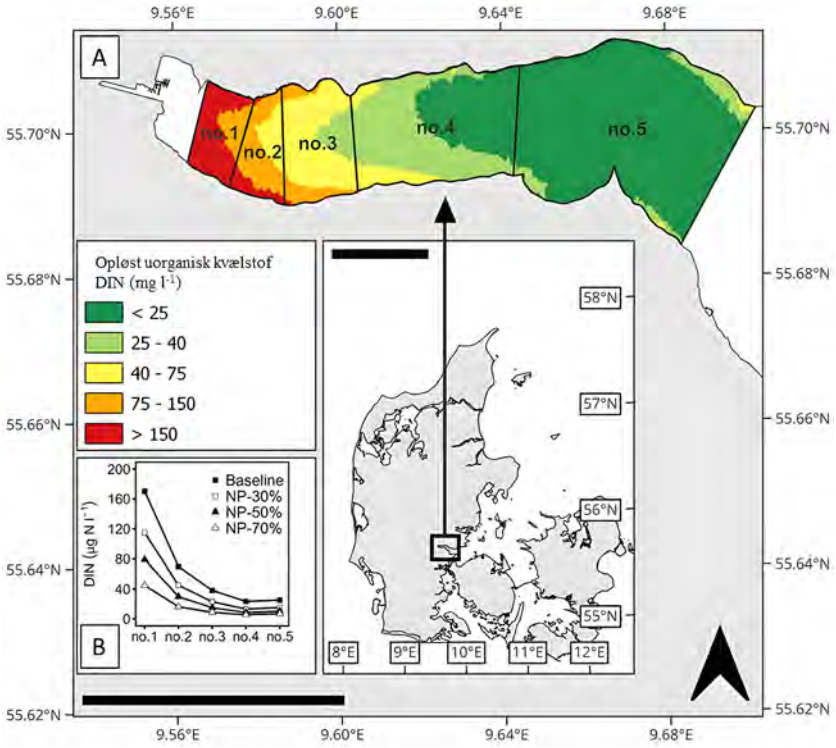
Et GIS-værktøj til målrettet naturgenopretning

Der er behov for GIS-værktøjer, der kan belyse belastningsgrader og potentialer for marin naturgenopretning. Analyser fra Vejle Fjord viser at vandkvaliteten forbedres markant ved moderate næringsstofreduktioner. Men inderfjordens mudderbund hindrer forankringskapacitet for retableringen af ålegræs. Der er brug for lavere næringsstoftilførsel og aktive virkemidler, hvis ålegræsset skal tilbage.

Mikkel Keller Lees, Kadri Kuusemäe, Anders C. Erichsen, Mogens R. Flindt & Paula Canal-Vergés

Introduktion

Gennem de sidste 60-70 år har især det intensive landbrug medført store udledninger af kvælstof (N) og fosfor (P), som ender i fjordene primært via hovedvandløbene. Denne udvikling har sat sig tydelige spor i økosystemerne /1/. I fjordene skabes der således en eutrofieringsgradient, hvor områderne tæt på vandløbene er hårdt belastede, mens områder ud mod åbent hav typisk er mindre belastede (Fig. 1). Denne variation betyder, at centrale indikatorer for eutrofe systemer ikke er jævnt fordelt, hvor delområder således kan have en bedre økologisk tilstand end andre. Danmark har gennem flere årtier arbejdet på at reducere næringsstoftilførslen. Men selvom tilførslerne er reduceret, har systemerne ikke reageret som forventet, og langt de fleste vandområder i Danmark fastholdes stadig i dårlig økologisk tilstand. Især den naturlige reetablering af ålegræs har været begrænset og de fleste steder, helt udeblevet. En væsentlig forklaring på ålegræssets manglende tilbagekomst er de mange presfaktorer, der fortsat præger fjordene. Flere danske studier har vist hvordan disse forhold hæmmer reetableringen, og hvordan tidligere levesteder for ålegræs i dag fremstår som "tabte habitater", der ikke kan gendannes uden aktiv indsats



Figur 1: Kortet viser Vejle Fjord med gennemsnitlig koncentration af opløst uorganisk kvælstof (DIN) i vækstsæsonen. På kortet (A) ses den aktuelle miljøtilstand (Baseline), hvor næringsstofkoncentrationen er højest i inderfjorden. (B) viser, hvordan koncentrationen aftager eksponentielt fra fjordens inderste del mod udløbet til Kattegat - både for Baseline scenariet og i tre forskellige reduktionsscenarier. På Danmarkskortet (A) svarer målestokken til 100 km, mens det regionale kort (B) af Vejle Fjord har en målestok på 4 km.

/5, 6/. For at forstå og håndtere disse komplekse forhold er der udviklet modeller, der kan simulere de vigtigste processer i relation til stofkredsløb, lysforhold, bundforhold og primærproduktion. Særligt MIKE-modellen fra DHI har været central i danske vandområdeplaner /3/. Når disse modeller kobles til geografiske informationssystemer (GIS), bliver

Tabel 1: Opgørelse af næringsstofbelastningen af total N og total P (TN og TP) til Vejle Fjord fra spildevand, dambrug og landbrug samt opgørelse af TN og TP i Mike modellen for år 2016 som stammer fra vandområdeplan 3 arbejdet.

Belastning fra landbrug og punktkilder					
System	**Kilde type**	**TN (ton)**	**TP (ton)**	**% af Mike TN**	**% af Mike TP**
Vejle Å	Landbrug[1]	413,0	16,3	73	52
	Renseanlæg	61,9	3,8	11	12
	Separatkloak[2]	19,2	3,8	3	12
	Overløb	5,7	0,9	1	3
	Dambrug	63,0	6,5	11	21
Hede Å	Landbrug[1]	27,2	0,7	91	67
	Renseanlæg	2,7	0,3	9	33
Spangs Å	Landbrug[1]	99,8	3,8	99	96
	Overløb	0,9	0,2	1	4
Rohden Å	Landbrug[1]	95,3	1,7	87	45
	Renseanlæg	10,6	1,8	10	47
	Dambrug	3,3	0,3	3	8
Vejle Fjord	Landbrug[1, 3]	757,8	26,4	82	60
	Spildevand	100,9	10,8	11	25
	Dambrug	66,3	6,8	7	15
Belastning i Mike model					
System	**Kilde type**	**TN (ton)**	**TP (ton)**		
Hede Å	Mike model	29,9	1,1		
NN[4]		23,6	0,8		
Rohden Å		109,3	3,9		
Rosenvold Å		67,4	2,3		
Sel. skovbæk		22,7	0,8		
Spangs Å		100,7	4,0		
Tirsbæk		8,5	0,3		
Vejle Å		562,7	31,2		
	Sum	**925**	**44**		

[1] Belastning fra landbruget er inkl. naturbidrag.
[2] Regnvand fra tage og veje, med eller uden regnvandsbassiner.
[3] Her vises det samlede bidrag fra landbruget til Vejle Fjord fra samtlige kilder i modellen.
[4] NN er en drænkanal i yderfjorden uden navn. Betegnelsen (NN = No Name) stammer fra Mike modellen.

det muligt at lave arealbaserede analyser, der bl.a. kan vise, hvor betingelserne for ålegræs er til stede, og hvor forskellige presfaktorer sætter begrænsningerne /3/.

Vejle Fjord som case

Vejle Fjord er et godt eksempel på de udfordringer danske fjorde står overfor. Vejle Å er den største kilde til næringsstoffer og bidrager til en høj belastning i inderfjorden. I Projekt Sund Vejle Fjord udførtes en kildeopsplitning for at give øget synlighed for hovedkilderne (Tabel 1). I alt tilføres Vejle Fjord årligt omkring 925 ton kvælstof (TN) og 44 ton fosfor (TP) (Vandområdeplan, 2016). Hovedparten – 82 % af kvælstoffet og 60 % af fosforen – stammer fra landbrug og naturbidrag. Hertil kommer spildevand (11 % af TN og 25 % af TP), hvor især fosfor fra separatkloakering udgør et væsentligt bidrag, samt dambrug (7 % af TN og 15 % af TP). Næsten alle dambrug i oplandet er placeret i Vejle Å-systemet, hvilket betyder at belastningen herfra koncentreres i fjordens inderste del. Bidragene fra dambrug og spildevand ligger i samme størrelsesorden, hvilket viser at punktkilderne samlet set stadig spiller en rolle for fosfor. Dog ligger det stadig langt fra landbrugsbidraget. Disse tal viser tydeligt, at landbruget fortsat er den primære kilde, men også at det er vigtigt at forstå lokale forhold og kildefordeling, når man skal vurdere mulighederne for at opnå en bedre økologisk tilstand i fjorden med målrettede indsatser.

Hvorfor lokale analyser er nødvendige?

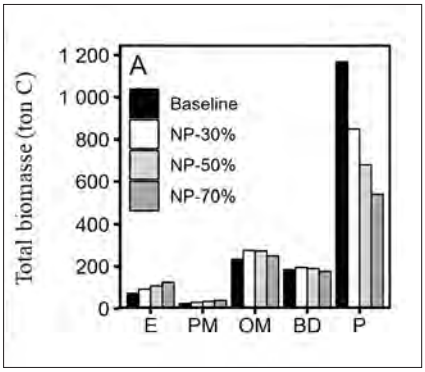
Nationale reduktionsmål og overordnede vandplaner er vigtige i genopretningen af vandområder, men de siger ikke meget om de konkrete forhold i den enkelte fjord eller i de enkelte delområder af en fjord. Som eksemplet fra Vejle Fjord viser, kan der være stor forskel på, hvor belastningen kommer fra, og hvor hårdt forskellige delområder er påvirkede. Derfor er der behov for værktøjer, der kan analysere de lokale variationer og vise, hvor der er størst potentiale for forbedringer. GIS-baserede analyser kombineret med biogeokemiske modeller kan netop dette: De kan vise, hvor stressfaktorer sætter grænser for genopretning af god økologisk tilstand, og hvor bl.a. en næringsstofreduktion vil give den største effekt.

Et værktøj til fremtidens forvaltning

Her præsenteres et GIS-baseret værktøj, der benytter resultater fra en matematisk miljømodel til arealbaserede analyser af genopretningspotentiale, primærproduktion, næringsstofdynamik og presfaktorer. Værktøjet kan bruges til at identificere områder med potentiale for naturlig eller assisteret genopretning af ålegræs, kvantificere de økosystemtjenester der kan genvindes og afsøge ændringer i primærproduktionen ved forskellige modelscenarier. Ved at oversætte modelresultater til lokale forhold, giver værktøjet nye muligheder for at zoome ind på delområder og optimere tiltag med henblik på at opnå god økologisk tilstand.

Næringsstofgradienten

Modelresultaterne viste en markant næringsstofgradient i Vejle Fjord. I inderfjorden simuleredes opløst uorganisk kvælstof (DIN) i vækstsæsonen til omkring 200 µg N/l, eksponentielt faldene ud gennem fjorden til under



Figur 2: Budget der viser biomassefordelingen af de fem vigtigste primærproducenter beskrevet i modellen; ålegræs (E), flerårige makroalger (PM), opportunistiske makroalger (OM), bentiske kiselalger (BD og planteplankton (P).

25 µg N/l ved ydergrænsen mod Kattegat. Dette mønster er velkendt fra andre fjorde, hvor punktkilder og afstrømning skaber høje koncentrationer tæt ved udløb, hvorefter vandudskiftning, og fortynding gradvist reducerer niveauet. Reduktionsscenarierne (30 %, 50 % og 70 %) viser dog tydeligt, at selv moderate reduktioner kan ændre gradienten markant. Allerede ved 30 % reduktion ses et tydeligt fald i DIN i inderfjorden, mens 70 % reduktion giver et markant løft i vandkvaliteten over hele fjorden (Fig. 1). Det understreger, at de største gevinster ofte opnås ved reduktion tæt på kilderne, og at lokale tiltag kan have stor effekt i de mest belastede områder.

Fra pelagisk til bentisk produktion

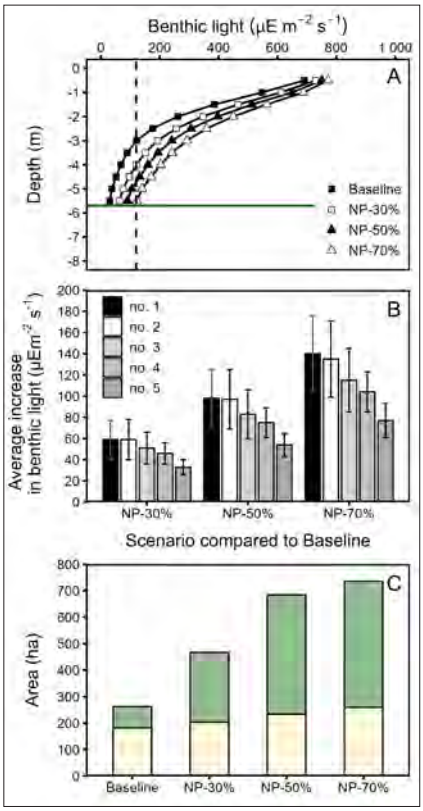
I Baselinescenariet, som viser den aktuelle miljøtilstand, domineres Vejle Fjord af opportunistiske primærproducenter (Fig. 2). Planktonalger, opportunistiske makroalger og bentiske kiselalger udgør tilsammen omkring 94 % af biomassen. De er tilpasset de næringsrige forhold og kan vokse hurtigt, når kvælstof og fosfor er rigeligt tilgængeligt. Til gengæld er andelen af flerårige bundplanter som ålegræs og flerårige makroalger lav - omkring 6 %. Når næringsstoftilførslen reduceres, ændres billedet. Ved 70 % reduktion af N og P vokser andelen af de flerårige primærproducenter markant. Det afspejler, at disse arter trives under lavere næringsstofniveauer, hvorimod de opportunistiske arter mister deres konkurrencefordel. Denne forskydning fra pelagisk til bentisk produktion er en vigtig indikator på et økosystem i god tilstand. En øget bentisk produktion betyder bl.a. mere lys til bunden og langsommere omsætning af næringsstoffer som resultatet af en øget lagring i flerårig biomasse. Udviklingen ses tydeligt i modelresultaterne, hvor planktonproduktionen falder betydeligt ved 30% reduktion. Samtidig stiger den bentiske produktion. Ved 70 % reduktion er forholdet mellem pelagisk og bentisk produktion ændret radikalt. Dette skaber bedre vækstbetingelser for særligt den rodfæstede vegetation (Fig. 2).

Miljøparametre og ålegræssets udfordringer

Modellen viser, at nogle miljøparametre bedres ved næringsstofreduktion, mens andre stort set er upåvirkede. Lysforholdene ved bunden bliver markant bedre (Fig. 3), og den opportunistiske primærproduktion falder (Fig. 2). De fysiske parametre så som sedimentets organiske indhold (LOI) og resuspension ændres ikke nævneværdigt. Lysforholdene reagerer hurtigt, når planktonproduktionen reduceres, mens sedimenternes tilstand er resultatet af årtiers ophobning af organisk materiale /6/. Organisk materiale nedbrydes langsomt og forankringsforholdene er fortsat uændrede /5/. De store arealer af mudderbund fastholder vandområderne i et dårligt restaureringspotentiale, selvom lysforholdene er væsentligt forbedrede og som udgangspunkt understøtter naturgenopretning. Resultaterne peger altså på, at ålegræs kun i begrænset omfang kan reetableres naturligt ved næringsstofreduktioner alene. Selvom lysforholdene forbedres, er sedimenterne mange steder stadig for mudrede, ustabile og næringsrige til at understøtte ålegræsvækst.

Som tillæg til de forarmede miljøforhold er også den meget beskedne eksisterende (initiale) biomasse af ålegræs med til at forringe reetableringen. Ved meget lille biomasse sker væksten, frøspredningen og derved udbredelsen af ålegræs langsomt. Den lave initiale biomasse bliver således begrænsende for ålegræssets naturlige reetableringsevne. Dette er en væsentlig forklaring på, hvorfor modellens resultater viser en relativt beskeden stigning i ålegræsbiomassen - selv ved 70 % reduktion.

Selvom responsen i biomasse er beskeden, er der tydelige forbedringer i de områder, hvor ålegræs allerede findes, og hvor der således er en biomasse at vokse ud fra. Lysforholdene forbedres, og når vi udelukkende betragter lysforholdene, ser vi, at tærskelværdien for positiv ålegræsvækst flyttes mod dybere områder. I Baselinescenariet simuleres tærskelværdien til omkring 3 meter, mens den, ved 70 %-scenariet, når ned på næsten 6 meter - tæt på den dybdegrænse som er fastlagt i vandrammedirektivet (Fig. 3). Det betyder, at en stor del af fjorden i princippet bliver egnet til reetablering (Fig. 3). Men inddrager man sedimenternes beskaffenhed, så ændrer billedet sig. De fleste af de nye potentielle områder ligger på mudderbund, der ikke naturligt kan understøtte ålegræs (Fig. 3). Her vil reetablering af ålegræs være yderst vanskelig uden hjælp. Det forklarer, hvorfor den simulerede biomasse ikke stiger svarende til vores forventning efter kraftige næringsstofreduktioner. I praksis betyder det, at ålegræsset primært magter at udbrede sig i de områder, hvor det allerede findes i dag. For genetablering i de "tabte habitater" kræves aktive tiltag som transplantation eller forbedring af bundforholdene. Her spiller også tidshorisonten en afgørende rolle, da studier af sedimentomsæt-



Figur 3: (A) viser en lodret profil lys ved bunden i delområde 1 hvor Baseline- samt alle reduktionsscenarier er inkluderet. Den stiplede linje markerer tærskelværdien for det lys, der kræves for positiv vækst af ålegræs, mens den grønne linje viser ålegræssets dybdegrænse, som den er defineret som mål for at opnå god økologisk tilstand (GES) i henhold til den danske implementering af vandrammedirektivet. (B) viser den dybdegennemsnitlige stigning i bundnært lys for alle delområder (langs eutrofieringsgradienten) og for alle scenarier ± standardafvigelse. (C) viser arealet, der opfylder tærskelværdierne for lys ved bunden (grønne søjler) samt for både lys ved bunden og sedimentets organiske indhold (LOI) (gule søjler) i alle scenarier. Tærskelværdierne angiver de betingelser, hvor ålegræs potentielt kan genetableres. Kun de lavvandede produktive områder fra 0 til 5,7 meters dybde (dybdegrænsen for GES) er inkluderet i analysen.

ning i eutrofe systemer viser, at naturlig forbedring af bundforholdene tager meget lang tid /6/. Med en relativt kort modelsimuleringsperiode på 10 år var det derfor ikke realistisk at forvente væsentlige forbedringer uden aktive indgreb.

Perspektiver

Modelstudiet i Vejle Fjord viser tydeligt, at reduktioner i kvælstof og fosfor er en nødvendig forudsætning for at forbedre forholdene. Men resultaterne peger også på, at reduktioner alene ikke er nok. De forarmede bundforhold og en meget lang tidshorisont sætter en ny lavere grænse for, hvor meget fjorden kan reetableres naturligt. Derfor er der brug for supplerende virkemidler. Et oplagt eksempel er sand-capping /4/ som reducerer resuspension, forbedrer forankringskapaciteten og lysforholdene for rodfæstet vegetation /2/. Et andet aktuelt virkemiddel er assisteret genopretning af ålegræs ved direkte udplantninger i nøje udvalgte områder. Pointen er, at næringsstofreduktion er grundlaget for en succesfuld naturgenopretning - men at man i stærkt belastede fjorde også må kombinere med fysiske tiltag for at overvinde de barrierer, der er opstået efter årtiers eutrofiering.

Forvaltningsmæssig relevans

GIS-værktøjet er her blevet eksemplificeret ved en række reduktionsscenarier, hvor der primært har været fokus på ændringen i primærproduktion og de afledte miljøforhold, som påvirker reetableringen af ålegræs. Dette udelukker dog ikke, at andre relevante modelscenarier kan afvikles. En vigtig pointe i dette studie er, at GIS-værktøjet kan oversætte modelresultater til data-lag, der er brugbare i forvaltningen.

Traditionelt vurderes økologisk tilstand på hele vandoplande med et enkelt sæt af indikatorer og ved brug af "one-out-all-out"-princippet. Det betyder, at selvom der sker forbedringer lokalt, kan det være svært at dokumentere fremskridt, hvis hele fjorden stadig klassificeres som "dårlig". Med GIS-tilgangen kan man med høj rumlig og tidslig opløsning zoome ind og afsøge, hvor forbedringerne sker, og hvor udfordringerne fortsat ligger. Det er afgørende for de kystvandråd og kommuner, der i praksis skal planlægge indsatsen. Når lokale aktører kan se, at en indsats giver resultater i deres område, øges motivationen for at gennemføre yderligere tiltag. Samtidig gør værktøjet det muligt at sætte tal på, hvor effektivt forskellige tiltag er. Dette giver en gennemsigtighed, der er vigtig i politiske forhandlinger, hvor ressourcerne skal prioriteres.

Mikkel Keller Lees, PhD-studerende, SDU lees@biology.sdu.dk,
Kadri Kuusemäe, Ecological modeller, DHI Kadr@dhigroup.com
Anders C. Erichsen, Director of Environmental Science, DHI aer@dhigroup.com
Mogens R. Flindt, Professor, SDU mrf@biology.sdu.dk
Paula Canal-Vergés, Lektor, SDU canal@biology.sdu.dk

Referencer

/1/ Flindt M.R., Steinfurth R.C., Banke T.L., Lees M.K., Svane N., Canal-Vergés P. 2024. Human impacts, environmental disturbances, and restoration of seagrasses. In: Baird D, Elliott M, editors. Treatise on estuarine and coastal science (second edition). Oxford: Elsevier.

/2/ Flindt M.R., Oncken N.S., Kuusemäe K., Lange T., Aaskoven N., Winter S., Sousa A.I., Rasmussen E.K., Canal-Verges P., Connolly R.M. et al. 2022. Sand-capping stabilizes muddy sediment and improves benthic light conditions in eutrophic estuaries: Laboratory verification and the potential for recovery of eelgrass (zostera marina). Journal of Sea Research.

/3/ Erichsen A.C., Timmermann K., Christensen J.P.A., Kaas H., Markager S., Møhlenberg F. 2017. Developement of models to support the danish river basin management plans. Aarhus University, Department of Bioscience and DHI.

/4/ Oncken N.S., Lange T., Kristensen E., Quintana C.O., Steinfurth R.C., Flindt M.R. 2022. Sand-capping – a large-scale approach to restore organic-enriched estuarine sediments. Marine Environmental Research.

/5/ Valdemarsen T., Organo Quintana C., Flindt M., Kristensen E. 2015. Organic n and p in eutrophic fjord sediments - rates of mineralization and consequences for internal nutrient loading. Biogeosciences.

/6/ Valdemarsen T., Organo Quintana C., Kristensen E., Flindt M. 2014. Recovery of organic-enriched sediments through microbial degradation: Implications for eutrophic estuaries. Marine Ecology Progress Series.



EU og plastik i havet

• 80% af affald i havet er plastik

Ifølge UNEP udgør plast omtrent 80% af det marine affald. Efterhånden som mængden af plastaffald fortsætter med at stige, står affaldshåndteringssystemerne over for øget pres. Mens det meste plastaffald enten genanvendes, forbrændes eller bortskaffes korrekt, bliver noget affald håndteret forkert og ender i vores have. Engangsplast er en væsentlig kilde til dette.

• Plastikkapsler er blandt de 10 mest almindelige engangs-plastik på strande.

Kapsler og låg findes 2-3 gange oftere end flasker i naturen, hvilket indikerer, at folk har en tendens til at genbruge flasker uden deres låg. De er blandt de 10 mest almindelige engangs-plastikgenstande, der findes på europæiske strande, sammen med genstande som sugerør og rørepinde, balloner og pinde til balloner, madbeholdere, drikkebægre, cigaretskod eller plastikposer.

Fastgøres låget på flasken, øges chancen for, at den bliver genbrugt sammen med flasken, hvilket reducerer plastikforureningen og forhindrer, at kapsler sluges af dyr, til skade for deres sundhed. Siden juli 2024 skal drikkebeholdere i EU have fastgjorte låg og propper.

• En plastflaske lever mere end 6 gange længere end dig.

Plastflasker tager meget lang tid at nedbrydes, fra 450 til 1000 år på lossepladser. Selv da forsvinder de ikke fuldstændigt – de nedbrydes til mindre og mindre stykker og bliver til sidst til mikroplastik. Dette er en stor miljømæssig bekymring, da det bidrager til plastforurening på lossepladser og i oceanerne.

Derfor indførte EU direktivet om engangsplast SUPD (Single Use Plastic Directive), som inkluderer et mål om 77% særskilt indsamling af plastflasker inden 2025 (stigende til 90% inden 2029). Derudover skal PET-drikkevareflasker indeholde 25% genbrugsplast fra 2025. Dette tal vil stige til 30% og vil gælde for alle plastdrikkeflasker fra 2030. Der er også forbud mod visse produkter, hvor bæredygtige alternativer let er tilgængelige og overkommelige.

• 40 % mindre engangsplastik på EU's kyster

På EU's kystlinjer er engangsplastik reduceret med 40 % mellem 2015 og 2021. Fiskerirelateret plastik faldt med 20 % og plastikposer blev reduceret med 20 %. Dette er resultatet af multilaterale, nationale, regionale og borgerinitierede indsatser, som skylder Rammedirektivet for Havstrategi.

Mens den største procentvise reduktion ses i Østersøen (45 %), har store indsatser i Middelhavet og Sortehavet ført til store reduktioner i det absolutte antal affaldsgenstande på strandene.

Kilde: EU hjemmeside *CH*

VIDSTE DU AT…

Laksesmolt som indtager rester af angstdæmpende medicin bliver modigere. Det bevirker, at de hurtigere foretager rejsen fra vandløbet til havet. Desværre resulterer det også i at de udsætter sig for større risiko for at blive spist af rovfisk på vejen.

Kilde: Havsutsikt. Om havsmiljön ock svensk havsforskning, nr. 1, 2025 *CH*

Undersøgelse af europæiske floder viser forskelle i kemikalienedbrydning

Forskere har testet biologisk nedbrydning af 97 kemiske forbindelser i 18 sektioner af floder i fem europæiske lande og har fundet, at alle undtagen to forbindelser viser betydelig variation mellem stederne.

EUs REACH-forordning (Registrering, Evaluering, Godkendelse og Begrænsning af Kemikalier) kræver, at producenter og importører af kemikalier over en vis mængde registrerer deres kemikalier. Som en del af dette skal de måle biologisk nedbrydning, som er en af de største kilder til usikkerhed i vurderingen af kemisk eksponering. Dette er nødvendigt for at bestemme stoffets miljøpåvirkning og om det skal betragtes som persistent.

De nye fund om variationen i nedbrydningshastighederne udfordrer brugen af dette mål til at vurdere kemisk persistens, hvilket antyder, at tests måske skal gentages på flere steder for at opnå en præcis indikation af biogradabilitet.

Undersøgelse havde til formål at vurdere graden af rumlig variation i nedbrydningsrater i europæiske floder. En høj grad af variation i biologisk nedbrydning påvirker, hvor repræsentative målingerne er, og hvor præcist man kan ekstrapolere målinger til større skalavurderinger af kemisk persistens.

Forskere gennemførte tests af biogradering på 97 forbindelser i 18 flodsegmenter i fem lande: Spanien, Grækenland, Tyskland, Sverige og Schweiz. Ferskvand betragtes som en prioritet i REACH for vurdering af kemisk modstandsdygtighed.

Der blev udført tests på overfladevand og sediment af en række forbindelser fra flere klasser af kemikalier, såsom agrokemikalier, lægemidler, kosmetik, fødevaretilsætningsstoffer og industrielle kemikalier. Undersøgelsen vurderede også indflydelsen af miljøfaktorer på biodegradering ved at måle temperatur, vandets pH, opløst ilt, total organisk carbon, partikelstørrelse og elektrisk ledningsevne.

Resultaterne viste, at 95 ud af de 97 forbindelser blev nedbrudt biologisk i mindst ét flodsegment, mens nedbrydningshastighederne for de to resterende forbindelser ikke var signifikant forskellige fra nul i alle flodsegmenter. De forbindelser, der ikke var biologisk nedbrudt signifikant, var C12 Isethionate (anvendt i shampoo, brusegeler og flydende sæber) og hydrochlorothiazid (et diuretisk lægemiddel).

Der er ingen klar og direkte forbindelse mellem de undersøgte geografiske og miljømæssige egenskaber og nedbrydningshastigheder.

For bedre at forstå eventuelle mønstre i biodegraderingsraterne for grupper af kemikalier, klassificerede studiet forbindelserne efter om biodegraderingen var hurtigere eller langsommere end den gennemsnitlige hastighed på tværs af alle forbindelser. Mange af dem, der blev klassificeret som 'hurtige', såsom bezafibrat og valsartan, havde relativt lav rumlig variabilitet, mens de, der blev klassificeret som langsomt biologisk nedbrydelige forbindelser, havde tendens til at have stor rumlig variabilitet.

Selv om den rumlige variation var betydelig, bemærker forskerne, at den muligvis ikke betragtes som høj for visse anvendelser såsom modellering af eksponering for kemikalier (hvor der er sammenlignelig usikkerhed i andre parametre) Imidlertid kunne den observerede rumlige variation i andre anvendelser, såsom sammenligning af testresultater med reguleringsgrænser, præsentere alvorlige udfordringer og ville kræve tests fra flere og forskellige steder for at begrænse usikkerheden til et tilfredsstillende niveau.

Da forbindelser, der biogradere hurtigt, normalt har lav rumlig variabilitet, kan disse kemikalier testes på ét sted, mens dem der biogradere langsomt (og er tættere på at være defineret som persistente), bør testes på flere steder.

Kilde:

Tian, R., Posselt, M., Fenner, K. and McLachlan, M.S. (2024) Variability of Biodegradation Rates of Commercial Chemicals in Rivers in Different Regions of Europe. Environmental Science & Technology 2024 58 (45), 20201-20210. DOI: 10.1021/acs.est.4c07410

"Science for Environment Policy": European Commission DG Environment News Alert Service. *CH*



Online-guide til mere biodiversitet i ådale

Naturen i ådalene rummer ligesom kysterne i Danmark oftest store sammenhængende naturområder med stort potentiale for at genoprette mere selvforvaltende natur. Samspillet mellem vandløbet og den våde natur i ådalen er vigtigt for genopretningen.

DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi har lavet en guide til genopretning af natur i ådale med biodiversitet som hovedmål. Guiden omhandler processen i et genopretningsprojekt fra de indledende overvejelser, prioritering af indsatser, kortlægning af tilstand, driftshistorie og hydrologi, genopretning og opfølgende forvaltning. Besøg guiden på **https://ecos.au.dk/aadale.**

AARHUS
UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



INSTITUT FOR AGROØKOLOGI
AARHUS UNIVERSITET

BLIV EN DEL AF DEN GRØNNE OMSTILLING

Hos Institut for Agroøkologi er vi på en mission for at gøre verden mere grøn. Vi forsker i alt fra jord og planter til dyr og mennesker for at fremme den grønne omstilling i Danmark, Europa og globalt. Vores arbejde spænder fra grundlæggende forskning til praktiske løsninger.

Vi vokser og har spændende jobmuligheder indenfor forskning i grøn omstilling af landbruget. Med topmoderne faciliteter og et stærkt netværk af forskere, både nationalt og internationalt, er vi et team på omkring 320 dedikerede medarbejdere, der arbejder sammen for at gøre en forskel. Er du klar til at skabe en grønnere fremtid?

SE VORES LEDIGE STILLINGER HER

POST B
PP DANMARK

Afsender:
Forlaget Nepper & Stagehøj
Nøjsomhedsvej 19, st. tv.
2100 København Ø

Støtte til Vand & Jord via abonnement eller sponsorat

Vand & Jord har en lang tradition for formidling af forskningsresultater og anvendt praksis indenfor vand, miljø, klima og natur. Vi er dermed det eneste danske naturvidenskabelige tidsskrift, der kombinerer den direkte formidling af forskningsresultater og anvendt praksis fra rådgivning og forvaltning.

Vand & Jord finder den naturvidenskabelige formidling særdeles vigtig og med en gratis elektronisk udgave, når vi ud til en langt større målgruppe, der udover den nuværende læsergruppe også omfatter danske gymnasieelever og universitetsstuderende. Vi opfordrer Vand & Jords læsere, der ønsker at modtage den gratis elektroniske version til at tilmelde sig nyhedsbrevet på Vand & Jords hjemmeside http://vandogjord.dk

Udgivelsen af Vand & Jord kræver ressourcer til opsætning af bladet samt til trykning og omdeling. Finansieringen sker dels via abonnementsindtægter samt sponsorater. En stor tak til de danske universiteter, virksomheder og fonde, der støtter udgivelsen af Vand & Jord via et sponsorat, samt en tak til vores trofaste abonnenter. Tidsskriftet er endnu ikke fuldt finansieret via sponsorater, og vi har derfor stadig brug for abonnementsindtægter. Vi søger derfor fortsat universiteter, virksomheder og fonde, der vil bidrage til at sikre den brede danske naturvidenskabelige formidling via et sponsorat.

Vi tilbyder to typer af sponsorater:

(1) Sponsorat på årligt kr. 25.000 + moms. Sponsorater giver mulighed for én helsidesannonce i hvert nummer samt omtale med logo sammen med øvrige sponsorer, der støtter udgivelsen af bladet.

(2) Sponsorat på årligt kr. 15.000 + moms. Sponsoratet giver omtale med logo sammen med øvrige sponsorer, der støtter udgivelsen af bladet.

Henvendelse vedr. sponsorat til Charlotte Kjærgaard på mail: ck@novadrain.com

For private og organisationer, der ikke har mulighed for at støtte via sponsorat, vil det fortsat være muligt at støtte udgivelsen af Vand & Jord via en abonnementsaftale, se mere på http://vandogjord.dk