

Et hav af muligheder



Det åbne hav modvirker klimaforandringer • De blå skove er en super klimabuffer • Fiskebørnehaver giver biodiversiteten en hånd • Stort potentiale i blå biomasse er uforløst

BIO

De blå muligheder og udfordringer

'De gemte og glemte skove' – med den beskrivelse sætter marinbiolog Dorte Krause-Jensen og hendes medforfattere så fint ord på, hvordan vi overser skovene af ålegræs i vores havområder. Og det er nok ikke bare havets skove, men i det hele taget livet under havoverfladen, vi længe har prioriteret lavt.

Momentum⁺ sætter denne gang fokus på det blå – fjorde og hav. Mere præcist vil vi komme rundt om aktuelle problematikker, der vedrører klima, biodiversitet og produktion i havet omkring Danmark.

Katherine Richardson pointerer, at havet har optaget ca. en tredjedel af den CO₂, vi har udledt siden den industrielle revolution – og således hjulpet os med at mindske den klimaskadelige effekt af vores udledninger. Men 'havet har åndenød', som Stiig Markager udtrykker det inde i temamagasinet. Her skriver han, at årsagen findes på land, hvor en intensiv udnyttelse af landskabet har udledt store mængder næringsstoffer i årtier.

Mogens Flindt supplerer med konkrete tal:

I Odense Fjord dækkede ålegræsset år 1900 omkring 60 pct. af fjordbunden. I dag er det tal mindre end 2 pct. Derfor har havets skove – hvis vi forstår at genskabe dem – et klima-

mæssigt potentiale, eftersom ålegræsenge kan akkumulere kulstof hurtigere end et tilsvarende areal af landjordens skove.

For kort at vende tilbage til Dorte Krause-Jensen og hendes medforfattere, fremhæver de, at ålegræssets potentielle udbredelse i Danmark er ca. 2.200 km², og at dette areal med ålegræs ville kunne lagre kulstof i den øvre meter svarende til mere end to års årlige, danske CO₂-emissioner i 2020 tal.

Det store potentiale er bemærkelsesværdigt, og med en aktiv, menneskelig indsats kan dette tal forhøjes betydeligt. Det kræver dog, at nogen råber op. Her vil jeg som medlem af BIO-udvalget gøre mit til, at forskerne får ørenlyd og muligheder for at fremlægge og drøfte deres forskning i så bred en kontekst som muligt. Det gør os alle klogere og kan bidrage med løsninger på nogle af de udfordringer, vi har (BIO-udvalget varetager den politiske ledelse af DM BIO).

I den sammenhæng skal mulighederne ved 'den blå biomasse' også fremhæves. Potentialet for fx dyrkning af tang i danske farvande er meget stort: Op

til 1 mio. ton pr. år, hvis der dyrkes på omkring samlet 1 pct. af den danske økonomiske zone. I dag dyrkes der tang på 0,1 pct. af havarealet, men der er ingen national strategi for udvikling af blå biomasse. Dermed mangler der koordinering af alt fra forskning og udvikling til reservation af produktionsområder i havplanerne.

Vi ved også, at mange fiskebestande i danske farvande har det skidt. I Kattegat blev der i 2019 fanget 64 ton torsk. Det er 0,4 pct. af det, man fangede engang, skriver Stiig Markager. Igen kan vi gøre noget: I 2016 undersøgte forskere fra DTU Aqua forekomsten af torsk på Bredgrund ved Sønderborg. Året efter udlagde man kunstige stenrev på områdets havbund, og da forskerne kom tilbage i 2018, registrerede de over 100 gange så mange torsk netop der.

Også fiskeriet kan der gøres noget ved. Nye metoder kan transformere trawlfiskeri fra en blind operation til et præcisionsfiskeri. En sådan teknologioptimering kan bl.a. reducere bifangst. Fiskeriaktiviteten i nogle fiskerier vil kunne reduceres med ca. 30 pct., beskriver Ludvig Ahm Krag i Momentum⁺.

Endelig vil jeg nævne 'lavtrofisk akvakultur', der kan defineres som opdræt af organismer, der ikke kræver fodring. Det kan være muslinger, tang mv. Men ifølge professor Jens Kjærulf Petersen er det afgørende, at produktionen af de klima- og miljøvenlige fødevarer betyder netto fjernelse af organisk materiale og næringsstoffer, giver et lavt eller negativt klimaaftryk samt højere biodiversitet.

Lad os gå fra det gemte og glemte til fuld opmærksomhed på et hav af muligheder.



Karen Timmermann,
Medlem af BIO-udvalget



- 04** Et sundt hav er altafgørende
for klima og natur
Af Katherine Richardson

- 08** Genopretning af marin
natur med succes
Af Mogens R. Flindt

- 12** Havet har åndenød
Af Stiig Markager

- 16** Blåt kulstof fra de gemte og
glemte skove
Af Dorte Krause-Jensen et al.

- 21** Kunstige rev og fiskebørnehaver
giver biodiversiteten en hånd
Af Andreas Ebbesen Jensen

- 24** Blå biomasse - hvor er de
bæredygtige potentialer?
Af Jens Kjerulf Petersen

- 28** Ny teknologi strømliner
trawlfiskeri
Af Ludvig Ahm Krag

- 31** Tang er sundt og klimavenligt,
men mangler et gennembrud
Af Regner Hansen

- 35** Redaktionens klumme
Af Mikael B. Hansen



Et sundt hav er altafgørende for klima og natur

Det åbne hav er et vigtigt, naturligt redskab til at modvirke menneskeskabte klimaforandringer. Havet har gennem hele Jordens historie været en særdeles vigtig aktør i klimaudviklingen

I dag er menneskets aktiviteter så omfattende, at de påvirker Jordens overordnede miljøtilstand – ikke mindst som følge af de enorme mængder drivhusgas, der tilføres atmosfæren i forbindelse med selvsamme aktiviteter.

Kapaciteten til at påvirke Jorden, herunder dens klimaudvikling, får mange til at referere til den nuværende periode i Jordens historie som 'Menneskenes tidsalder' eller den 'Antropocæne tidsalder'.

Vi er så fokuseret på vores egen evne til at påvirke klimaet, at vi ofte glemmer, at vi mennesker ikke er alene om at bestemme Jordens klimaforhold. I de milliarder år i Jordens historie, hvor menneskelige aktiviteter ikke bidrog til klimaudviklingen, ændrede Jordens klima sig selvfølgelig også.

Havet indeholder mere kulstof end atmosfæren

I disse perioder – men også i dag – kan ændringer i klimaet tilskrives ændringer i energi- og elementbevægelser mellem Jordens forskellige elementer, dvs. luft, vand, og jord. Havet dækker over to tredjedele af Jordens overflade og indeholder over 50 pct. mere kulstof end atmosfæren. Der sker en konstant udveksling af gasser, herunder CO_2 , mellem havet og atmosfæren. Derfor vil selv små ændringer i CO_2 -indholdet i havets overfladevand have stor betydning for klimaudviklingen, og sådan var det også før vores tid. Havet har gennem hele Jordens historie været en særdeles vigtig aktør i klimaudviklingen.

Da Jorden fx vekslede mellem is- og ikke istider var der en samtidig ændring i CO_2 -koncentrationen i atmosfæren på ca. 80 dele pr. mio. Godt nok fandt ændringen i atmosfærens CO_2 -koncentration sted over mange tusinde år, men havet udgør den eneste jordkomponent, hvorfra der kan overføres så meget CO_2 så 'hurtigt' (altså på en geologisk tidskala) til og fra atmosfæren.

Havet har hjulpet os

Det er en kombination af fysiske, kemiske, og biologiske processer, der 'bestemmer', hvor meget CO_2 havet optager eller afgiver til atmosfæren.



FOTO: LARS LAURSEN/BIOFOTO/RITZAU SCANPIX

Der sker en konstant udveksling af gasser, herunder CO_2 , mellem havet og atmosfæren. Derfor vil selv små ændringer i CO_2 -indholdet i havets overfladevand have stor betydning for klimaet.



Den stigende havtemperatur har store konsekvenser for livet i havet, og mange organismer på flugt betyder, at nye økosystemer er ved at opstå. I Nordsøen findes der nu ca. 20 fiskearter, som ikke fandtes for nogle få årtier siden. Nye fisk kommer ind sydfra, og samtidig flytter de mere koldelskende arter som fx torsk længere nordpå.

Indtil videre har videnskaben dog kun opnået en overfladisk forståelse af, hvordan disse processer tilsammen danner havets evne til at optage eller afgive CO_2 . Vi har endnu heller ikke kunnet danne os et klart billede af, hvordan klimaforandringer kommer til at influere på processerne og deres interaktioner.

En af de få ting, vi dog ved med sikkerhed, er, at så længe koncentrationen af CO_2 i atmosfæren fortsætter med at stige, vil havet fortsætte med at optage CO_2 og derved hjælpe os ud af vores klimaknæb.

I folkeskolen lærer børnene, at når man hæver koncentration af en gas på en side af en membran, vil koncentrationen på den anden side af membranen også stige. Det er fordi, gasserne på hver sin side af membranen forsøger at opnå en ligevægt, hvor der er den samme gaskoncentration på begge sider af membranen.

Når det kommer til udveksling af CO_2 mellem atmosfæren og havet, er det havets overflade, der udgør membranen. Bl.a. derfor optager havet CO_2 fra atmosfæren i vores tidsalder.

Og det er ikke kun små mængder CO_2 , der har flyttet sig fra atmosfæren til havet, siden vi begyndte at øge atmosfærens CO_2 -koncentration med vores udledninger. Man regner med, at havet har optaget ca. en tredjedel af den CO_2 , vi har udledt siden den industrielle revolution. Hvis havet ikke havde optaget den CO_2 , ville koncentrationen i atmosfæren blive endnu højere, og Jorden endnu varmere end den er i dag. Havet har således hjulpet os med at mindske den klimaskadelige effekt af vores udledninger.

Havet optager også varme

Det er dog ikke kun ekstra CO_2 , havet har optaget som følge af vores CO_2 -udledninger. Det har også optaget meget varme. Den forhøjede CO_2 -koncen-

tration i atmosfæren i forhold til koncentrationen ved den industrielle revolution bevirker, at mere af solens varmeenergi lagres tættere ved jordoverfladen end tidligere.

Det er denne ekstra varmelagring, der forårsager klimaforandringer. Vand er et enormt godt sted at gemme varme. Det er derfor, vores varmesystemer så tit baseres på vand. Over 90 pct. af den ekstra varme, der – takket være den øgede CO_2 -koncentration i atmosfæren – nu lagres tæt ved Jordens overflade, findes i havet. Havet opvarmes derfor meget hurtigere i takt med klimaforandringer end luften over land.

Varmere vand er lig med færre torsk

Den stigende havtemperatur har store konsekvenser for livet i havet. Havorganismer er ikke anderledes end alle andre. Hvis forholdene bliver ugunstige for dem, og de har mulighed for det, så flytter de sig væk. Derfor er mange havorganismer i dag på jagt efter køligere steder at slå sig ned.

At der er så mange organismer på flugt betyder, at hele nye (set med menneskeøjne i hvert fald) økosystemer er ved at opstå. I Nordsøen fx findes



der nu ca. 20 fiskearter, som ikke fandtes for nogle få årtier siden. De nye fisk kommer ind sydfra, og samtidigt flytter de mere koldelskende arter, som fx torsk, længere nordpå.

Nye naboer (samt de sygdomme og parasitter de bringer med sig) og en varmere verden udgør stresserelementer for de organismer, der findes i økosystemet. Fiskepopulationer er i udgangspunktet ligesom vores menneskelige populationer. Jo mere stress de påføres, desto mindre robuste er de.

Fiskeri udgør også et stresserelement for fiskepopulationer, hvorfor der nu er nye hensyn, som bør tages, når fangstkvoter fastsættes. I de fleste tilfælde vil klimaforandringer nok medføre et behov for et mindre fiskeritryk.

Varmt vand betyder øget bakteriel aktivitet

Den mængde CO_2 , der overføres fra atmosfæren til havet, er selv sagt meget vigtigt for klimaudviklingen. Og mængden af CO_2 , der kommer ind (eller ud) af havet, er direkte afhængig af CO_2 -koncentrationen i havets overfladevand.

Klimaforandringer påvirker koncentrationen på flere måder. For det første kan der simpelthen ikke opløses så meget CO_2 i varmt vand som i koldt (det er derfor, der er færre bobler i en varm end i en kold øl). For det

andet er bakterier mere aktive, når det er varmt, end når det er koldt (det er derfor, vi opbevarer vores madvarer i køleskabet).

Øget bakteriel aktivitet i havets overfladelag betyder, at mere af det organiske materiale, der dannes via fotosyntese i overfladelaget, også vil blive nedbrudt tæt ved havets overflade og derved ikke synker til bunds.

Når bakterier nedbryder organisk materiale, optages der ilt og frigives CO_2 . Større mængder af CO_2 vil derfor dannes i overfladelaget af bakterielle processer som følge af klimaforandringer.

Det ser også ud til, at klimaforandringer vil fremelske små fyttoplankton celler, så der vil være flere små celler ift. de store i et varmt end i et koldt hav.

Små celler synker langsommere end store, så når små celler er dominerende, tager det længere tid for det nydannede organiske materiale at synke ned fra havets overfladevand, end det gør, når store celler er dominerende.

Længere ophold af planteplanktonceller i overfladelaget øger sandsynlighed for, at nydannet organisk materiale bliver nedbrudt, inden det synker til havets dyb. Så ikke nok med, at bakterierne er mere aktive i et varmere hav. Størrelsesændringer i planteplanktonsamfundet vil betyde, at der de facto bliver mere organisk materiale for bakterierne at nedbryde. Biologiske processer forårsaget af klimaforandringer er således med til at øge CO_2 -koncentrationen i havets overfladevand.

Vi mangler viden om samspillet

Der er ikke taget fuldt højde for interaktionerne mellem biologiske og fysisk-kemiske processer, der påvirker indholdet af CO_2 i havets overfladevand, i de klimamodeller, hvorpå vi baserer forventningerne til fremtidige klimaforhold.

Alle modellerne viser, at så længe vi øger CO_2 -koncentrationen i atmosfæren, vil havet fortsætte med at optage CO_2 , men vores utilstrækkelige forståelse for havets biologiske processers betydning

Vi ved, at havet vil udlede CO_2 til atmosfæren, når CO_2 koncentrationen i atmosfæren er mindre end den i havet. Den viden kalder på en større opmærksomhed, når vi skal vurdere havets betydning for klimadannelsen.

for CO₂-koncentrationen i overfladevandet gør det meget vanskeligt at kunne sige præcis, hvor meget CO₂ der vil blive optaget af havet i fremtiden.

Vi ser dog frem til et tidspunkt i en (forhåbentlig ikke så fjern) fremtid, hvor koncentration af CO₂ i atmosfæren stabiliseres eller endda reduceres. Hvis eller når vi kommer dertil, at der er lavere koncentrationer af CO₂ i atmosfæren end i havet, vil gasserne på hver side af havets overflade stadig forsøge at komme i ligevægt, og det vil betyde, at CO₂ bevæger sig fra havet til atmosfæren.

Vi ved ikke, hvor lang tid der vil gå, før en ligevægt opnås, men der vil formentlig gå et godt stykke tid – måske hundreder af år. Alligevel kalder vores viden om, at havet vil udlede CO₂ til atmosfæren, når CO₂-koncentrationen i atmosfæren er mindre end den i havet, på en større opmærksomhed i forhold til havets betydning for klimadannelsen.

Vi håber på en ny teknologi

Hvis forskellen i de fremtidige CO₂-koncentrationer på hver sin side af havets overflade mindskes, fordi koncentrationen i atmosfæren falder til under det, der findes i havet, vil det være fordi, vi mennesker har opfundet en teknologi, hvorved man direkte kan suge CO₂ ud af luften.

Lige nu er der godt nok lange udsigter til en sådan teknologi. Hvis det dog alligevel lykkes at opfinde den, vil det måske ikke betyde så meget, at havet begynder at udgive CO₂ til atmosfæren, for vi vil nok bare kunne skrue op for vores 'nyopfundne' teknologi og suge endnu mere CO₂ ud af luften. Det vil gøre bekæmpelse af klimaforandringer endnu dyrere, men det vil formentlig være en mulighed.

Der er også nogen, der mener, vi vil kunne fastholde eller stimulere havets evne til at optage CO₂ fra atmosfæren ved at ændre på havets kemi (gennem kemikalietilførsel til overfladen). Derved kan vi sikre, at de fysiske-kemiske processer, der udgør en del af havets evne til at optage CO₂ fra atmosfæren, forbliver intakte.

I sagens natur ved vi endnu ikke, hvordan en sådan kemisk behandling af havet vil påvirke de biologiske processer, der også bidrager til at bestemme CO₂-indholdet i overfladevandet.

Alt andet lige er havets biologi indrettet på en sådan måde, at den kan bidrage til havets optag af CO₂ under forskellige klimaforhold.

I nogle perioder optager det mere end i andre, men det er biologien, der giver Jorden en vis robusthed til at modstå klimaændringer og andre globale ændringer.

Vi skal jagte en bedre forståelse for havets processer

Vi skal for alt i verden sørge for, at de teknologiske løsninger til klimaforandringer, hvori havet indgår, ikke kommer til at skade den naturlige biologiske udvikling i havet. Hvis forskellen i CO₂-koncentrationerne mellem havet og atmosfæren mindskes, fordi der ophobes mere CO₂ i overfladevandet som følge af naturlige biologiske processer, er det svært at

forestille sig et teknologisk snup-tag, der vil kunne modvirke den følgende formindskede optagelse af atmosfærens CO₂ i havet.

Men det betyder ikke, at de processer ikke er vigtige og ikke skal beskyttes.

I vores iver efter at modvirke de klimaforandringer, vi har forårsaget, må vi ikke glemme at værne om havets biologi og understøtte udviklingen af sunde, velfungerende økosystemer. Det er kun via sunde naturlige økosystemer, at naturen kan spille den rolle i klimaudviklingen, som har forløbet over millioner af år.

“ Havet har optaget ca. en tredjedel af den CO₂, vi har udledt siden den industrielle revolution og således hjulpet os med at mindske den klimaskadelige effekt af vores udledninger

For at understøtte udviklingen af sunde økosystemer bliver vi nødt til at frede nogle områder fra menneskelige aktiviteter for at give naturen i havet mulighed for at udvikle sig under mindre stress.

Endelig skal vi gennem øget forskning også fortsat jagte en bedre forståelse for, hvordan interaktioner mellem biologiske og fysisk-kemiske processer leder frem til havets evne til at optage CO₂ fra atmosfæren.

Vi kan ikke udvikle et teknisk fix til erstatning for naturen, men vi kan godt hjælpe naturen med at restituere sig selv, så den er i stand til at udfylde en rolle, hvor havet optager CO₂ fra atmosfæren.

*Katherine Richardson
er professor i biologisk
oceanografi og leder
af Sustainability Science
Centre ved KU. Hun er
desuden bestyrelsesformand
for Dansk Center for
Havforskning samt medlem
af Klimarådet.*

Genopretning af marin natur med succes

FOTOS: TROELS LANGE

Gennem flere år er der skabt succesfulde marine naturgenopretninger. Stenrev øger biodiversiteten og understøtter en større torskepopulation. Muslingebanker forbedrer lysforholdene, og ålegræsenge binder kulstof, kvælstof og fosfor samt øger biodiversiteten

Historisk har menneskelig aktivitet haft en stor påvirkning på den ellers uberørte marine natur. Så tidligt som i 1700-tallet begyndte store landindvindingsprojekter, hvor man inddæmmede mange af de marine lavbundsområder til bl.a. landbrugsformål. Herved blev flere af de mest produktive marine kystlaguner, fjorde, holme, strandenge og fjordafsnit tabt.

Som eksempel blev Mariager og Odense fjorde reduceret med ca. 30-50 pct. af deres areal pga. inddæmninger, mens andre fjorde blev helt tabt. Ligeledes har stenfiskere reduceret eller fjernet mange stenrev, hvor stenene blev anvendt til diger, høfder og havnemoler.

Gennem de sidste 40-50 år er den marine natur blevet endnu mere forarmet af alt for høje landbaserede næringsstofbelastninger. Det har resulteret i forhøjede koncentrationer af planteplankton, som svækker den bundnære lysintensitet, hvorfor vores tangskove og ålegræsenge i dag har mere begrænset udbredelse end tidligere.

Som eksempel voksede ålegræsset i Vejle Fjord tidligere ned til 11,4 m dybde, mens dybdegrænsen i dag kun er 2,4 m dybde. Så arealtabet af habitat er meget stort. Det ses også i den lavvandede Odense Fjord, hvor ålegræsset i referencetilstanden - omkring år 1900 - dækkede omkring 60 pct. af fjorden, mens ålegræsset i dag dækker mindre end 2 pct. af fjordbunden.

Robuste fødekæder forsvinder

Tidligere optog ålegræsenge og tangskovene en stor andel af de udledte næringssalte, som derved blev indbygget i deres plantevæv i vækstsæsonen. Det store tab af ikke mindst ålegræs har medført, at næringsstofferne nu er tilgængelige for opportunistiske makroalger, som med høje vækstrater kan forekomme i meget store mængder. Når opportunisterne kolliderer, sker det med et stort iltforbrug, hvorved der opstår iltfrie forhold og en forarmet naturtilstand.

Det store tab af stabile livsvilkår har også medført, at mange smådyr og fisk, som tilsammen skaber robuste fødekæder, er forsvundet fra vores kyster og fjorde - de kræver et stabilt fødegrundlag og kan ikke nøjes med at trække vejret hver anden uge.

Den øgede næringsstofbelastning har også ændret bundforholdene i mange af vores fjorde, som er blevet mere organisk rige

Stenrev er omkostningstunge at anlægge og bestemt ikke CO₂-neutrale, da stenene ofte er norsk grundfjeld som fragtes ned til udlægningsområdet.

med et højt vandindhold. Disse mudderbunde huser ikke meget dyreliv og evner ikke at bære stenrev eller forankre ålegræs.

Tilsammen har det historiske og nuværende pres på vores marine natur skabt svært forarmede natur- og miljøforhold, som tydeligt afspejles i, hvor få marine vandområder der opfylder kravet om god tilstand i regi af EU's Vandrammedirektiv. I den gældende vandplanperiode magtede vi i Danmark kun at opnå god økologisk tilstand i 2 ud af 119 marine vandområder.

Stenrev skaber biodiversitet

Vi er nu i Danmark begyndt at retablere tabte marine habitater, som alle er vigtige, da de bidrager med forskellige økosystemtjenester, som forbedrer miljø- og naturtilstanden.

Store huledannende stenrev bidrager primært ved at skabe en stor biodiversitet, idet rigtig mange mindre dyr og store marine makroalger skaber en levende overflade, der tiltrækker større fisk som havørreder, sej og torsk, mens hummere og ål benytter hulerne som shelter. Stenrevene er meget vigtige for at få torskebestanden på fode igen. Revene kan være meget produktive og rumme mange filtrerende organismer som også forbedrer lysforholdene i nærfeltet.

Der skal grundige forundersøgelser til for at sikre, at bunden har bæreevne til de meget tunge sten. Revene kræver gode lysforhold, lave næringssalt-koncentrationer, og tilstrækkelig høje saltkoncentrationer for at stimulere væksten af de store, flotte marine brunalger. De skal også placeres i områder eller på dybde, hvor der ikke forekommer iltsvind.

Revene er omkostningstunge at anlægge og bestemt ikke CO₂-neutrale, idet stenene ofte er norsk grundfjeld som fragtes ned til udlægningsområdet. Revenes udvikling kan forstyrres af store forekomster af søstjerner og søpindsvin, som fortærer fasthæftede blåmuslinger og rurer eller græsser på makroalgerne.

Tangskovene kræver stenede overflader til fasthæftelse. Skal der spredes ny sten, er det enten rene marksten eller norske sten, som lægges ud med variabel afstand. Nyanlagte sten kan podes med specifikke marine makroalgearter såsom sukkertang – alternativt vil vilkårlige algesporer slå sig ned på stenene, og samfundet udvikles successivt. Tangskovene er produktive og fremmer også biodiversiteten og fungerer som refugie for dyrelivet.

Blåmuslingebanker anlægges på bundsubstrat som muslingerne kan fastholde sig til med deres hæftetråde – kaldet bysustråde. Ofte vælges stenede bundforhold, men de kan også placeres på mudderbund. Der udlægges 4-8 kg linemuslinger

pr. m². Blåmuslingerne har vokset på liner siden larvenedslaget i maj-juni og er 2,5-3,5 cm lange, når de høstes og udlægges som banker i november.

Muslingerne filtrerer vandmassen for planteplankton og sikrer derved forbedrede lysforhold og tilbageholder store mængder kulstof, kvælstof og fosfor i vækstsæsonen, som indlejres i biomassen. Muslingerne udlægges af større fartøjer og kræver nogen logistik.

Ålegræs er godt for ilt og fødekæder

Ålegræsenge kræver høj lysintensitet, lave næringssaltkoncentrationer og gode sandede bundforhold, for at rødderne kan fastholde planterne, når der er bølgepres. Ålegræsenge optager store mængder kulstof, kvælstof og fosfor i vækstsæsonen, hvoraf en andel begraves og lagres permanent i havbunden.

God tilvækst i det udplantede ålegræs immobiliserer derfor næringssalte, som derved ikke bliver tilgængelig for opvækst af planteplankton og hurtigt voksende makroalger, hvilket skaber stabile iltforhold. Mange smådyr og juvenile fisk lever koblet til ålegræsengene, hvor de kan skjule

“ I den gældende vandplanperiode magtede Danmark kun at opnå god økologisk tilstand i 2 ud af 119 marine vandområder

sig for rovdyr. Det skaber velfungerende fødekæder og høj biostabilitet.

Der er en del arbejde mht. valg af egnede lokaliteter for udplantninger, som også er arbejdstunge. Derfor samles ofte et hold af frivillige naturinteresserede, lystfiskere, studerende, gymnasieelever mv., der binder de høstede ålegræsskud på jernsøm, som fungerer som ankre. Herved skabes der skud som er klar til at blive udplantet af snorkeldykkere. Ved at anlægge de kommende ålegræsenge med skudtætheder på 1-2 skud pr. m², kan holdet på en uge skabe en fremtidig tæt ålegræseng på 1-2 ha. ➤

Reetablering af kystlaguner er undersøgt ved Gyldesteen, hvor AVJ Fonden erhvervede store kystområder og åbnede for digerne, så der blev reetableret 207 ha kystlagune. Erfaringerne herfra er, at det kræver nøje undersøgelser af områdets gødsknings- og høsthistorik ift. markoverskud af kvælstof og fosfor, ligesom målinger af udsivningen af næringssalte også anbefales.

Videre bør man også forberede jordbundsforholdene inden oversvømmelsen. Mange års landbrugsaktiviteter har homogeniseret de kommende bundforhold, da sten og andre strukturer er fjernet, så makroalger ikke vil have fæstningsgrundlag.

Guideline for habitater

Velux Fondet har sammen med Miljøministeriet finansieret et Nationalt Center for Marin Naturgenopretning bestående af AU, DTU Aqua, Limfjordsrådet og SDU. Det er bl.a. centerets opgave at formidle guidelines for de marine habitater: Stenrev, tangskove, muslinge- og østersbanker, ålegræse

og reetablering af produktive kystlaguner. Alle habitater er kendetegnende ved at realisere forskellige økosystemtjenester, som understøtter forbedrede natur- og miljøforhold.

Disse temaer behandles i centerets guidelines, der vil indeholde:

- Metoder til udpegning af optimale områder for de respektive marine habitater
- Strategiske overvejelser i forhold til formålet med naturgenopretningen, som i nogle tilfælde vil variere fra kvælstofvirkemiddel, kulstofkreditter og til biodiversitet
- Praktisk gennemførelse af naturgenopretningen mht. logistik og setup
- Anvise metoder til kvantificering af de økosystemtjenester som udvikles

På SDU har vi i diverse projekter ansvaret for genopretning af stenrev, muslingebanker, ålegræse, reetablering af kystlaguner ved nedtagning af diger samt naturgenopretning af mudret havbund ved sand-capping (mudderbunden indkapsles af et stabiliserende sandlag). Det er erfaringen, at vi kun kan gennemføre marin naturgenopretning i de ydre dele af fjordene, hvor miljøforholdene er bedre end inde i fjordene. Her kompliceres naturgenopretningen dog stadig af for mange presfaktorer, hvilket medfører at vi gennemfører mange forundersøgelser for at sikre, at omkostningstunge marine naturgenopretningsaktiviteter bliver succesfulde.

Naturgenopretningen er en delvis succes

Der er gennem de sidste ti år gennemført en del succesfulde marine naturgenopretninger, som har genskabt stenrev, muslingebanker og ålegræse. Det er dokumenteret, at stenrevene øger biodiversiteten og understøtter en større torskepopulation.

De første målinger af ålegræssets økosystemtjenester i de ydre dele af Horsens Fjord, dokumenterede da også god kulstof-, kvælstof og fosforlagring, udvikling

SDU har via Center for Marin Naturgenopretning formuleret udkast til en guideline for ålegræs:

Først gennemføres en GIS-modelanalyse, hvor udviklingen af presfaktorerne bearbejdes i det relevante vandområde. Dette resulterer i et kortgrundlag, hvor der er udpeget nogle potentielle områder for fx udplantning af ålegræs

Dernæst gennemgås områderne ved en tidsserieanalyse af orthofoto, hvilket afslører om der er store år-til-år-varationer i bundens dynamik, som vil afsløre potentiel høj sedimentmobilitet, der vil hindre ålegræssets vækstmuligheder. Billedmaterialet undersøges også for variationer af drivende makroalger, som hindrer udplantningssucces. Det potentielle område overflyves også med drone, hvor eksisterende ålegræsbede undersøges via 'machine learning' algoritmer i forhold til epifytdække og fragmentering, som indikerer potentialet for udplantning

Næste step er dykkerobservationer, hvor bundforhold, epifytdækning, makroalge- og dyresamfund analyseres

Vurderes området stadig positivt, bliver der gennemført testudplantninger af ålegræs, hvilket er mindre arbejdstunge udplantninger, som udplantes i de optimale områder og langs resten af fjordens kvælstofs-forureningsgradient. Der opsættes samtidig dataloggere for at opsamle information om temperatur-, lys- og iltforholdene. Her følges ålegræssets vækst et år, så der er dokumentation for, at ålegræsset klarer alle presfaktorer. Er testudplantningerne vokset i skudantal, vurderes der at være potentiale for egentlige storskala udplantninger

Herefter anlægges storskala-udplantningen, ofte ved at inddrage 'citizen science' aktiviteter, og til efterfølgende vandprøvetagning og lignende

Efter to år kan økosystemtjenesterne måles, og disse er arealtilvæksten af de anlagte ålegræsbede, kulstof-, kvælstof- og fosforlagring samt immobilisering i vækstsæsonen, fødekædestabilitet og biodiversitet



Næringsstofbelastning stimulerer tilgroning af ålegræs med mikroalger og bakterier, også kaldet epifytter.

af tætte dyresamfund, robuste fødekæder og øget biodiversitet. Mange kommuner, lokale interessegrupper og virksomheder ønsker derfor at deltage i marine naturgenopretningsprojekter, hvilket er superpositivt.

Et eksempel er Sund Vejle Fjord projektet (finansieret af Velux Fonden og Vejle Kommune), hvor Vejle Kommune og SDU er begyndt at kombinere marine habitater i forventningen om hurtigere at skabe forbedret marin natur. Her er der udplantet 4 ha ålegræs og udlagt 33 ha muslingebanker, samt netop udlagt 8 ha stenrev.

Dette er Danmarks største marine naturgenopretning på i alt 45 ha med en naturbeskyttelseszone på 50 ha, som sikrer, at økosystemtjenesterne kan måles uforstyrret i de kommende år. Her kombineres muslingebanker og udplantninger af ålegræs, og det er allerede målbart, at muslingernes filtrering af vandet forbedrer lysforholdene og dermed ålegræssets vækstforhold.

Ligeledes kombineres ålegræsudplantninger med stenrev, hvor stenrevet fungerer som bølgebrydere, hvilket også forventes at skabe nye optimale ålegræshabitater beskyttede af stenrevene. Her bliver det også interessant, om udviklingen af økosystemtjenester bliver målbart styrket af habitatkombinationerne.

Reduktion af næringsstoffer vil øge succesraten

Der er store forventninger til ålegræsset som klima- og kvælstofvirkemiddel. Realiseringen af disse økosystemtjenester er imidlertid afhængig af miljøtilstanden, og her er der plads til forbedringer. I de indre dele af fjordene er det generelt ikke muligt at foretage marin naturgenopretning, for her vil anlagte stenrev og ålegræsenge blive overlejret af epifytter og skidtalger samt blive udsat for lokale iltsvind.

Så store potentielle marine arealer har endnu ikke en miljøtilstand, der muliggør marin naturgenopret-

ning, som ellers ville understøtte forbedrede naturforhold. Det kræver yderligere reduktion af den landbaserede næringsstofbelastning. Her kunne line-muslingeanlæg gavne. Placeres disse strategisk i de indre dele af fjordene, hvor bundforholdene i forvejen er svært forarmede, vil muslingerne kunne binde store mængder kvælstof og fosfor, og muslingerne kunne efterfølgende lægges ud som muslingebanker til gavn for lysforholdene og fuglelivet.

Forbedres miljøtilstanden yderligere, er potentialet for at opnå flotte velfungerende marine habitater stort. SDU's beregninger indikerer, at der kystnært og i de ydre dele af fjordene er omkring 1.300 km² barbund tilgængelig for ålegræsudplantninger, og disse arealer vil øges markant, når de kommende vandplaner sikrer naturgenopretningspotentialet i de indre dele af fjordene.

Herefter vil ålegræssets økosystemtjenester understøtte den positive spiral med forbedrede natur- og miljøtilstande.

Mogens R. Flindt er professor og forskningsleder ved Biologisk Institut, SDU.

Havet har åndenød

Miljøtilstanden i havet omkring Danmark er forfærdende dårlig. Årsagen findes på land, hvor en intensiv udnyttelse af landskabet har udledt store mængder næringsstoffer i årtier. Løsningen er den samme for landbrugets klimaudfordringer og havets miljø: udtagning af 15-20 pct. landbrugsjord

Danmarks lavvandede fjorde, sunde, bælter og strandenge udgør en del af vores historie og kultur. Samtidig er det enestående natur i europæisk sammenhæng. Danmark huser 79 pct. af Europas natur på strandenge (1) og tilsvarende for lavvandede fjorde.

Noget som gør Danmark til et internationalt område for trækfugle og et vigtigt vinterkvarter for mange havfugle.

Det vi har mistet

Den mest iøjnefaldende tjeneste fra havet er fisk.

Engang var bønderne landmænd om sommeren og fiskere om vinteren. Omkring Limfjorden var det den almindelige livsform, og mange steder udgjorde kystfiskeri fra små både en vigtig del af livsgrundlaget. Op igennem 1900-tallet blev bådene større, og man var typisk kun fisker – indtil fiskene forsvandt.

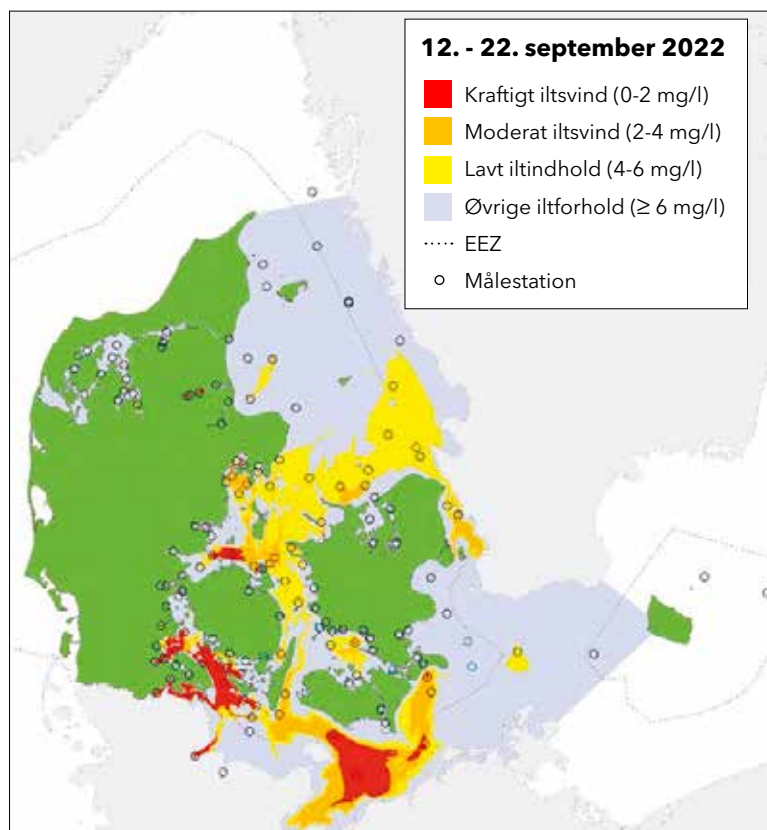
I Limfjorden stoppede den sidste fisker, som levede af at fange lokale spisefisk, i 1996. I Aarhus var der ca. 25 hjemmehørende både i 1990'erne. I dag er de væk. Samme billede ses overalt langs kysterne.

Årsagen skal primært findes på land – i landbrugets udledninger af kvælstof, som blev syvdoblet fra år 1900 til midt i 1980'erne.

Det ene erhverv slog det andet ihjel. For fx torsken i Kattegat var simpelt, grådigt overfiskeri også af stor betydning. I dag er vi så langt nede, at selv det rekreative fiskeri er slut. I dag må du som lystfisker fange én torsk pr. dag!

I Kattegat blev der i 2019 fanget 64 ton torsk lig med ca. 37.500 fisk. Det er 0,4 pct. af det, man fangede engang.

Badning er en del af sommeren for mange. Den tilhørende blå turisme er et vigtigt erhverv, som omsætter for 63 mia. kr. om året og skaber 73.000 job (2). Klart vand og en sandbund, der ikke lugter, er vigtige faktorer for, at Danmark kan tiltrække turister.



Figur 1. Iltkoncentrationen i danske farvande i september 2022 (4).

I dag er vandet uklart og bunden mudret pga. årtiers kraftig algevækst, som er drevet af for mange næringsstoffer.

Den sunde fjord er historie

Tidligere var fjordbunden præget af ålegræs, som dækkede omkring 7.000 km². Ålegræs optager nitrat fra vandet og binder det i planten hele sommeren. I sedimentet mellem planterne fjernes nitrat ved denitrifikation. Et sundt fjordøkosystem kan optage, binde og fjerne både kvælstof og fosfor, så næringsstofferne skaber produktion af bunddyr og fisk i stedet for iltsvind og mudderbund. Samtidig kan sunde fjorde virke som et filter, så næringsstofferne aldrig når de åbne farvande.

Ålegræs oplagrer også kulstof og virker som kystbeskyttelse (se Krause-Jensen m.fl. s. 16). I dag er ålegræsset næsten forsvundet, fordi vandet er så uklart, at planterne ikke får lys. Igen en konsekvens af for høje næringsstofudledninger i for lang tid.

Man kan ikke dyrke fødevarer uden at anvende og udlede næringsstoffer. I havet fjernes kvælstof naturligt ved kvælstofbinding (denitrifikation) af nitrat, som omdannes til uskadelig kvælstofgas. Sunde og fjorde bidrager med denne økosystemtjeneste. I dag er den meget reduceret pga. iltsvind i fjordbunden. I stedet udledes i nogle tilfælde den kraftige klimagas metan.

Det er ikke kun fjorden, som kan yde disse tjenester. I det sunde landskab vil enge, vådområder, vandløb, søer og skove fjerne kvælstof og oplagre kulstof. To afgørende tjenesteydelser som giver biodiversitet og beskytter mod klimaforandringer. Noget, vi har mistet i det sammenhængende landskab fra mark til åbent hav.

Havet mangler ilt

Havmiljøet har det rigtig skidt. Figur 1 viser lav iltkoncentration i Kattegat og Bælthavet i september 2022. I det sydlige Lillebælt og syd for Lolland var store områder ramt af kraftigt iltsvind. Her er bunden helt død. Giftig svovlbrinte frigøres fra bunden, og fisk og bunddyr er døde.



FOTO: PETER STÆHR

Bunden i Limfjorden ud for Livø med udfældet svovl på et lag mudder. August 2018 på fire, fem meters vand.

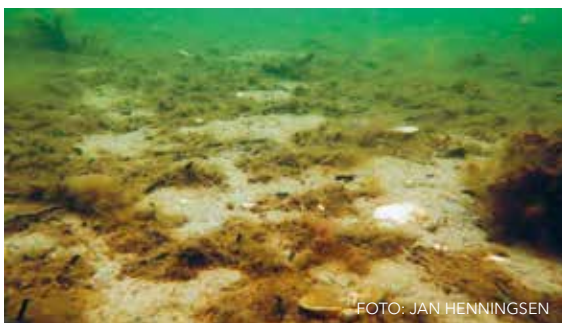


FOTO: JAN HENNINGSEN

Bunden i Isefjorden juni 2021 dækket af døde alger.



FOTO: KARSTEN DAHL

Tårnbæk Rev i Øresund 2022. Alle faste overflader er dækket af trådformede alger.

En måned tidligere var Limfjorden hårdt ramt. Billedet øverst viser et lag af udfældet svovl oven på et lag af mudder. Svovlen kommer fra bakteriers iltning af svovlbrinte.

Arealet af havbunden, som rammes af iltsvind, er steget de sidste 12 år. I 2010 var under 1.000 km² ramt. I de sidste tre år er det omkring 3.500 km², så nu ligger det på samme niveau som mellem 1989-2009.

Iltsvind opstår, når næringsstoffer stimulerer en kraftig algevækst tæt på overfladen, hvor der er lys. Algerne producerer ilt, men ilten forsvinder op i luften. Senere falder algerne til bunds og danner et mudderslag, som nedbrydes under et højt iltforbrug.

Billedet fra Isefjorden viser en sandet bund, som nu er dækket af døde alger - ikke så slemt som i Limfjorden, men alligevel et forarmet økosystem. ➤



Figur 2. Koncentrationen af alger i fjorde (mørkegrønne firkanter + højre akse) og de åbne indre farvande (lysegrønne cirkler + venstre akse). Data er fra det nationale overvågningsprogram og er et gennemsnit af årsmiddelskoncentrationer.

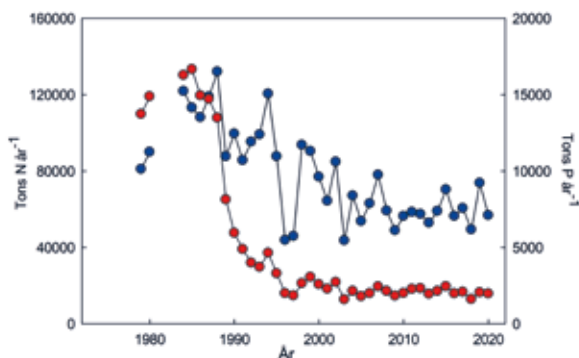
En anden negativ effekt af næringsstoffer er fremvækst af trådformede alger, som danner et loddent overtræk på sten og muslinger (se foto fra Øresund s. 13).

Kommunernes fosforfældning gav en positiv effekt

Figur 2 viser koncentrationen af alger i hhv. fjorde og de indre farvande over de sidste knap 50 år. I fjordene halveres koncentrationen fra 1985 til 2011. Samme forløb ses for de indre farvande. Her er koncentrationerne meget lavere (venstre akse) pga. den større fortynding, men igen ses et fald – her fra start 1990'erne til 2010. Siden ca. 2010 er koncentrationen af alger steget markant og statistisk signifikant. Et klart udtryk for at miljøtilstande er forringet de seneste år.

Algevæksten er også målt i vores overvågning af havmiljøet. Her har vi data længere tilbage, og vi kan se, at algevæksten steg fra 1970'erne til den toppe i 1980'erne. Herefter faldt den frem til 2013-14. Herefter steg den lidt frem til 2018 for så at falde svagt de sidste tre år.

Den underliggende årsag til ændringerne er udledningerne af kvælstof og fosfor (fig. 3). Fosforudledningerne var høje, omkring 15.000 ton pr. år i 1980'erne, hovedsagelig pga. fosfor i spildevand.



Figur 3. Tilførsler af kvælstof (blå) og fosfor (rød) fra dansk land til havet. Data fra 1990 og frem er fra det nationale overvågningsprogram. Data fra før 1990 er fra de tidligere amter.

Den første vandmiljøplan fra 1987 pålagde alle kommuner at indføre fosforfældning på renseanlæggene, og udledningerne faldt med 90 pct. i løbet af ca. 8 år. Det havde en markant positiv effekt på miljøet i fjordene.

Siden år 2000 er udledningerne faldet svagt og ligger i dag omkring 2.000 ton årligt. I dag kommer to tredjedele af fosforet fra landbrugsdriften.

Ubalance i fødekæderne?

Kvælstofudledningerne varierer fra år til år, da den årlige udledning styres af nedbør og afstrømning, men den underliggende kilde er mængden af kvælstof, som tilføres markerne. Den årlige udledning lå omkring 110.000 ton frem til 1994. Herefter begyndte tiltagene i vandmiljøplanerne at virke, og i 2009 var tilførslerne nede på 49.000 ton. Herefter steg de igen frem til 2019, hvor udledningerne var 74.000 ton. Stigningen fra 2009 til 2019 var mindre end det tidligere fald, men nok til at sætte gang i en markant negativ udvikling (fig. 2).

Det er uklart, hvorfor en begrænset, men dog signifikant stigning i kvælstoftilførslerne, har haft så stor negativ effekt på især fjordenes miljø. Algevæksten er steget langt mindre end algebio-massen, så noget tyder på, at græsningen (vandlopper og filtrerende dyr på bunden) er blevet mindre. Måske er bunddyrene gået tilbage pga. iltsvind, og vandlopperne er spist af mindre fisk, som er blevet talrigere pga. færre store fisk, som lever af de mindre fisk.

Negative miljøeffekter af den type ubalance i fødekæderne kendes fra søer. Det er også muligt, at markant varmere vand har forlængt vækstsæsonen for alger, men ikke for deres græssere.

Uanset de præcise årsagssammenhænge, så er det tydeligt, at fjordenes økosystemer har mistet deres modstandsdygtighed (resiliens) mod negative påvirkninger.

Handlemuligheder og løsninger

Stigningen i kvælstoftilførsler efter 2009 skyldes antagelig, at den jord, som var braklagt frem til

2008 (ca. 170.000 ha), tages ind i omdrift igen i 2008 efter instruks fra daværende minister Eva Kjer Hansen.

Senere har Landbrugspakken i 2016 yderligt lagt til på den mængde kvælstof, som havet modtager. Den oplagte løsning er derfor ligetil: betydelige arealer med landbrugsjord i omdrift skal omdannes til natur eller ekstensiv brug, fx med permanent græs.

AU og DTU har sammen med DHI beregnet, at kvælstofudledningerne skal reduceres med en tredjedel fra i dag omkring 58.000 ton til højst 38.000 ton pr. år (3). I praksis er det nok lidt mere, da det er optimistisk at tro, at man kan nedbringe tilførslerne med præcis det nødvendige for hvert enkelt af de 105 kystnære vandområder.

Sådan en reduktion kan ikke lade sig gøre med bedre dyrkningspraksis, selv om man selvfølgelig skal gøre, hvad man kan, på den konto. Det er derfor nødvendigt at reducere det intensivt dyrkede landbrugsareal med 15-20 pct. eller med mellem 400.000 og 500.000 ha.

Her er den afgørende forbindelse mellem kvælstof og klima. Det er nemlig i stor udstrækning de samme jorder – lavbundslande og strandenge – som både giver mindre CO₂ til atmosfæren og mindre kvælstof til vandmiljøet. Desuden er det arealer, som giver mere biodiversitet, rekreative oplevelser og kan mindske årnens oversvømmelser.

Sammenhængen mellem land, hav og klima

Landskab og løsninger på vores tre store udfordringer – klima, havmiljø og biodiversitet, hænger derfor uløseligt sammen. De kan og bør løses ved at se på sammenhængen mellem land, hav og klima.

Ud over den indirekte effekt, når kvælstofreduktioner betyder udtagning af landbrugsjord, er der en direkte effekt, idet lattergas står for 9 pct. af Danmarks udledninger af klimagasser. Hvis man antager, at der er proportionalitet mellem mængden af kvælstof, som tilføres markerne og udledningen af lattergas, vil en 35 pct. reduktion af kvælstofforbruget betyde ca. 3 pct. på udledningen af klimagasser.

Er der andre muligheder end reduktion af landbrugsarealet? Realistisk set nej. Dyrkning af tang giver et forsvindende lille optag af næringsstoffer og løser ikke klimaproblemerne. Dyrkning af muslinger kan optage noget af de overskydende mængder af kvælstof og fosfor i lukkede fjorde, men lægger fjordbunden øde.

For begge teknikker gælder, at de vil omdanne vores fjorde til rensningsanlæg for landbrugets udledninger og forringe de rekreative muligheder og dermed vilkårene for blå turisme. Danmark producerer i dage omkring seks gange flere fødevarer, end vi selv spiser. Skal vi producere endnu flere på bekostning af klima og rekreative muligheder?

Havet har næsten ingen modstandskraft

De kystnære økosystemers resiliens kan styrkes ved at udlægge sten og hjælpe ålegræsset på vej (se

artikel s. 8). Udfordringen er bare, at uden en markant forbedring af vandets klarhed, så hjælper det ikke at plante ålegræs ud. Den afgørende forudsætning for et bedre havmiljø er derfor, at landbrugets udledninger af kvælstof nedbringes med ca. 35 pct.

Der er en række andre negative påvirkninger af havmiljøet – især overfiskeri og udledninger af slam og næringsstoffer i forbindelse med marin råstofindvinding og infrastrukturprojekter som fx Lynetteholmen og Aarhus Havn.

Da havmiljøet er så forarmet, gælder det, at alle negative påvirkninger bør stoppes eller minimeres. Havet har i dag næsten ingen modstandskraft.

Konklusionen er, at virkemidler, for at landbruget skal opfylde klimamålene, bør ses i sammenhæng med havmiljø og biodiversitet. En CO₂-afgift på landbruget er en god ide, men den

Den afgørende forudsætning for et bedre havmiljø er, at landbrugets udledninger af kvælstof nedbringes med omkring 35 pct.

kan ikke stå alene, for den virker ikke på kvælstof. Her er deadline ikke 2030, men 2027. Det år hvor Vandrammedirektivets målsætninger skal være opfyldt, og her er tale om et juridisk bindende mål.

Kilder:

1. Ebbensgaard, T. et al (2022): Havvandsstigningernes betydning for kystnaturen (COWI og SDU).
2. Riemann, B. (2022): Professor: Hvordan kan den kuldsejlede danske havplan ende i en blindgyde? Altin-get.dk
3. Erichsen, A.C. et al (2021): Application of the Danish EPA's Marine Model Complex and Development of a Method Applicable for the River Basin Management Plans 2021-2027 (Management Scenario 2).
4. Hansen, J. W. & D. Rytter (2022): Iltsvind i danske farvande 25. august – 22. september 2022. AU, DCE. Rådgivningsnotat nr. 2022|62.

Professor Stiig Markager er ansat ved Institut for Ecoscience, AU.

Blåt kulstof fra de gemte og glemte skove

Hvad er situationen for havets planter og klima? Vi sætter fokus på danske ålegræsenge og saltmarsker og deres evne til at tilbageholde blåt kulstof

Havets skove, såsom vores hjemlige ålegræsenge og saltmarsker bidrager til kulstoffebegravelse (blåt kulstof) og er samtidig vigtige habitater og naturlige kystværn. Det er derfor en gevinst for både biodiversitet, klima og havmiljø at beskytte disse økosystemer og sikre dem øget udbredelse.

Havets skove og enge vokser i bæltet langs klodens kyster. De omfatter saltmarsker (stranden-ge) og havgræsser (heriblandt vores hjemlige ålegræs) samt i tropiske egne også mangrover, som alle vokser på blød og sandet havbund. Desuden tangskove, som især vokser på stenbund.

Mens saltmarsker og mangrover findes ved overgangen mellem land og hav, gror havgræsser og tangskove fra tidevandszonen og til så store dybder, som vandets gennemsigtighed tillader. For skovene kræver lys på havbunden, men deres tilstand bliver ofte overset.

Ålegræseng ved Thurø. Kulstofdepotet i havbunden under ålegræsenge består både af organisk kulstof fra engene selv og fra tilførte partikler. Denne dobbelte kulstoftilbageholdelse betyder, at havbunden under havgræsenge og saltmarsker kan akkumulere kulstof hurtigere end et tilsvarende areal af skovbunden under landjordens skove.

Havets skove og enge er truet i kystzonen fra både eutrofiering, ændret arealanvendelse, forstyrrelse af havbunden og klimaforandringer. Skovenes skjulte natur medvirker til, at vi som samfund ofte ikke gennemfører de nødvendige tiltag for at beskytte dem.

Ålegræs er den mest udbredte havgræs på den nordlige halvkugle. Danmark er et naturligt hotspot for ålegræs pga. vores lange kystlinje med store lavvandede arealer i beskyttede fjorde og vige. Men bestandene har lidt store tab gennem det seneste århundrede. Det samme gælder de danske saltmarsker.

Kulstoftilbageholdelse i blå skove sker hurtigere end i skove på land

Havets skove spiller, ligesom skovene på land, en rolle som klimabuffer, fordi de optager CO₂, og indbygger det i biomassen. En del af dette organiske materiale begravnes som 'blåt kulstof' i havbunden og i dybhavet.

Havets skove er meget produktive økosystemer med en primærproduktion pr. m² på niveau med skove på land, og de optager derfor betydelige mængder CO₂ fra vandet.

En del af løvfaldet fra denne produktion ophobes i havbunden som et kulstofdepot under både havgræsenge og saltmarsker, og en endnu ukendt andel af det organiske stof fra alle typer marin skov eksporteres til kulstofdepoter på dybere vand.

Samtidig tilbageholder havets skove partikler af organisk stof fra vandet, fordi skovene dæmper bølgeenergien og dermed virker som partikelfæl-



Måling af kulstofpuljer og -begravelseshastigheder under ålegræsenge og saltmarsker

Deltagerne i projektet 'Blå Skove - havets skove som kulstofdræn' udtog kerner af havbund under saltmarsk og ålegræsenge med plexiglasrør (A-C). I laboratoriet deltes kernerne (C) i skiver ved at presse sedimentet op gennem røret med et stempel og skære skiver af (D-E). Vi målte koncentrationen af organisk kulstof i de enkelte lag og adderede værdierne for at kvantificere kulstofpuljen til en given dybde i kernen.

Sedimentets alder (100-150 år tilbage i tid) blev målt ved Pb210-metoden, som kvantificerer henfaldet af blyisotopen ned gennem havbunden og sammenholder med baggrundsværdien. Ud fra disse data beregnede vi hastigheden for akkumulering af det organiske stof i havbunden. Hastigheden for kulstofbegravelsen blev beregnet ved at kombinere data for havbundens gennemsnitlige akkumuleringshastighed og kulstofindholdet i de enkelte lag.

I tillæg til kulstofkoncentrationen målte vi koncentrationen af de stabile isotoper ^{13}C og ^{15}N i de enkelte sedimentlag på et massespektrometer. Vha. af en såkaldt 'blandingsmodel' samt kendskab til isotopfordelingen i forskellige kulstofkilder (ålegræs, planktonalger, tang, saltmarskplanter og andre landplanter) beregnede vi den sandsynlige fordeling af sedimentets kulstofkilder ned gennem havbunden.

de. Kulstofdepotet i havbunden under fx havgræsenge og saltmarsker består derfor både af organisk kulstof fra engene selv og fra tilførte partikler.

Denne dobbelte kulstofftilbageholdelse betyder, at havbunden under havgræsenge og saltmarsker kan akkumulere kulstof hurtigere end et tilsvarende areal af skovbunden under landjordens skove. Iltfrie forhold i havbunden bidrager desuden til, at kulstoffet nedbrydes langsomt.

Projektet 'Blå Skove - havets skove som kulstofdræn' (ledet af Aarhus Universitet og Syddansk Universitet og finansieret af Veluxfonden) har netop leveret helt ny viden om størrelsen af kulstofpuljer og hastigheder for kulstofbegravelse i danske ålegræsenge og saltmarsker.

Det er de første målte værdier af sådanne kulstofpuljer i havbun-

dens øvre meter og af kulstofbegravelse i danske ålegræsenge, og dataene er også blandt de første i Norden. Boksen herover illustrerer metoden bag disse målinger.

Ålegræs er et effektivt kulstoflager

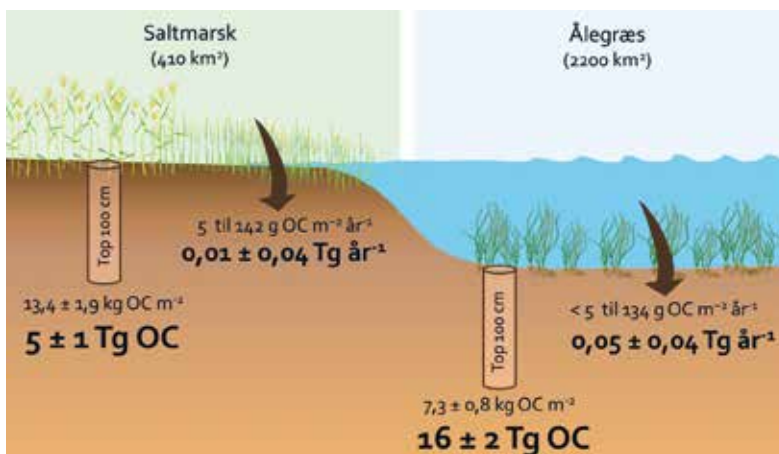
Danske ålegræsenge ophober organisk kulstof (C_{org}) på $7,3 \pm 0,8 \text{ kg } C_{\text{org}} \text{ pr. m}^2$ i havbundens øvre meter (se figur s. 18). Cirka en tredjedel af denne pulje stammer fra ålegræsset selv, mens resten især stam-

// Havets skove er meget produktive økosystemer med en primærproduktion pr. m^2 på niveau med skove på land

mer fra tang og plankton. Hastigheden for kulstofbegravelsen i havbunden under ålegræsengene er i gennemsnit $<5\text{-}134 \text{ kg } C_{\text{org}} \text{ pr. m}^2$ årligt. Der er stor variation, og kulstofbegravelsen er størst i områder, der er beskyttet mod vind og bølger og ubetydelig i eksponerede områder.

Hvis vi antager, at ålegræssets potentielle udbredelse i Danmark er ca. 2.200 km², svarer ålegræs- engenes samlede kulstoflager i den øvre meter havbund til mere end to års (225 pct.) årlige CO₂- emissioner fra Danmark i 2020 (se figuren herunder).

Men disse data repræsenterer en baselinesituation. For kun ved at øge ålegræsarealet kan enge bidrage til at dæmpe klimaforandringerne. Ved at beskytte eksisterende enge kan man desuden undgå at frigive det kulstof, de allerede har akkumuleret i havbunden. Resultaterne ovenfor peger på, at en fordobling af det nuværende potentielle ålegræsareal vil kunne levere en årlig kulstofbegravelse på op til 0,7 ± 0,5 pct. af de årlige danske emissioner.



Kulstofpuljer (tal under cylindrene) og begravelseshastigheder (tal under pilene) i havbunden under danske saltmarsker og ålegræsenge. Fede tal angiver de samlede kulstofpuljer og begravelseshastigheder i det samlede areal af hhv. saltmarsker og ålegræsenge i Danmark. Studiet viste også tilsvarende store kulstofpuljer i nabosedimenter til ålegræsenge.

Studiet viste dog også, at nabosedimenter til ålegræsenge ofte også indeholder tilsvarende store kulstofdepoter, hvoraf en del stammer fra ålegræs (tidligere enge samt materiale tilført fra naboenge). Det giver udfordringer i forhold til at kvantificere og dokumentere klimaeffekten ved at etablere nye ålegræsenge, men understreger samtidig, at det er vigtigt at beskytte hele havbunden mod forstyrrelse.

Selv om klimakrisen skal løses via reduktion af emissioner fra kilden, bidrager bæredygtig forvaltning af havets skove og enge til kulstoftilbageholdelse samt til øget biodiversitet, næringsstoftilbageholdelse og kystbeskyttelse.

Saltmarsker ophober også kulstof

Danske saltmarsker ophober et kulstoflager i havbundens øvre meter, som typisk er noget større end ålegræssets, nemlig 13,4 ± 1,9 kg C_{org} pr. m², og saltmarskerne begraver kulstof med en hastighed på 5-142 g C_{org} pr. m² årligt, hvilket er i samme størrelsesorden som for ålegræsset (se figuren).

Værdierne repræsenterer især lavtliggende, relativt unge marskarealer langs vores kyster, og der er behov for flere data fra ældre, højereliggende saltmarsker, som formentlig indeholder større puljer (da de er akkumuleret over længere tid) men lavere

begravelseshastigheder (da de får mindre materiale fra havet).

Med et udbredelsesareal på omkring 410 km² i Danmark er saltmarskers udbredelse kun ca. en femtedel af ålegræssets. På landsplan er saltmarskernes kulstofpuljer i den øvre meter havbund derfor mindre end ålegræssets, og saltmarskernes årlige kulstofbegravelse udgør 0,2 ± 0,05 pct. af Danmarks årlige emissioner i 2020.

Et nyt globalt studium anslår, at hvis alt sættes ind på at beskytte truede havgræsser, saltmarsk og mangrover og genetablere tabte bestande, kan det levere en kulstofbegravelse samt forhindre emissioner i størrelsesordenen 3 pct. af de årlige globale udledninger.

De store variationer i puljer af blåt kulstof og usikkerhed på bestemmelserne peger dog på, at der er behov for endnu bedre baggrundsdata. Det er også vigtigt at se på den samlede økologiske effekt af genetablering og beskyttelse af disse habitater udover klimaeffekten.

Havets skove er også vigtige habitater, kystværn og partikelfælder

Havets skove er, lige som skovene på land, vigtige habitater med stor biodiversitet. De er levested, opvækstområde, skjulested og fødekammer for fisk, hvirvelløse dyr som muslinger og krebsdyr samt for både mikro- og makroalger.

Havets skove og enge fungerer også som naturlige kystværn, der beskytter mod erosion, dels fordi de dæmper bølgeenergien, og dels fordi de stabiliserer havbunden med deres netværk af rødder og underjordiske stængler og i nogen grad bidrager til at hæve havbunden. Denne kystbeskyttelse er særligt vigtig for et lavtliggende land som vores.

De blå skove tilbageholder desuden næringsstoffer fra vandet, som dels indbygges i biomasse og dels lagres i havbunden, så der er færre næringsstoffer til rådighed for fx mikroalger, der ellers blomstrer op og gør vandet uklart.

Effekten som partikelfælde og

lagring af næringsstoffer bidrager også til at holde vandet klart. Men denne effekt virker kun i en vis udstrækning. For stor tilførsel af næringsstoffer forvrider konkurrenceforholdet mellem havets primærproducenter, så hurtigt voksende mikro- og makroalger skygger for havbundens skove og i sidste ende kan udkonkurre dem.

Trusler mod havet skove

Havets skove har oplevet og oplever stadig global tilbagegang som følge af stort pres på kystzonen pga. bl.a. omlægning af kystnære arealer til landbrug og bebyggelse, udledninger af næringsstoffer og slam samt forstyrrelse af havbunden ved trawlfiskeri. Derudover kan højere temperaturer, øget frekvens af halebølger og andre klimarelaterede ændringer påvirke vegetationen.

Globalt er havgræsser forsvundet med samme hastighed som regnskoven, og i Danmark har vi også tabt store ålegræsarealer. Omkring år 1900 dækkede ålegræsenge omkring 6.700 km² af havbunden, og med en kystlinje på ca. 7.000 km svarede det i gennemsnit til et kilometer bredt bælte langs alle vores kyster.

1930'erne blev hele den nordatlantiske ålegræsbestand, inklusiv den danske, ramt af ålegræssyge, fremkaldt af en slimsvamp, og omkring 90 pct. af ålegræsset forsvandt.

I starten af 1940'erne dækkede danske ålegræsenge kun omkring 7 pct. af deres tidligere areal. Gennem de følgende årtier bredte ålegræsset sig, men nåede aldrig den tidligere udbredelse.

Den tiltagende eutrofiering som følge af øget brug af kunstgødning og udledning fra spildevandsanlæg gennem det 20. århundrede resulterede i algeopblomstringer og uklart vand, som begrænsede dybdeudbredelsen af ålegræsset.

Forstyrrelser af havbunden fra bl.a. trawling begrænsede udbredelsen yderligere. Dybdeudbredelsen er ikke ændret markant gennem de seneste årtier på trods af, at eutrofieringen er nedsat, da de tidligere ålegræsområ-

der er forstyrrede og kræver yderligere beskyttelse og genopretning, før ålegræsset vender tilbage.

Vi kender ikke det præcise udbredelsesareal i dag, men arealet, hvor naturbetingelserne giver mulighed for tætte ålegræsenge, er ca. 2.200-2.600 km². For at udvide dette potentielle udbredelsesareal er der brug for at sikre klarere vand. Og for at ålegræsset kan etablere sig på det potentielle areal er der brug for yderligere beskyttelse suppleret med aktiv genetablering af tabte bestande.

Danske saltmarsker har også lidt store tab pga. især digning og dræning til opdyrkning, så saltmarskarealet i dag (ca. 410 km²) udgør under halvdelen af arealet for 150-200 år siden. Saltmarskerne er også under tiltagende pres i takt med, at havniveaustigninger begrænser deres mulighed for at brede sig udefter, og da de ofte heller ikke kan bevæge sig indlands på grund af kystbeskyttelse, bebyggelse og anden landanvendelse, kan de ende i en situation kendt som 'coastal squeeze'.



FOTO: ANNA ELIZABETH LØVGREN GRAVERSEN

Danske saltmarsker har lidt store tab pga. især digning og dræning til opdyrkning, så saltmarskarealet i dag udgør under halvdelen af arealet for 150-200 år siden. Saltmarskerne er også under tiltagende pres i takt med, at havniveaustigninger begrænser deres mulighed for at brede sig udefter.

Bæredygtig forvaltning er i vækst

Øget opmærksomhed omkring blå kulstof gennem det seneste årti har givet anledning til forvaltningstiltag rettet mod at bevare og genetablere havets skove. Ved at beskytte de eksisterende habitater mod tab forhindrer man frigivelse af de tilknyttede kulstofdepoter og sikrer samtidig fortsat kulstoftilbageholdelse.

Ved at genetablere tabte habitater, opbygger man nye puljer og opnår samtidig de øvrige økosystemfunktioner. Denne type forvaltning hører under kategorien naturbaserede løsninger, som er rettet mod at fremme naturlige økosystemtjenester og samtidig gavne biodiversiteten.

Både beskyttelse af eksisterende ålegræsenge og saltmarsker og genetablering af tabte arealer kræver sikring af gode vækstforhold.

For ålegræs er det centralt at sikre klart vand og gode bundforhold ved at reducere eutrofieringen. Det er også vigtigt at beskytte engene mod fysisk ødelæggelse fra bl.a. trawling og dumpning af materiale. Udover sikring af gode vækstforhold kræver

genetablering af tabte bestande en stor indsats med at plante skud (eller sprede frø) fra eksisterende bestande.

Erfaringer viser, at chancen for succes øges, når genetablering foregår i relativt stor skala, så de nyetablerede bestande hurtigt kan opnå selvbeskyttende effekter – fx dæmpning af bølgeenergien og derved beskytte de nye skud mod erosion.

For saltmarsker kan arealudbredelsen øges ved at sikre periodisk oversvømmelse med havvand. Nogle steder kan en løsning derfor være at ændre forvaltningen til såkaldt 'managed realignment', som mindsker inddigning og dræning af lavtliggende kystnære arealer. Græsning med kreaturer er også en udbredt forvaltningspraksis for at undgå tilvoksning og dermed øge biodiversiteten af strandengsplanter.

Klimaforandringerne lægger pres på kystnære økosystemer

En række europæiske direktiver, inklusive vandrammedirektivet, habitatdirektivet og det marine strategidirektiv har til formål at sikre god økologisk tilstand og god bevaringsstatus for havets planter og dyr.

Disse direktiver er sammen med internationale konventioner og den nationale lovgivning vigtige redskaber til at forbedre vækstforholdene for vores ålegræsbestande og saltmarsker. Indsatsen har dog endnu ikke ført til betydelige forbedringer i udbredelsen herhjemme.

I takt med, at klimaforandringerne lægger ekstra pres på de kystnære økosystemer, er der yderligere behov for en bæredygtig forvaltning, der reducerer de øvrige velkendte presfaktorer som eutrofiering og fysisk forstyrrelse og sikrer genetablering af tabte habitater.

Se mere om det nyetablerede 'Center for Marin Naturgenopretning' og restaurering s. 8.

Strategier for blåt kulstof

Bevarelse og genetablering af havets skove løser ikke verdens klimaproblemer. De skal løses ved at nedbringe udledningen af

klimagasser. Men bæredygtig forvaltning af marine økosystemer bidrager i positiv retning, har langtids-effekt, leverer en række økosystemfunktioner og er teknologisk klar.

Der er derfor store gevinster forbundet med at sikre øget udbredelse af disse økosystemer. Den indsats kan fx fremmes gennem kommunikation af de marine skoves betydning til beslutningstagere og gennem incitamentstrukturer for at bevare og øge skovenes udbredelsesareal.

Det er langt enklere at bevare end at genetablere havets skove, så det er vigtigt at forhindre yderligere tab. Ligesom effektiv forvaltning kræver blik for alle økosystemfunktioner, kræver en optimal indsats også blik for det samlede sæt af presfaktorer, der truer havets skove.

Det er der heldigvis øget fokus på både herhjemme og i udlandet.

Som opfølgning på den internationale Blue Carbon konference i København i september 2019 har vi sammenfattet viden om blåt kulstof i de nordiske lande og videregivet anbefalinger for bæredygtig forvaltning af de blå skove.

Desuden har vi etableret et EU-støttet nordisk forskningsprojekt (NordSalt) om klimaeffekter og forvaltning af nordiske saltmarsker, som skal bidrage med mere viden om disse vigtige økosystemer.

Kilder:

Friedlingstein, P et al (2021): Global Carbon Budget 2021. Earth Syst. Sci. Data Discuss. 2021.
Gattuso, JP et al (2018): Ocean solutions to address climate change and its effects on marine ecosystems. Frontiers in Marine Science, 5.
Graversen, AEL, Banta, GT, Masqué, P, Krause-Jensen, D (2022): Carbon sequestration is not inhibited by livestock grazing in Danish salt marshes. Limnology and Oceanography.
Leiva-Dueñas C et al: Organic carbon stocks and sequestration rates in Danish salt marshes. (Under udarbejdelse)
Leiva-Dueñas, C et al: Carbon and nitrogen stocks and sequestration rates in Zostera marina meadows of southern Scandinavia. (Under review).
Krause-Jensen, D et al (2021): Century-long records reveal shifting challenges to seagrass recovery. Global Change Biology 27.
Krause-Jensen, D et al (2022): Nordic Blue Carbon ecosystems: Status and outlook. Frontiers in Marine Science.
Macreadie, PI et al (2021): Blue carbon as a natural climate solution. Nature Reviews Earth & Environment, 2(12).
Staehr, PA et al (2019): Habitat model of eelgrass in Danish coastal waters: Development, validation and management perspectives. Frontiers in Marine Science, 6, 175.
Vestergaard, P. (2000): Strandenge – En Beskyttet Naturtype., G.E.C.Gads Forlag. Miljø- og Energiministeriet, Skov- og Naturstyrelsen.
Williamson, P, Gattuso JP (2022): Carbon removal using coastal blue carbon ecosystems is uncertain and unreliable, with questionable climatic cost-effectiveness. Frontiers in Climate, 4.

Forfatterne er alle marinbiologer. Dorte Krause-Jensen, Carmen Leiva-Dueñas, Anna Elizabeth Løvgren Graversen, Peter Anton Upadhyay Stæhr og Cordula Göke er tilknyttet Institut for Ecoscience ved AU. Gary Banta og Marianne Holmer er ansat ved Biologisk Institut, SDU.

Kunstige rev og fiskebørnehaver giver biodiversiteten en hånd

Det danske havmiljø er faretruende tæt på et kollaps. Nu skal en række nye eksperimentelle bæredygtighedsprojekter styrke biodiversiteten og særligt den truede torskebestand

På havbunden ved de danske kyster fandtes der for hundrede år siden ålegræs helt ned til 17 meters dybde. Ålegræsset fungerede som et forråds-kammer for mange af havets fisk. I dag truer klimaforandringer, overfiskeri og udledninger af spildevand og næringsstoffer fra landbruget med at få havmiljøet til at kollapse. Ålegræsset breder sig ikke længere på dybder over ti meter, og mange af de naturlige stenrev er forsvundet til fordel for bl.a. havnebyggerier.

Tabet af disse vigtige levesteder presser biodiversiteten i de danske farvande, og særligt torskene bevæger sig faretruende tæt på kanten af kollaps.

Fiskebørnehaver giver torskene en god start

Hos WWF Verdensnaturfonden vil man dog ikke se passivt til, mens den blå biodiversitet kollar-

ser, og det sidste liv pines ud af torskene. Derfor har naturbeskyttelsesorganisationen i samarbejde med Ørsted skabt projektet 'En hånd til havet'.

Projektet har som mål at undersøge mulighederne for at give den truede torsk bedre leveforhold i Kattegat, som er ramt af en historisk lav bestand pga. overfiskeri, stigende iltsvind og tab af levesteder.

Som første skridt i at forbedre biodiversiteten gennem bæredygtig ingeniørarbejde opførte WWF i samarbejde med Grenaa Havn og Kattegatcenteret ti 'biohuts' i Grenaa Havn i foråret 2021.

Biohuts er halvanden meter høje trådbure, der fungerer som en slags børnehaver for unge torsk og andre små fisk. Biohuts gør det muligt for de små torsk at søge ly fra naturlige fjender inde i burene. I midten af biohuts'ene er et nyt rum med et forråds-

»

Biohuts (tv) installeres langs havnemoler og fungerer som en 'børnehave' for torskeyngel og andre små fisk. I stålgytterne er et forråds-kammer fyldt med tomme østersskaller, hvori små organismer flytter ind og udgør føde for fiskene. De 3D-printede rev (th) er konstrueret af en bæredygtig cement, der består af pozzalansk cement (lavet af vulkansk aske fra Sardinien) og Portland cement. Hvert revmodul har en huledannende opbygning, der danner en habitat for torskene. Samtidig giver revenes store overflade mulighed for algebevoksning, som tiltrækker torskens byttedyr.



GRAFIK: RASMUS JUUL PEDERSEN

kammer bestående af tomme østersskaller. Østersskallernes hårde overflade tiltrækker andre små dyr, som sætter sig på skallerne – og som de små torsk mæsker i sig.

”I princippet er biohuts et lukket system, hvor torkeyngel og andre små fisk kan opholde sig i sikkerhed og finde mad. Og når de så bliver tilstrækkeligt store, kan de flytte ud på det åbne hav,” fortæller Thomas Kirk Sørensen, som er havbiolog og har det miljøjaglige ansvar for hav hos WWF

Det er ikke kun i Grenaa Havn, at biohuts er med til at give torsken en bedre start på livet. I Københavns Havn er der nedsat 100 biohuts, og opfølgningen af det bæredygtige tiltag viser, at fiskene flytter ind i fiskebørnehaverne minutter efter, de er blevet installeret.

Torsken sladrer om biodiversitetskrisen

Det er dog ikke nok at yde en hjælpende hånd til den unge torsk. Rovfisken har også brug for støtte, når den vokser sig stor nok til at svømme længere ud i havet.



3D-printede kunstige rev tages i brug mellem vindmøllerne i Anholt Havmøllepark. I 2016 undersøgte forskere forekomsten af torsk ved Sønderborg. Året efter udlagde man kunstige stenrev på havbunden, og da forskerne kom tilbage i 2018, registrerede de over 100 gange så mange torsk i området.

Derfor har WWF i samarbejde med Ørsted installeret tolv unikke 3D-printede rev på havbunden mellem Anholt Havmølleparks vindmøller i Kattegat. De kunstige rev giver torsken det levested, som fisken ofte må spejle langt efter: De seneste årtier er der nemlig blevet fjernet op mod 55 kvadratkilometer stenrev fra havbunden i Kattegat til at bygge moler og lignende konstruktioner. Det areal svarer til hele Fanøs størrelse.

Stenrev er en vigtig naturtype, fordi de danner grundlag for liv op gennem fødekæden. Tangskov har brug for et hårdt substrat for at fæstne sig, og disse alger danner fødegrundlag og skjulested for en lang række dyrearter. Algerne er også vigtige, idet de optager og binder kvælstof og fosfor fra havet.

Stenrevene er desuden også levested for fx søstjerner, andre fisk og krabber, hvilket gør dem til vigtige fødestationer for torsken.

”For at sige det lige ud, så har torskene det af helvede til i Kattegat. Og torskens krise afspejler den generelle krise, som havmiljøet i Danmark lige nu befinder sig i. Som rovfisk befinder torsken sig i den øverste del af havets fødekæde, og når den svinder ind både som enkeltfisk og som bestand, er det et tydeligt tegn på, at noget er helt galt under vandoverfladen. Torskens nedgang har fx betydet, at de danske farvande i disse år invaderes af millioner af krabber, som torsken normalt lever af,” fortæller Thomas Kirk Sørensen.

3D-printede rev er superhabitater

Med etableringen af de ti biohuts i Grenaa Havn og de tolv 3D-printede rev ved Anholt giver WWF og Ørsted torsken en unik mulighed for at trives og vokse sig større i det lokalområde, hvor revene er nedsat.

”De 3D-printede rev fungerer som en slags superhabitater for torsken. Revene er udformet som store ’bryllupskager’ på omkring en kubikmeter og består af flere niveauer, der er forbundet med hinanden via hulrum. Disse hulrum skaber levesteder for torsken, hvor den kan svømme ind og ud af skjulesteder. Revstrukturene er rige på overflader og sprækker, hvor havets flora og fauna kan fæstne sig og dermed tiltrække torskens byttedyr,” forklarer Thomas Kirk Sørensen.

De 3D-printede rev blev etableret sidste år, og planen er, at Ørsted skal følge op med en status på, hvilken effekt de kunstige superhabitater har på torskebestanden i området omkring Anholt Havvindmøllepark.

Skal man tro lignende forsøg, vil 3D-revene næsten utvivlsomt få en positiv effekt på torskens tilstedeværelse. I 2016 undersøgte seniorforsker Jon C. Svendsen og hans kollegaer ved DTU Aqua forekomsten af torsk på Bredgrund ved Sønderborg. Året efter udlagde man kunstige stenrev på områdets havbund, og da forskerne kom tilbage i 2018, registrerede de over 100 gange så mange torsk netop der.

To år senere udgav Jon C. Svendsen og andre forskere fra DTU Aqua en videnskabelig rapport, der afslørede, at torsk sparer omkring 20 pct. af deres energi, når de skjuler sig i stenrev, sammenlignet med torsk, der opholder sig på sandbunden. Den opsparede energi kan torske- ne investere i at vokse sig større, producere flere æg og derved bidrage til kommende generationer.

Projekterne må ikke blive en sovepude

Jon C. Svendsen arbejder dog ikke kun med at forbedre havets biodiversitet under danske forhold. I havnebyen Vigo i det nordvestlige Spanien arbejder han og DTU Aqua på et internationalt projekt ved navn 'Living Ports'. Projektet har som formål at lave nye naturfremmende havnekonstruktioner, som kan tiltrække og understøtte livet i havet ved havne.

Det internationale projekt er skabt i samarbejde med betonvirksomheden Econcrete, der har udviklet en særlig beton, som fremmer forskellige arters kolonisering i havnemiljøer.

"Forventningen er, at en række organismer hurtigt vil fæstne sig på den nye type beton og danne levesteder og fødegrundlag for andre organismer," forklarer Jon C. Svendsen, som efterlyser flere videnskabelige undersøgelser af de forskellige hjælpemidler, der i stigende grad anvendes i havmiljøet.

"Hjælpemidlerne har formodentligt positive effekter, men vi ved ikke, hvornår de hjælper, og hvor meget de hjælper," fremhæver han.

"Det er godt med nye tiltag i havmiljøet, men vi skal vide, hvor meget de reelt hjælper."

Generelt set er han dog optimistisk, fordi han oplever, at efterspørgslen på naturfremmende konstruktioner under havoverfladen er inde i en vild udvikling.

"Jeg har arbejdet med det her i syv år, og alene i den periode er der kommet meget mere fokus på innovative løsninger, der hjælper livet i havet. Jeg hopper fra det ene bæredygtige projekt til

FOTO: ØRSTED



I Københavns Havn er der nedsat 100 biohuts, og en opfølgning viser, at fiskene flytter ind i fiskebørnehaverne minutter efter, de er blevet installeret.

det andet i disse år. Folk fra nær og fjern henvender sig – og så starter vi nye projekter sammen, der gavner livet i havet. Det er fantastisk positivt," siger han, men slår samtidig fast, at de her løsninger ikke må blive en sovepude:

"Vi må aldrig slippe det store billede af syne. De her projekter har jo kun en effekt i afgrænsede lokalområder. Hvis vi skal have et sundere havmiljø, skal vi begrænse iltsvindet i danske farvande. Hvert år ødelægges store havområder på grund af udbredt iltsvind. Det kan vi bremse ved at reducere udledning af næringsstoffer fra land. Vi skal nok også overveje, om vi kan lave en bedre fiskeriregulering."

Fokus på den blå biodiversitet

Den holdning bakker Thomas Kirk Sørensen op om.

"Det er vigtigt, at de her projekter ikke afleder opmærksomheden fra de større og mere strukturelle problemer, som smadrer den blå biodiversitet.

// Efterspørgslen på naturfremmende konstruktioner under havoverfladen er inde i en vild udvikling

Det gælder både for virksomheder og i høj grad også for staten og vores myndigheder," siger han.

Thomas Kirk Sørensen er dog forholdsvis fortrøstningsfuld for havets fremtid. Der er kommet en langt større bevågenhed på den blå biodiversitet både fra borgere, politikere og virksomheder de senere år.

"Indtil for nylig var vi en havnation med identitetskrise, og på trods af at vi er omgivet af vand, har det taget os utrolig lang tid at opbygge et forhold til havmiljøet," siger han og pointerer:

"Men det er kommet nu. Vi kan ikke længere lukke øjnene for det tab af biodiversitet, som foregår under havoverflader."

Andreas Ebbesen Jensen er freelancejournalist.

Blå biomasse – hvor er de bæredygtige potentialer?

Der er store muligheder for at hente klima-og miljøvenlige fødevarer via akvakultur. Bl.a. fordi de indre danske farvande er næringsrige som følge af tab af næringsstoffer fra land

Danmark er et netto fødevareeksporterende land i kraft af de naturgivne, velegnede betingelser og en lang tradition for landbrug og fiskeri. Vi vil forventeligt også i fremtiden være et netto fødevareeksporterende land.

Det ændrer imidlertid ikke på, at den danske fødevareproduktion har udtalte udfordringer med bæredygtighed: Et meget stort klimagasudslip, negativ påvirkning af biodiversiteten og stort tab af næringsstoffer.

Dette er især gældende for den terrestriske fødevareproduktion, men ressourcerne i havet er også pressede: De kommercielle fiskebestande er

i bedste fald stabile, fiskeriets fodaftryk på havbunden udgør en signifikant påvirkning, og afstrømningen fra land og andre maritime aktiviteter har effekter på havets miljø og natur.

Det kan derfor virke paradoksalt at kaste lys på mulighederne for øget anvendelse af havets biologiske ressourcer. Men der er muligheder for at anvende disse ressourcer på en bæredygtig måde, som samtidig kan medvirke til at reducere vores samlede miljø- og klimaaftryk.

Den nuværende globale udnyttelse af havets ressourcer i form af fisk og skaldyr bidrager kun med, hvad der svarer til ca. 17 pct. af den globale kødproduktion. Af den årlige produktion på 179 mio. ton fisk og skaldyr er 46 pct. produceret i akvakultur. Dertil kommer 32 mio. ton tang, hvoraf 97 pct. er produceret i akvakultur.

Med en stigende verdensbefolkning, hvoraf en stor del er

Vidensyntese om blå biomasse

Vil du vide mere om blå biomasse, kan du læse DTU Aqua rapport nr. 387-2021, som beskriver dette i større detaljer, og som denne artikel bygger på. https://www.aqua.dtu.dk/-/media/Institutter/Aqua/Publikationer/Rapporter-352-400/387-2021_Vidensyntese-om-blaa-biomasse.ashx

Langliner repræsenterer dels et substrat for organismer, der sidder på overflader, dels en fourageringsplads for fx fisk og er derfor associeret med en relativ høj biodiversitet.



under- og fejlernærede, er fisk og andre marine organismer ernæringsmæssigt vigtige, bl.a. fordi de både har et højt proteinindhold og et højt indhold af de vigtige omega-3 fedtsyrer.

Der er således et stort fokus på, hvor meget 'den blå biomasse' kan bidrage med i fremtiden.

Blå biomasse – hvad er det?

Blå biomasse kan i princippet defineres som alt organisk materiale, der udvindes af havet. Imidlertid medfører det klima- og miljømæssige fodaftryk af klassisk fiskeri og akvakultur, at denne del af den blå biomasse aktuelt set i Danmark er mindre egnet til ny eller øget produktion.

Fisk og krebsdyr er arter på et højt trofisk niveau (højt trin i fødekæden) og dermed afhængige af foder bestående af fx sojaprotein eller fiskemel. Potentialerne ligger derfor i nogle andre grupper:

- Akvakultur af lavtrofiske arter som muslingearter og tang
- Skånsomt fiskeri eller høst af hidtil uudnyttede arter som diverse invertebrater og tangarter – herunder invasive arter
- Ikke kvotebelagte fiskearter der p.t. ikke benyttes i væsentligt omfang, og som vil være nationalt reguleret – samt udnyttelse af udsmid og sidestrømme i det eksisterende fiskeri og akvakultur af fiskearter

Stort potentiale i lavtrofisk akvakultur

Lavtrofisk akvakultur (LTA) kan defineres som opdræt af organismer, der ikke kræver fodring. LTA omfatter typisk opdræt af muslinge- og tangarter, men kan i

princippet også inkludere andre arter. LTA-produktion har nogle miljømæssige implikationer:

- Fordi der ikke fodres, er LTA ekstraktive kulturer, som medfører en netto fjernelse af organisk materiale og næringsstoffer fra det marine miljø
- Fordi der i LTA ikke skal bruges energi og ressourcer på produktion af foder, og fordi produktionsapparatet ikke kræver energi til fx opvarmning, har LTA et lavt – eller for tangdyrkning negativt – klimamæssigt aftryk
- LTA-dyrkningsstrukturer som fx langliner repræsenterer dels et substrat for organismer, der sidder på overflader, dels en fourageringsplads for mobile arter (fx fisk), og LTA-anlæg er derfor associeret med en relativ høj biodiversitet.

Der er derfor et stort potentiale for klima- og miljøvenlige fødevarer gennem lavtrofisk akvakultur.

Flere muligheder i de danske farvande

Store dele af de indre danske farvande er velegnede til LTA, fordi de – som følge af tab af næringsstoffer fra land – er næringsrige.

I LTA bindes næringsstofferne i værdifuldt biologisk materiale, der kan bringes tilbage til land i form af fødevarer af høj sundhedsmæssig værdi eller som kilde til værdifulde ingredienser.

Danske vandområders egnethed handler også om en høj hygiejnisk standard, som gør dem ideelle til LTA. Dertil kommer, at der langs en stor del af de indre farvande er muligheder for produktion i læ for kraftige fysiske påvirkninger i form af strøm og vind.

Det største potentiale ligger p.t. i de kystnære fjorde, sund og bugter, men i takt med den teknologiske udvikling, en øget efterspørgsel samt incitamentsstrukturer, der fremmer klimavenlige produkter, vil også de åbne farvande kunne udnyttes. >



Opdræt af blåmuslinger i Danmark er i dag nået til en produktion på knap 10.000 ton pr. år. Det biologiske produktionspotentiale i indre danske farvande er 2-300.000 ton årligt.

Dermed øges mulighederne for at anvende store havarealer til produktion af blå biomasse. Ambitionerne om at udbygge havvindenergiproduktionen i danske farvande er en mulighed for at samlokalisere vindmølleparker og LTA, så havområderne udnyttes på flere måder.

I den animalske del af LTA er der i Danmark størst succes med opdræt af blåmuslinger. Opdrættet i Danmark startede i 00'erne og er i dag nået til en produktion på knap 10.000 ton pr. år. Det biologiske produktionspotentiale for blåmuslinger i indre danske farvande er i størrelsesordenen 2-300.000 ton årligt.

Ved at inddrage arealer i de åbne farvande vil produktionen kunne øges, men det vil kræve teknologisk udvikling for at pro-

duktion, både på anlæg i havet og i landbaserede anlæg. Sukkertang er den tangart, der dyrkes mest og flest steder i Europa med en samlet årlig europæisk volumen på ca. 375 ton.

Dyrkningsteknologi og -protokoller er udviklet og tilpasset danske forhold, men er endnu ikke slået igennem i kommerciel skala i Danmark, hvor der i de seneste år er produceret 10-20 ton årligt. Den dansk-dyrkede sukkertang anvendes aktuelt primært til fødevarer og foder, og der er et etableret marked for både tørrede produkter, fermenterede produkter og tang som ingrediens. For en række andre tangarter har den teknologiske udvikling nået et niveau, hvor dyrkning er realistisk. Det gælder for rødalgen søl, der har et stort potentiale som fødevarer, og grønalgen søsalat, der både kan dyrkes og høstes fra vilde bestande.

Det biologiske potentiale for dyrkning af tang i danske farvande er meget stort. Op til 1.000.000 ton pr. år, hvis der dyrkes på omkring samlet 1 pct. af den danske økonomiske zone (EEZ).

Mulighed for fiskeri af arter, som ikke er fisk

En række arter – enten invertebrater eller tang – er blevet aktuelle som en del af den blå biomasse, der kan fiskes eller høstes. Eksempler er søstjerner,

“ Der er ingen national strategi for udvikling af blå biomasse. Dermed mangler der koordinering af alt fra forskning og udvikling til reservation af produktionsområder i havplanerne

ducere off-coast eller off-shore rentabelt. Af andre muslingearter er især opdræt af flad europæisk østers interessant, fordi teknologien er kendt, og der er aktive virksomheder.

Det samme er i princippet gældende for stillehavsøsters, men arten er invasiv, og det er derfor tvivlsomt, om der skal etableres opdræt i danske farvande. Hjertemusling kan potentielt også udvikles til opdræt.

Vi kan dyrke en million ton tang årligt

Tang kan overordnet opdeles i tre grupper: Brunalger, rødalger og grønalger. Inden for alle tre grupper findes en mindre dansk pro-

strandkrabber, søsalat (og invasive arter som fisken sortmundet kutling, stillehavsøsters og sargassotang).

Interessen for disse arter er ofte forbundet med store lokale forekomster, eller fordi de har medført problemer for enten det traditionelle fiskeri eller miljøet. For begge grupper gælder, at der er rapporteret store eller stigende forekomster, der har åbnet for en potentiel udnyttelse, som ikke tidligere har været aktuel.

Generelt set er der en række begrænsninger for udnyttelse af disse nye biomasser. En central udfordring er at finde en anvendelse, der gør det rentabelt at fiske eller indsamle biomassen. En anden udfordring er at finde den bedst egnede og mest omkostningseffektive metode til at fiske eller indsamle biomassen samt dokumentere, at udnyttelsen ikke skader havmiljøet eller artens udbredelse.

Endelig er det vigtigt, at logistikken omkring udnyttelsen er optimal. Pga. den lave afregningspris

– samt ikke mindst i et overordnet miljøperspektiv – er det vigtigt, at transportomkostningerne er lave.

Der er i dag et etableret fiskeri af søstjerner i Limfjorden, og fiskeri af strandkrabber og sortmundet kutling er under udvikling. For stillehavsøsters gælder, at der er etableret et – om end lille – marked for danske stillehavsøsters. Det er vurderet, at det samlede potentiale for denne gruppe er op til 70.000 ton pr. år.

Tradition som barriere for at spise andre fisk

Det danske fiskeri fanger fisk fra bestande, som ikke er underlagt kvoteregulering, fordi de har en lille økonomisk værdi og ofte bliver fanget som (uønsket) bifangst. Denne gruppe udgør omkring 1 pct. af den totale danske landingsvægt og 2,7 pct. af landingsværdien, og den kan opdeles efter værdi. Lavværdiarter som håising, ising og grå knurhane fanges i større mængder som bifangst, men landes kun i ringe grad, da det ikke er rentabelt pga. manglen på aftagning og forarbejdningsmulighed.

Flere af arterne er imidlertid særdeles velegnede som spisefisk, og det er derfor alene en kulturel barriere, der forhindrer deres udnyttelse. Enkelte ikkekvoterede højværdiarter tages som bifangst eller i et mere eller mindre målrettet fiskeri, fx garnfiskeri efter stenbider. De fleste ukvoterede bestande med høj værdi er blevet udnyttet gennem mange år, og det målrettede fiskeri af denne gruppe har betydet, at bestandene generelt er fuldt udnyttede eller overudnyttede i dag, og fiskeriet derfor ikke kan øges.

Mulighederne for udnyttelse af ukvoterede arter er således artsspecifik, men et fælles strukturelt problem for de fleste af arterne er, i hvilket omfang de optræder som bifangst samt den kulturelle barriere mod at spise arterne. Mange af arterne ender derfor som udsmid og er dermed ikke bare en uudnyttet, men en egentlig tabt ressource. Samlet vurderes gruppen af ikke kvotebelagte arter og discard at udgøre ca. 40.000 ton pr. år.

Perspektiver for bæredygtig blå biomasse

Udnyttelse af blå biomasse er ikke begrænset af det naturgivne produktionsgrundlag. Danske farvande er særdeles velegnede til LTA og har en meget stor uudnyttet artsrigdom.

Der er stadig lokale fiskermiljøer, som bæredygtigt kan udnytte de kystnære ressourcer, og der er en forarbejdningsindustri, som potentielt kan omsætte biomassen.

Vi har således en række helt basale og centrale styrkepositioner at bygge på for en ny og bæredygtig udnyttelse af den blå biomasse. 'Tingenes tilstand' i sektoren kan dog i sig selv være en svaghed:

- Der er et lavt forbrug af sea-food produkter i de danske husholdninger
- Forarbejdningsindustrien er i høj grad gearret til store mængder, og der er ikke mange virksomheder, som kan håndtere små eller nye biomasseprodukter med særlige forarbejdningskrav. Dermed bliver råvaren som udgangspunkt værdisat lavere end dens produktkvalitet

- Der er ingen national tværpolitisk strategi for udvikling af blå biomasse. Dermed mangler der koordinering af alt fra den nødvendige forskning og udvikling til reservation af produktionsområder i havplanerne. Men der mangler også indsatser for at øge forbruget af sea-food i danske husholdninger samt implementering og værdisætning af de vigtige økosystemtjenester, som bl.a. LTA kan levere
- Blå biomasse indgår forvaltningsmæssigt i flere styrelser og ministerier, og de enkelte styrelser forvaltning inden for egen ressort kan komme til at spænde ben for en samlet udvikling

Grå knurhane betragtes som en lavværdiart og landes kun i ringe grad, da det ikke er rentabelt pga. manglende aftagning. Det er synd, for den er særdeles velegnet som spisefisk.



LTA og udnyttelse af nye kystnære arter tilbyder muligheder for en biomasseproduktion med et lavere fodaftryk mht. drivhusgasser og miljø end de traditionelle sea-food og terrestriske produktionssystemer.

Derfor har en visionær anvendelse af den blå biomasse mulighed for at udgøre et væsentligt bidrag til en reduktion af fødevarereproduktionens klimapåvirkning og miljøbelastning.

*Professor Jens Kjerulf Petersen
er sektionsleder for
Kystøkologi ved DTU Aqua.*

Ny teknologi strømliner trawlfiskeri

Nye metoder kan ændre trawlfiskeri fra en blind operation til præcisionsfiskeri. Optimering af teknologien kan bl.a. reducere bifangst

Dansk fiskeri er udfordret, og historisk har det største fokus været på bifangst og udsmid af uønskede arter og størrelser. Målet var et mere bæredygtigt fiskeri, hvor fiskeren fangede de ønskede arter og størrelser og lod de resterende individer blive i havet.

Over de seneste årtier er der udviklet flere selektive fiskeredskaber, hvilket kan sikre en bedre arts- og størrelsesselektion af fisk og skaldyr. Den nye fælleseuropæiske fiskeripolitik og den tekniske regulering, der specificerer reglerne, fiskeriet skal udføres under, er blevet strammet og omfatter i dag bl.a. et discardforbud (forbud mod udsmid af fisk).

Discardforbuddet betyder, at individer under gældende mindstemål for de regulerede arter ikke længere kan smides ud, men skal bringes i land og bliver fraskrevet fartøjets kvote.

Forbuddet kobler dermed den enkelte fiskers evne til at fiske selektivt direkte til økonomi, da fangst af mindre individer reducerer den mulige indtjening inden for fartøjets kvotegrundlag.

Blind fangstproces med trawl

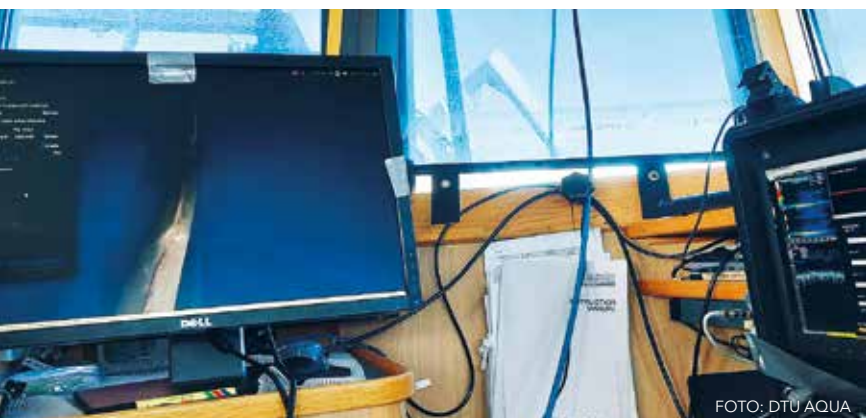
I de senere år er fiskeriet i stigende grad mødt af krav om at reducere fiskeriets påvirkning af økosystemet – specielt påvirkning af havbunden og de tilknyttede organismer. Desuden er der et generelt krav om at reducere sektorens CO₂-udledninger.

Der findes i dag ikke konkrete værktøjer eller metoder til at optimere fangstsammensætning i forhold til disse krav. Fangstprocessen med trawl kan karakteriseres som blind, da den enkelte fisker ingen information får om arter og størrelser i trawlet, mens der fiskes.

Det er et dårligt udgangspunkt for at optimere fiskeriet, da fiskearter og individstørrelser kan ændre sig hurtigt og meget i tid og rum – også under en enkelt fangstoperation.

For at kunne forbedre evnen til mere målrettet at fange kun de ønskede arter og størrelser, skal den enkelte fisker have bedre og mere detaljeret information om den igangværende fangstproces. Muligheden for at kunne foretage informerede beslutninger løbende under fangstprocessen vil være et betydeligt fremskridt. Derved er det muligt at undgå uhenigtsmæssige fangster og koncentrere aktiviteten der, hvor fartøjets kvoter så hurtigt, rent og effektivt som muligt kan fanges.

Det betyder også, at man kan undgå at fiske i områder eller perioder, der ikke giver økonomisk bæredygtig fangst. Fartøjer vil i sådanne situationer kunne stoppe fiskeriet tidligt i processen og flytte til et andet område. Hvis fartøjerne fisker effektivt, og kun hvor det giver mening, vil det reducere fiskeriets CO₂-udledning og økosystempåvirkning. Begge nøgleparametre skal fremtidens trawlfiskeri kunne levere på.



Præsentationsenheden i styrehuset viser live feed fra trawlen. Hvis fartøjerne fisker effektivt, og kun hvor det giver mening, vil det reducere fiskeriets CO₂-udledning og økosystempåvirkning.

Fangstprocessen med trawl kan karakteriseres som blind, da den enkelte fisker ingen information får om arter og størrelser.



90 pct. af fiskeriet er trawl

I Danmark har fiskeriet en førstehåndsværdi på godt 3 mia. kr. Mange arter af fisk og skaldyr bliver landet, efter de er fanget med en vifte af forskellige fiskeredskaber. Fiskeri med trawl udgør dog ca. 90 pct. af den samlede værdiskabning i dansk fiskeri. Trawl er et effektivt fiskeredskab, der kan anvendes til fangst af fx torsk, kuller, rødspætter, tunger og jomfruhummere.

Den enkelte fisker er dermed mindre sårbar i forhold til de naturlige udsving i de enkelte bestande.

Simpel løsning giver klarhed

DTU Aquas sektion for fiskeriteknologi i Hirtshals har de senere år arbejdet målrettet på at udvikle teknologier, der kan transformere trawlfiskeriet fra en blind operation til et informationsbåret præcisionsfiskeri. Derved kan der løbende træffes informerede beslutninger for at optimere fangsten samt minimere fiskeriets miljøpåvirkning og CO₂-emissioner. Denne satsning er sket i samarbejde med danske fiskere og virksomheder, finansieret igennem EU-midler (H2020 - SMARTFISH) og nationale EHFF-projekter (TeknoFisk og AutoCatch).

Det første trin var at etablere et stabilt og klart videolink fra trawlen til fiskekutterens styrehus, der kvantitativt kan vise, hvilke arter og størrelser, der fanges under fiskeriet.

Men hvorfor er det ikke gjort for 50 år siden? Der er flere årsager, men en afgørende barriere har været, at når et bundtrawl bliver slæbt hen over havbunden, mobiliserer det sedimentet, som danner mudderskyer i vandsøjlen, hvilket har gjort observationer og målinger vanskelige.

Problemet blev løst med et simpelt sedimentdæmpende system bestående af et presenningestykke monteret fremme i redskabet. Det sedimentdæmpende system tager energi fra det mobiliserede sediment, hvis bevægelse hæmmes af presenningen og dermed danner en mindre muddersky bagover i redskabet (se grafik s. 30).

Udviklingen af det sedimentdæmpende system, der kan anvendes under kommercielt

fiskeri, var et gennembrud i forhold til at muliggøre klare kameraobservationer længere tilbage i trawlet, hvor fangsten kan overvåges, måles og registreres.

Det er meget svært at give et præcist bud på reduktionen i fiskeriaktiviteten med de nye teknologier, men det er forventeligt, at fiskeriaktiviteten i nogle fiskerier vil kunne reduceres med ca. 30 pct. Teknologierne vil sandsynligvis kunne reducere den samlede fiskeriaktivitet i både tid og områder.

International interesse for opfindelsen

Det sedimentdæmpende system har fået stor international interesse og har igangsat udviklingsarbejde af fangstmonitoringssystemer i bl.a. Skotland, Irland og USA.

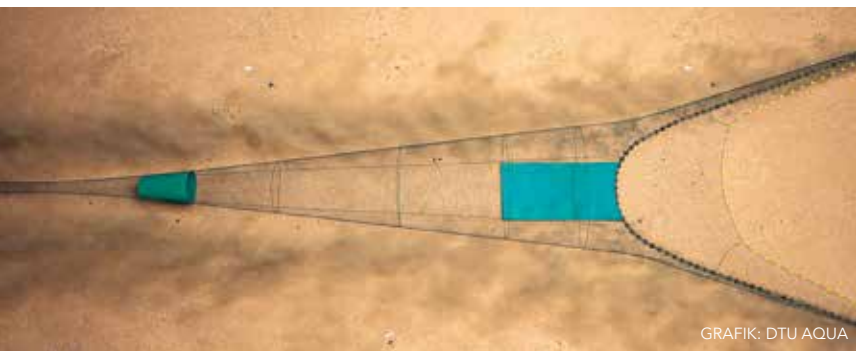
DTU Aqua udviklede derefter i samarbejde med den danske virksomhed Atlas Maridan et kabelbaseret trawlkamerasystem, som viser fangsten i redskabet. Nu blev det for første gang muligt at sidde i fartøjets styrehus og se i realtid, hvilke arter der kom ind i fiskeredskabet, og hvor de blev fanget. Dermed kan fiskeren tage beslutninger på baggrund af fangstprocessen.

Fiskeri med trawl behøver derfor ikke længere at være en blind proces, og fiskeren kan løbende vurdere, hvorvidt det igangværende fiskeri er økonomisk og til dels også økologisk bæredygtigt, eller om aktiviteten med fordel bør stoppes og flyttes til en anden fiskeplads.

Kunstig intelligens genkender arter

Hvis teknologi som det udviklede kamerasystem skal kunne forbedre evnen til at fiske mere selektivt og målrettet, skal tolkningen af fangstinformationen automatiseres, så fiskeren løbende har en enkel og kvantitativ beskrivelse af de fangede arter og størrelser.





Et sedimentdæmpende system bestående af et presenningstykke monteres fremme i redskabet. Derved dannes mindre mudderskyer i redskabet, der muliggør klare kameraobservationer længere tilbage i trawlet.

Billedkvaliteten i det nyudviklede trawlkamera er af en sådan kvalitet, at det er muligt at anvende automatisk billedprocessering vha. maskinlæring og kunstig intelligens til at genkende og registrere de arter, der bliver fanget.

Digitalisering af den samlede fangst giver en hel række nye muligheder for at lave specifikke beslutningsværktøjer for individuelle fiskerier eller fiskere. Software kan udvikles til i realtid at vise, om fartøjerne tjener penge på den igangværende proces. Der kan også fremstilles alarmer til at detektere fangst af uønskede arter – fx arter som hajer eller rokker, eller fx torsk i områder, hvor bifangst heraf kan være et problem.

En mulig applikation kunne være i Kattegat, hvor torskebestanden er i ringe forfatning, og hvor der er indført en række tiltag – herunder implementering af selektive redskaber – der skal sikre, at de torsk, der kommer ind i et trawl, med stor sandsynlighed undslipper redskabet igen.

Fiskeriaktiviteten vil kunne reduceres med ca. 30 pct. Teknologierne vil sandsynligvis kunne reducere aktivitet i både tid og områder

Kunstig intelligens genkender arter

Disse selektive redskaber har dog den konsekvens, at der også mistes jomfruhummere og tunger, der er de primære målarter i Kattegat.

I store dele af Kattegat observeres der i lange perioder ingen eller meget få torsk. Man kunne derfor argumentere for, at hvis man havde en torskedetektor, der indikerede, så snart der blev observeret torsk i fangsten, kunne den enkelte fisker anvende et redskab målrettet til fangst af jomfruhummer og tunger, indtil der evt. kom torsk i området.

Teknologien vil således muliggøre en udnyttelse af den spatiotemporale fordeling af både ønskede og uønskede arter, som ikke er mulig i dag.

DTU Aqua har i dag udviklet algoritmer, der automatisk detekterer og tæller forskellige kommercielle arter som fx jomfruhummer og torsk, og der arbejdes målrettet på at kunne håndtere alle

relevante arter. Målet er at kunne præsentere informationen som specifikke beslutningsværktøjer for fiskeren i styrehuset.

Denne realtids fangstbeskrivelse og digitalisering af processen ændrer mulighederne for måden, hvorpå det kommercielle fiskeri kan udføres i fremtiden. Det giver også en ny og væsentligt mere detaljeret information og understøtter nye måder at forvalte og måske også kontrollere fiskeriet på fremover. Fiskeri med trawl kan gøres mere intelligent og præcist – og dermed mere bæredygtigt.

Skal kunne følges i realtid

En af barriererne for at få de nye teknologier optaget i fiskeriet er systemets praktiske håndtering ombord under fiskeriudøvelse.

I EHFF TeknoFisk-projektet blev det udviklede trawlkamera monteret ombord på to kommercielle fartøjer, der driver forskellige fiskerier. Håndtering og integrering af trawlkameraet er blevet optimeret til et operationelt niveau, hvor det fungerer under praktisk fiskeri.

Det udviklede trawlkamera er tilgængeligt igennem Atlas Maridan, og der vil i de kommende år blive udviklet flere softwarebaserede beslutningsværktøjer, som er målrettet de specifikke forhold og målsætninger i forskellige trawlfiskerier.

Videreudvikling af teknologibaseret fiskeri fører til aktive selektionssystemer, hvor vi udnytter, at det i realtid er muligt at se de forskellige arter og størrelser.

Aktive selektionssystemer dækker over teknologier, der kan reagere på det, vi ser med kameraet, ved aktivt at afgøre, om det enkelte individ skal fanges eller lukkes ud.

Denne udvikling er i gang, og de første simple systemer bliver i dag afprøvet. Udviklingsarbejdet forventes intensiveret fremover, både nationalt og internationalt.

Ludvig Ahm Krag er professor på DTU Aqua og faglig leder af DTU Aquas fiskeriteknologigruppe.

Tang er sundt og klimavenligt, men mangler et gennembrud

Danmarks lange kystlinje gør det oplagt at dyrke tang i stor skala og som bonus få miljø- og klimagevinster. Men madvaner, regulering og økonomi er barrierer for succes

Det er fastslået, at tang har positive effekter på klima, havmiljø og biodiversitet: Tang er en af de største komponenter på kloden til at binde CO₂. Alger og tang er generelt kilder til størstedelen af klodens ilt. Andelen anslås at være på mellem over 50 pct. og 80 pct., hvilket overgår iltproduktionen fra verdens skove.

Mængden af tang, målt i vægt, i verdens have vurderes til at være en op til ni gange større plantemængde end af planter på land.

Dyrkning og høst af tang kaldes også en Emission Capture and Utilisation-teknologi. Metoden opfanger og udnytter næringsstoffer og CO₂, der er udledt til havet og atmosfæren fra landbrug, spildevand og fossile brændsler.

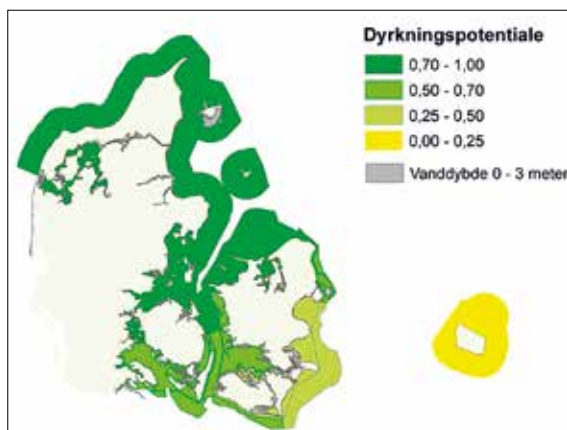
De udledte stoffer kan herved genbruges til at skabe ny biomasse, der igen kan anvendes i fødekæden på land. De udledte stoffer understøtter en cirkulær bioøkonomi, og dyrkningspotentialet er stort i Danmark (se figur th.).

Tang som miljø- og klimaredskab

Danske forskere arbejder på at sætte detaljer på tangs vifte af fortrin. Det sker gennem et forskningsprojekt i et samarbejde mellem flere danske institutioner, bl.a. DTU Aqua.

Projektet har fået bevilget penge fra en pulje til at udvikle 'marine virkemidler', der var del af den politiske aftale fra 2021 om grøn omstilling af landbruget. Puljen er på 34 mio. kr. og rækker frem til 2027.

DTU's opgave er bl.a. at dyrke >



Potentiale for dyrkning af tang i danske farvande i forhold til saliniteten, som er den væsentligste begrænsende faktor. Skalaen fra 0-1 svarer til 0-100 pct. af optimal vækst.

KILDE: DTU AQUA OG DCE, AARHUS UNIVERSITET, 2021.

“Der burde gøres en politisk indsats for at sætte fart i produktionen af tang

tang i stor skala i Limfjorden og i mindre målestok i flere andre danske fjorde samt udvikle modeller til beregning af miljøeffekter.

Karen Timmermann er professor i biogeokemisk modellering på DTU Aqua, og hun fortæller, at projektet skal afdække, hvor og i hvilket omfang tang sammen med ålegræs kan bruges som et klima- og miljøvirkemiddel.

“Når tang vokser i havet, optager den næringsstoffer, som ellers ikke vil være tilgængelig for mikroalger, der skaber dårlige lysforhold og bidrager til iltsvind i havet. Sådan er det i teorien. Vi forsøger at finde ud af, om tang kan anvendes i praksis som et miljøredskab. Vi vil måle, hvor meget kvælstof og fosfor tangen binder,” siger hun.



Der er mange tangarter i havet omkring Danmark, og de er så godt som alle spiselige.

Forskerne undersøger sideløbende tangens påvirkning af biodiversiteten ved bl.a. at overvåge, hvordan tangen skaber nye levesteder for de dyr og planter, der lever på eller ved algen.

Et yderligere formål med projektet er at udforme et CO₂-regnskab for tang.

“Tang opsuger CO₂ og er derved et plus for klimaet. Men hvad sker der, når tangen høstes? Vi vil prøve at opstille et klimaregnskab for tang, så vi kan sige noget om dyrkningens mulige klimaefekter,” fortæller Karen Timmermann om projektet, der løber frem til 2024.

Ambition om langt større volumen

Kun 0,1 pct. af havarealet i Danmark anvendes til produktion. Dyrkning af tang kan supplere og til dels erstatte produktionen af fødevarer til lands. Hvis man tænker det videre, vil det i hvert fald teoretisk kunne frigive landbrugsjord til natur.

Dansk produktion af sukkertang på liner, her i Horsens fjord. Den flerårige brunalge kan blive tre meter lang.



FOTO: TEIS BODERSKOV, AU



FOTO: DANSK TANG

Det er et spændende univers at begynde at bruge afgrøder, der er dyrket i havet,” siger køkkenchef Claus Henriksen fra Restaurant Mota i Odsherred. Restauranten får leveret frisk tang fra regionen og opnåede en Michelinstjerne på under et år efter åbningen.

Virksomheden Dansk Tang er sammen med bl.a. Nordisk Tang og Læsø Tang leverandører af dansk tang til det danske marked. Dansk Tang høster ved tre forskellige kyster i Odsherred og forsyner restauranter og kantiner med tang hver måned.

Dansk Tang indsamler vild tang, men er også begyndt at dyrke tang på liner i havet, hvor tangsporer er podet på reb. Ifølge direktør Claus Marcussen er ambitionen at komme op på en langt større volumen.

”Lige nu bliver der importeret nordiske tangarter til Danmark, som vi selv kunne dyrke på liner. Vi kunne fx sagtens lave tyve gange så meget sukkertang ved Rørvig, hvis de politiske og økonomiske vilkår var mere gunstige,” siger Claus Marcussen.

Dansk Tang har hidtil ikke høstet tilstrækkelig med tang til at kunne promovere tang som fødevarer over for de store supermarkedskæder.

Tilladelser og sagsbehandling bremser udvikling

Dansk Tangs tilladelser til at dyrke tang rakte kun fem år frem, og de korte tilladelser har gjort det svært at lokke investorer til at sat-

se på dansk tangproduktion. Betingelserne er blevet lidt bedre, efter at miljøministeren tidligere i år besluttede at forlænge tilladelserne til ti år.

En anden udfordring er ifølge Claus Marcussen den lange sagsbehandling hos Kystdirektoratet, som skal afveje tangdyrkning i forhold til andre interesser som fiskeri, vindmøller, råstofudvinding, sejlruter og friluftsliv.

”Danmark er kommet langt med dyrkning af muslinger. Vi har meget kystlinje, og der burde også gøres en politisk indsats for at sætte fart i produktionen af tang,” mener Claus Marcussen.

Fokus på fire danske arter af tang

Der er over 400 arter af tang i havet omkring Danmark. De fire arter sukkertang, søsalat, søl og blæretang bliver høstet mhp. efterfølgende anvendelse. Dyrkningen sker typisk nær kysten med nedsænkede liner i havet. Tang hæfter sig med hæftetråde på rebene i vandet, der er podet med tangsporer.

Sukkertang er en stor, flerårig brunalge, som kan blive op til tre meter lang. Sukkertang trives bedst i temmelig salt havvand, som ikke er for varmt, og hvor der er en del strøm.

Søsalat er en grønalge, der vokser bedst i lavvandede fjorde. Den kræver masser af varme og næring.

Søl er en rødalge, der også kaldes ’havets bacon’, fordi smagen af ristet søl minder om bacon. Den er eftertragtet pga. en kraftig umami-smag.

Blæretang er en brunalge, der også er populær som fødevarer. Den kan dyrkes, men bliver indtil videre høstet i skove på havbunden ved flere kyster.

Tang som metanreducerende foder

Forskere på AU afprøver, hvorvidt tilsætning af to nordiske tangarter til foderet kan reducere udledningen af metan fra kvæg. Metan er som drivhusgas 80-90 gange kraftigere end CO₂, men har en ret kort levetid, cirka 12 år.

Et lille antal forsøgs kreaturer gennemgår behandlinger med hver af tangarterne, mens dyrene befinder sig i kamre, så det er muligt at foretage målinger af deres metanproduktion. Der er også et kontrolfoder uden tang i forsøget.

Mette Olaf Nielsen leder forsøget. Hun er professor på Institut for Husdyr- og Veterinærvidenskab på AU. Der er valgt de tangarter, forskerne tror mest på, og de har en forventning om at se et nedsat metanudslip. Blot kender de ikke niveauet.

Studiet har også til formål at identificere de bioaktive stoffer, der kan hæmme metandannelsen i vommen hos kvæg. Forskerne overvåger desuden, hvordan tilsætningen af tang til foder påvirker ædelyst og ydelser. De tjekker det mulige indhold af kritiske mineraler i tangen, heriblandt arsen, jod og kadmium.

Mette Olaf Nielsen baserer sin optimisme på simuleringer forud for den faktiske afprøvning på kvæg. Målet med AU-projektet er at finde bioaktive stoffer i tangen og opkoncentrere dem, så ekstrakter kan anvendes som fodertilsætning. Derefter følger en godkendelsesprocedure hos EU's fødevareragentur, EFSA.

Forskere i bl.a. Australien er lykkedes med at reducere metanudviklingen i vommen med op til 90 pct. hos kalve og med op til 35 pct. hos malkekø. Men det var med en tropisk rødalge, som udskiller uønskede halogenforbindelser og næppe vil blive godkendt som metanreducerende fodetilsætningsmiddel i EU.

En hollandsk producent fik tidligere i år godkendt et metanreducerende stof til fodertilsætning. Stoffet må dog ikke anvendes i økologiske kvægbesætninger.

Han forventer, at når der indføres den bebudede klimamærkning af fødevarer, vil det give et løft, fordi tang skiller sig positivt ud klimamæssigt.

En læreproces at bruge nye råvarer

Mens sushi med tangruller er japanernes nationalret, og tang traditionelt har haft en central plads på tallerkenen i Asien, er vi langsomme herhjemme til at inkludere tang i vores madlavning og mangler viden om håndtering af tangen. Og det til trods for, at tang bl.a. indeholder vitaminer, mineraler og essentielle fedtsyrer.

Ole G. Mouritsen er dr.scient. og professor emeritus på Institut for Fødevarervidenskab på KU. Han er centerleder for det tværfaglige forsknings- og formidlingscenter Smag for Livet samt præsident i Det Danske Gastronomiske Akademi.

Siden han udgav en bog om tang i 2009, har han holdt en lang række foredrag om tang med smagsprøver.

"Kravet er, om en god smag er opfyldt, når det gælder tang," fastslår Ole G. Mouritsen. Han forklarer, at tang har en meget mild smag, som er let salt eller sødlig afhængig af art og tilberedning, og den kan bidrage med umami, som plantekost generelt mangler.

Men det nytter ikke alene at appellere til fornuften, siger han og kritiserer de opdaterede officielle kostråd fra 2021, hvor klimahensyn blev inkluderet. Her er intet nævnt om smag.

De seneste år har Noma og andre gourmetrestauranter sat tang på menuen. Også Meyers Kantiner og andre kantiner bruger nu tang som ingrediens.

Men i de fleste hjem er man på bar bund, hvis tang skal bruges til et måltid.

"Det tager tid at lære at bruge nye råvarer i køkkenet. Vi skal finde ud af måder at tilberede det på," siger Ole G. Mouritsen om tang, der kan anvendes frisk, tørret og opblødt.

Fra klam til cool – de rette varer mangler

Hvis tang skal opnå et dansk gennembrud, skal det ifølge Ole G. Mouritsen være nemt og bekvemt at skaffe tang i supermarkederne. Men her er kun ganske få tangprodukter på hylenderne.

"Den overordnede erfaring er, at tang skal camoufleres lidt for at blive en salgssucces trods de gode fortrin. Der er en smagsfaktor, der gør sig gældende," siger Christian Nakskov, der er chef for bæredygtighedsinitiativer hos Salling Group.

I Coop forklarer kommunikations- og analysechef Lars Aarup, at der stadig ligger en udfordring i at finde danske tangprodukter, som er velsmagende og egner sig til detailhandelen.

Desuden er dansk tang fortsat ikke sat ind i måltidsmæssig sammenhæng på samme måde som tang i sushi, der vil kunne forvandle tangs omdømme fra klam til cool, mener Lars Aarup.

Regner Hansen er freelancejournalist.



BIO TEMA

20. årgang nr. 4, december 2022

Udgiver: DM BIO
dm.dk/bio

Redaktion: Mikael B. Hansen
(temareda^tør), BIO
Tage Majland
(ansv. redaktør), BIO

Kontakt til redaktionen:
MOMENTUM+
Peter Bangs Vej 30,
2000 Frederiksberg
Telefon 33 21 28 00
E-mail mbh@dm.dk

Annoncer:
Dansk Mediaforsyning Aps
Elkjærvej 19
8230 Åbyhøj
Kontaktperson: Ole Eriksson
Telefon: 89 48 50 52
E-mail: oe@dmfnet.dk

Abonnement: 4 numre kr. 320
ekskl. moms, løssalg kr. 95



Tryk: Jørn Thomsen Elbo A/S

Oplag: 4.707 i perioden
1. juli 2019 - 30. juni 2020
Danske Mediers Oplagskontrol

Forsidefoto:
Et hav af muligheder
Morten Rasmussen/Biofoto/
Ritzau Scanpix

**Næste nummer af
MOMENTUM+:**
Marts 2023

ISSN 2246-1388



Vi ser fremad med DM BIO

Denne gang har Momentum+ sat fokus på det blå og problemstillinger, hvor fjorde, hav, tang og fisk er i centrum.

Med 'det blå nummer' rammer vi en bredere faglighed, end læserne med base i JA eller DSL har været vant til. Redaktionens overvejelser omkring valget af tema var, at temamagasinet fra det nye år siger velkommen til akademikere med en anden, naturvidenskabelig baggrund såsom biologer og geologer.



Mikael B. Hansen
temareda^tør

Der sker det, at fra 1. januar 2023 bliver de tre foreninger JA, DM og DSL fusioneret til en fælles fagforening DM. Gennem et år har de tre fagforeninger haft fælles sekretariat samt det faglige fællesskab BIO. Nu hvor fusionen er en realitet, vil DM være en af de større fagforeninger i Danmark med over 67.000 medlemmer. Heraf har ca. 12.000 et professionelt afsæt inden for natur, fødevarer, landskab og miljø samlet i DM BIO.

Med det nye fællesskab får du grundlæggende en stærkere fagforening, der har et skarpt fokus på biovidenskab i bredeste forstand. Organisationen vil samtidig levere en markant profilering af fag- og ansættelsesområdet.

Redaktionen har i forbindelse med fusionen gennemført en læserundersøgelse for at sikre, vi er på rette vej. Og det er vi.

Tilbagemeldingerne var, at læserne i stort tal var glade for den dybe faglighed i Momentum+. De brugte ifølge analysebureauet lang tid på at læse artiklerne, som ifølge læserne havde en passende længde, de foretrak det fysiske blad og delte gerne bladet med kolleger.

Vi vil grundigt gennemgå alle de gode forslag til kommende temaer, som mange af læserundersøgelsens deltagere har brugt tid på at formulere.

Der kommer ændringer i det nye år. På læsernes opfordring udvider vi sidetallet med mulighed for enten at udfolde et endnu bredere tema eller at bringe artikler, som ikke nødvendigvis er inden for temaets faglige rammer. Desuden vil vi tilbyde det fysiske blad til de DM-medlemmer, der er en del af DM BIO.

Al henvendelse til: DM BIO, Peter Bangs Vej 30, 2000 Frederiksberg



Arrangementer i DM BIO 2023

Bliv fagligt inspireret, og mød kollegaer eller fagfæller til de mange BIO-arrangementer – både fysisk og online:

- Netværksarrangementer landet rundt – foredrag, virksomhedsbesøg, udflugter til skov, park eller landskab mv.
- BIO ONLINE – webinarer med faglige profiler om aktuelle emner inden for natur, fødevarer, landskab og miljø
- BIO LIVE – konferencer med stærke oplæg, inspirerende debatter og gode muligheder for at netværke

Tjek kalenderen for DM BIO arrangementer:
dm.dk/bio/arrangementer-i-bio