

NOTAT



**Miljø- og
Fødevareministeriet**
Departementet

Vand og Hav
J.nr. 2020-5222
Ref. JOMDY
Den 24. marts 2020

Aarhus Universitets svar på MOF alm. del 681

Aarhus Universitet, Institut for Bioscience er blevet forelagt ordlyden af MOF alm. del 681 og har givet følgende svar på spørgsmålet:

Spørgsmål 681

Aarhus Universitet har i notat af 6. januar 2020 om "Referencetilførsler af kvælstof til brug for Vandplan 3", som ministeren sendte til Miljø- og Fødevareudvalget den 13. januar 2020, jf. MOF alm. del - bilag 260, oplyst, at "Det vil tage tid (flere år) før øgede næringsstoftilførsler slår fuldt igennem på lysforholdene og endvidere er sunde ålegræsbede relativt robuste, således at de kan tåle mere stress over længere tid end svagere bestande". Hvor lang tid anslår universitetet, at der går, før øget kvælstoftilførsel medfører øget algevækst, og hvor mange år anslår universitetet, at en robust ålegræsbestand kan overleve lysmangel?

Konklusion

Øgede kvælstoftilførsler til et næringsbegrænset system vil i vækstperioden hurtigt (dage/uger) give anledning til øget algevækst. På kort sigt (sæson) vil dette ikke påvirke ålegræssets udbredelse, da de levende alger i sig selv kun står for en mindre del af lyssvækkelsen. Den største del af lyssvækkelsen skyldes det organiske stof, som algerne producerer, og som omdannes til humusstoffer i vandet og på havbunden. Det organiske stof nedbrydes kun langsomt og akkumuleres derfor over årtier og medvirker til en gradvis stigende lyssvækkelse. Det er således først på længere sigt (år til årtier), at den fulde effekt af øgede næringsstoftilførsler slår igennem på lysforholdene. Det afgørende for ålegræssets udbredelse er derfor den stadige akkumulering af organisk stof (mudder) gennem årtier ved vedvarende forhøjede tilførsler af næringsstoffer. En anden forsinkende faktor er, at ålegræs optager og tilbageholder en væsentlig del af næringsstofferne. En veletableret ålegræspopulation, som vokser i klart og relativt næringsfattigt vand i vækstsæsonen, kan derfor tåle let forøgede næringsstoftilførsler i mange år uden væsentlige negative effekter. Ålegræsset forsvinder først, når vandet er vedvarende uklart pga. organisk stof akkumuleret over årtier. Det organiske stof ophvirvles i vandsøjlen og giver mere uklart vand. Desuden forårsager det organiske stof iltsvind i og ved bunden og giver en løs og mudret bund. Disse faktorer tilsammen kan få ålegræsbestande til at bryde sammen. Sådanne sammenbrud sker ofte pludseligt i et område. Det er således en tipping-point effekt (regimeskift eller selvforstærkende effekt), hvor etablerede bestande i udgangspunkt er modstandsdygtige, men så kan forsvinde fra et område i løbet af få år, når forholdene forværres ud over et vist niveau.

Tal i parentes henviser til kilder eller uddybende bemærkninger nederst i dokumentet.

Baggrund

Ålegræs var tidligere vidt udbredt langs vores kyster og udgjorde en central komponent i de kystnære økosystemer. Omkring år 1900 blev det vurderet, at ålegræsset dækkede omkring 6.726 km² i danske fjord- og kystområder (1). Da den danske kystlinje er ca 7.000 km lang, svarer det til, at vores kyster var omkranset af et næsten 1 km bredt ålegræsbelte. Vi ved fra gamle opmålinger fra omkring år 1900, at ålegræs dækkede ca. 70 procent af fjordbunden i fx Roskilde Fjord (1). I fjordene forekom ålegræs ud til dybder på 4 til 8 m og i Kattegat og Bælthavet ud til omkring 11 m (2). Dette er minimumsdybder. Der har antageligt været spredte ålegræsbestande ude på dybere vand (3). Der er også anekdotiske optegnelser, som beskriver ålegræs ned til 17 m's dybde i den vestlige Østersø i 1880'erne (4) og 21 m i Kiel Bugt.

En afgørende forudsætning for dybdeudbredelsen af ålegræs er vandets klarhed, som bestemmer den mængde lys, der når bunden. Allerede omkring år 1900 blev det beskrevet, at ålegræsset voksede ca. så dybt som sigtdybden (Secchi-dybden, dvs. den dybde hvor man netop kan se en hvid skive fra overfladen). Der findes kun enkelte målinger af sigtdybden omkring år 1900, men der er dokumentation for, at vandet langs Østjyllands kyst havde en klarhed, så man kunne se en hvid skive ned til >10 m's dybde (2).

Vandets klarhed bestemmes primært af indholdet af organisk stof i vandet, som dannes ud fra algevækst (5). En sigtdybde på 12 m kan omregnes til en total kvælstofkoncentration på omkring 0,11 mg l⁻¹ (6), hvilket er ca 1/3 af koncentrationen i dag (7) og vil svare til en kvælstofkoncentration i åmundingen på omkring 1,2 mg l⁻¹ kvælstof. Koncentrationerne i åmundingen omkring år 1900 er tidligere estimeret til mellem 1 og 2 mg l⁻¹ (8). Det er næsten 3 gange højere end koncentrationen på 0,44 mg l⁻¹ total kvælstof fra et uberørt (pristint) landskab (9). Andre beregninger (10) af kvælstofkoncentrationer i Kattegat viser lave og næsten uforandrede værdier fra år 1850 og frem til begyndelsen af 1920'erne, hvilket stemmer med tidligere beregninger af kvælstofoverskuddet i danske landbrug, som også begynder at stige efter 1. verdenskrig (11).

Svar

Vi kan derfor med god sikkerhed konkludere, at de historiske ålegræsbestande op gennem 1800-tallet og frem til i hvert fald år 1900 voksede i klart og relativt næringsfattigt vand. Kvælstofkoncentrationerne har med stor sandsynlighed været tæt på nul vækstsæsonen. I den situation vil en mindre forøgelse af næringsstofftilførslerne ikke have væsentlige negative effekter på udbredelsen af ålegræs. Det skyldes 4 forhold:

- 1) En øget tilførsel af kvælstof vil i første omgang (dage) give anledning til en øget algevækst, men kvælstoffet vil hurtigt (uger) blive opsuget af ålegræs og andre organismer, idet man må antage, at alle organismer har været under kraftigt kvælstofmangel. Ålegræsset har fungeret som et kvælstoffilter, der både opsuger kvælstof fra land i den stående biomasse, bidrager til begravelse af kvælstof i havbunden og til fjernelse af kvælstof som fri kvælstofgas ved kvælstofånding (denitrifikation). Det samlede potentiale for nettokvælstoffjernelse i en ålegræseng, i forhold til en bar havbund, er netop blevet målt for et ålegræsøkosystem i USA til ca 6,3 g N m⁻² år⁻¹ (62,5 kg N ha⁻¹ år⁻¹) (11). De tidligere vidt udbredte ålegræsbestande i Danmark var derfor et meget effektivt kvælstofvirkemiddel, der virkede som et filter mellem land og havet og omsatte næringsstoffer på en måde, som ikke påvirkede de marine økosystemer negativt.
- 2) Lyssvækkelsen i havet skyldes som nævnt primært den samlede koncentration af organisk stof (levende og døde alger, opløste humusstoffer og partikler fra planter og dyr). De nuværende dårlige lysforhold skyldes en akkumulering af organisk stof over

mange årtier. Op til og omkring år 1900 må vi antage, at algevæksten har været permanent lav pga. de lave koncentrationer af kvælstof, og der har kun været ganske lidt organisk stof i systemet.

- 3) En veletableret, tæt og udbredt ålegræsbestand betyder, at bølger og strøm kun i ringe grad påvirker havbunden og derfor ikke hvirvler sediment op. Samtidig vil sediment, som kommer op, hurtigt bundfældes i det stille vand mellem ålegræsbladene. Ålegræsset nedsætter dermed resuspensionen (ophvirvling af havbunden) og skaber gode lysforhold for sig selv (13). Omvendt, når ålegræsset er væk, som er situationen mange steder i dag, er det svært at få det tilbage, b.la. fordi bunden er ustabil, ofte består af mudder, og ophvirvling af materiale fra bunden let giver uklart vand (14).
- 4) Det lave niveau af organisk stof i havbunden har også betydet, at iltsvind ikke var nær så udbredt. Iltsvind er anden væsentlig faktor, ud over lys, som i dag begrænser ålegræssets forekomst, idet ålegræs ikke tåler lave iltkoncentrationer omkring bladene.

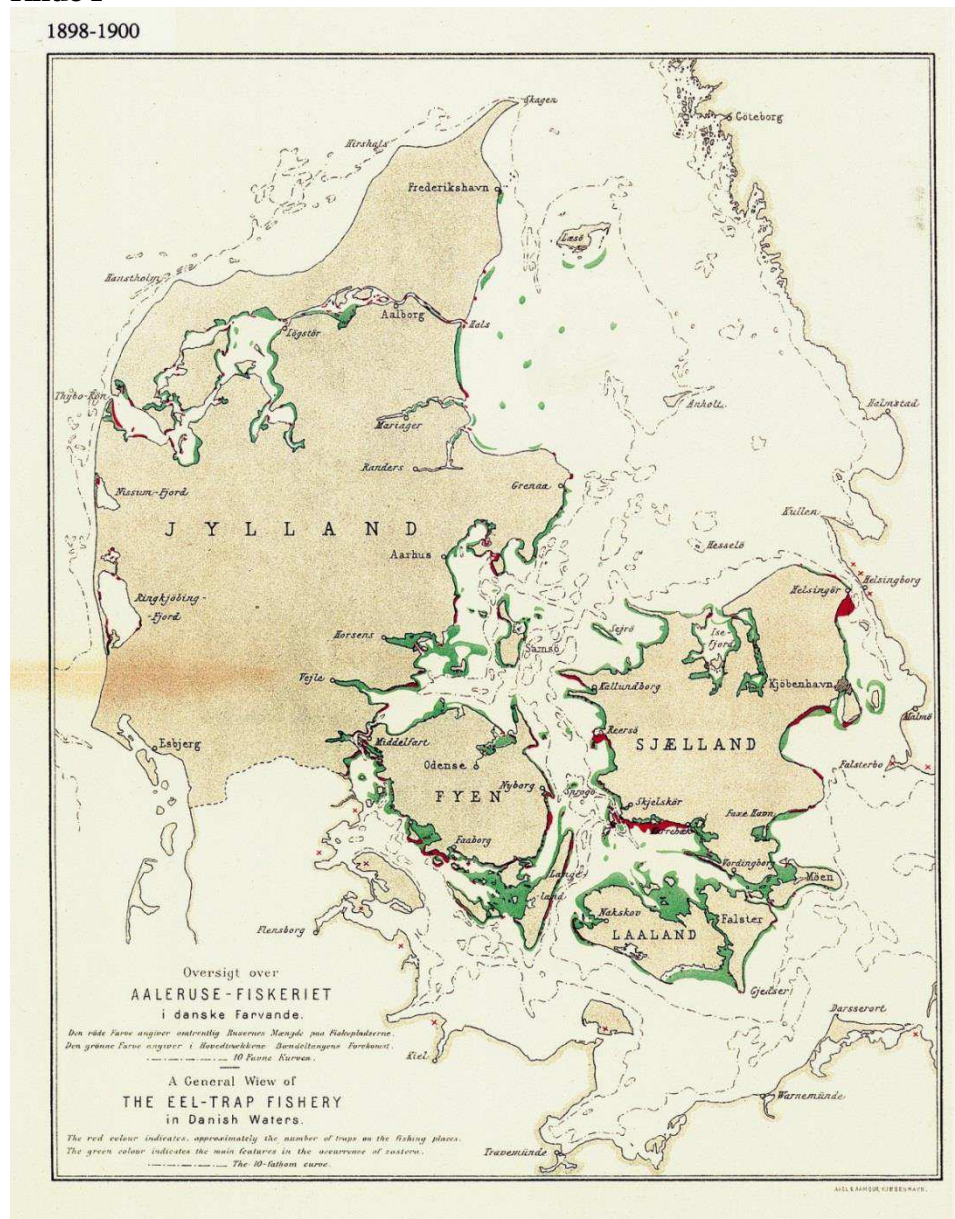
I spørgsmålet står der *'hvor mange år anslår universitetet, at en robust ålegræsbestand kan overleve lysmangel?'*

Ålegræs, som vokser ved dybdegrænsen, er altid lysbegrænset, medmindre dybdeudbredelsen er reguleret af substratforhold. Ålegræs er en stauede, som i vækstsæsonen akkumulerer energi i jordstængler (rhizomer). Denne energi bruges til at overleve vinteren og skyde om foråret. Den mindste lysmængde planten kan klare sig med på et år, bestemmer dybdegrænsen og styres af den lysmængde, der kræves, for at planten kan producere tilstrækkeligt med forråd til at overleve vinteren samt sætte næste års blade. I naturen vil den samlede lysmængden på bunden variere fra år til år pga. variationer i overfladeindstrålingen og vandets klarhed. Overlevelsen af den enkelte plante er derfor en dynamisk proces, hvor planten i nogle år kan være i energiunderskud, som så kompenseres i andre år med gode vækstbetingelser. Man kan således ikke give et bestemt tidsrum for 'overlevelse', da det afhænger af graden af lysbegrænsning. For bestande er det, som nævnt ovenfor, en 'tipping-point' proces, som starter med, at de enkelte planter får færre og mindre blade, og nogle af dem dør. Det fører til udtynding af bestanden. Dermed aftager de positive effekter af en stor samlet bestand, som er beskrevet ovenfor, hvilket så forøger dødeligheden af de enkelte planter. Det er selvforstærkende, og så kan hele bestanden forsvinder på kort tid.

Man kan således ikke sige, at planten, eller bestanden, ikke kan overleve lysmangel, for der er altid lysmangel ved dybdegrænsen, men bestandene stresses gradvist, når vandet bliver mere uklart, indtil bestandens modstandskraft, ofte pludseligt, forsvinder.

Kilde 1

1898-1900



Gammelt kort med optegnelser af ålegræs og åleruser. Bemærk at ålegræs dække næsten hele Roskilde Fjord og store områder i det Sydfynske Øhav.

Petersen JCG (1914) Om bændeltangens (*Zostera marina*) aars-produktion i de danske farvande. Kap. X i Jungersen HFE og Warming Eug. Mindeskrift i anledning af hundredåret for Japetus Steenstrups fødsel. I Kommission hos G.E.C. Gad, København. Bianco Lunos Bogtrykkeri: Copenhagen.

Kilde 2

Gennemgaaende gaar Aalegræsset dybest ned i de aabne Farvande, hvor Vandet er mest gennemsigtigt, og mindst dybt i det grumsele Fjordrivand. De nøjagtigere Tal findes anførte i det bøg i Afhandlingen offentliggjorte Observationsmateriale (S. 46—61); men som almindelige Resultater for de forskellige af vore Farvande kan følgende Tal gælde:

I Limfjorden ligger Grænsen ved omtrent	3 Fv. (ca. 5,3 Meter),
- Kattegat (Aalborg Bugt) næsten	6 Fv. (ca. 11,0 Meter),
- Store Bælt og Langelandsbælt omtrent	5½ Fv. (ca. 10,4 Meter),
- Lille Bælt omtrent	4½ Fv. (ca. 8,3 Meter),
- Farvandet mellem Samsø og Jylland omtrent	5 Fv. (ca. 9,3 Meter),
- Smålandslavet (den aabne Del) omtrent	4½ Fv. (ca. 8,3 Meter),
- Oresund og Sjællands Nordkyst omkring	4½—5 Fv. (ca. 8,3—9,3 Meter),
- Østersøen (Fakse Bugt) omkring	4 Fv. (ca. 7,3 Meter),
- Østersøen (ud for Falster) omtrent	5½ Fv. (ca. 10,4 Meter).

De mindre Sunde og Fjorde følger nærmest Limfjorden, saaledes at omtrent 3 Fv. (ca. 5,3 Meter) er Dybdegrænsen, f. Eks. Guldborgsund og Fæmø Sund; ja i Bøgestrommen endog kun ca. 2 Fv.

Dybdegrænsen veksler saaledes mellem næsten 6 Fv. (ca. 11 Meter) i det klareste Vand og 2—3 Fv. (ca. 4—5,3 Meter) i det mindre klare, men dog friske Vand, som findes i Fjordene. Ydergrænsen, ca. 6 Fv., er noget lavere end den tidligere er angivet for vore Farvande. Saaledes nævner C. G. Joh. Petersen for Kattegats Vedkommende 6—7 Fv.¹⁾ og for Lille Bælts 4—5, ja endog 6 Fv.²⁾. J. Reinke³⁾ mener at have fundet Aalegræs i den vestlige Østerse »vereinzelt bis

Ovenstående er de originale optegnelse fra Ostenfeld CH (1908) Aalegræssets *Zostera marina*'s udbredelse i vore farvande. I Petersen CGJ (ed.). Beretning til Landbrugsministeriet fra den danske biologiske station., Centraltrykkeriet XVI: Copenhagen.

Kilde 3

De gamle målinger blev foretaget med en rive, som blev kastet ud fra en båd. Fik man ålegræs med op, viste man, at det voksede på den dybde. Yderst ved sin dybdegrænse vokser ålegræs typisk spredt, og den metode vil derfor ikke fange de yderst spredte planter, og derfor systematisk underestimere dybdeudbredelsen.

Kilde 4

Reinke J (1889) Algenflora der westlichen Ostsee deutschen Antheils. Eine systematisch-pflanzengeographische Studie. Schmidt and Klaunig; Kiel. (s. 12).

Kilde 12

Aoki LR & McGlathery KJ (2018) Restoration enhances denitrification and DNRA in subsurface sediments of *Zostera marina* seagrass meadows. *Marine Ecology Progress Series* 602: 87-102.

Kilde 13

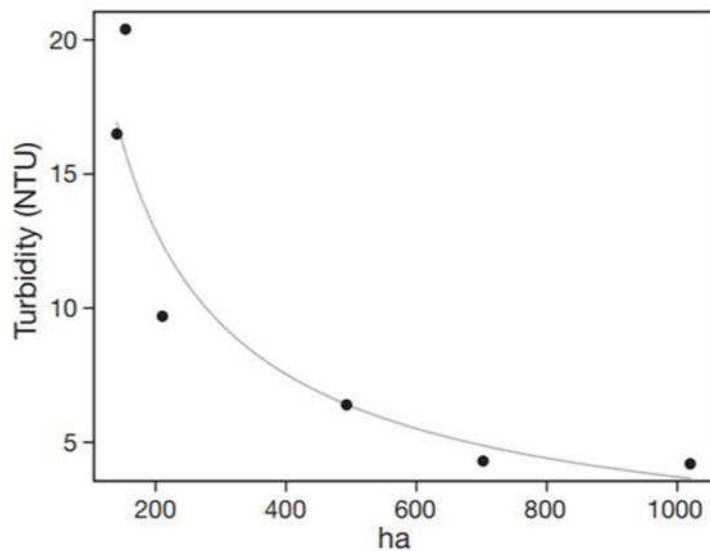


Fig. 9. *Zostera marina*. Relationship between yearly June to July South Bay median turbidity and yearly abundance (ha). The power regression function is $y = 780.65x^{-0.775}$, where $R^2 = 0.9287$

Figur som viser, at udbredelsen af ålegræs aftager, når der er mange partikler i vandet. Data fra USA's østkyst.

Orth et al. (2012) Seed addition facilitates eelgrass recovery in a coastal bay system. *Marine Ecology Progress Series* 448: 177-195.

Kilde 14

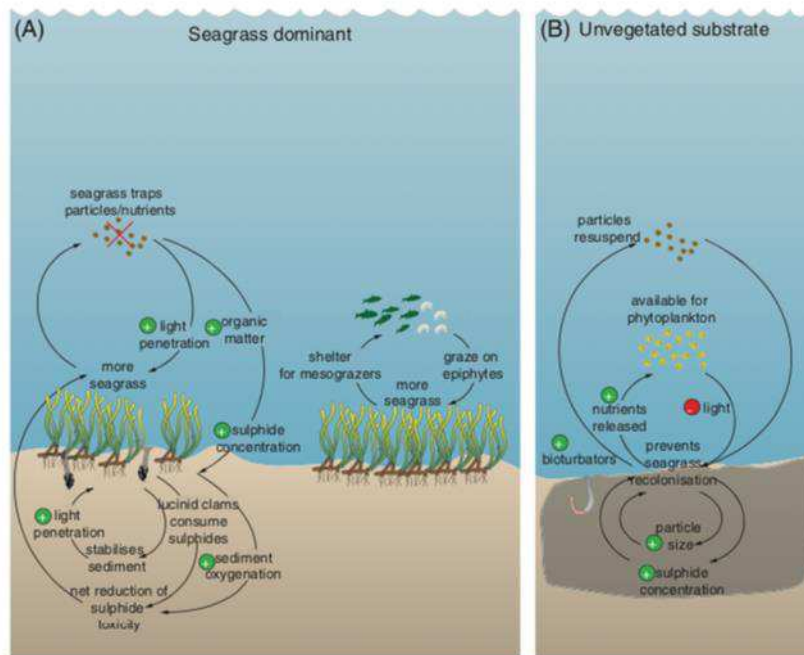


Fig. 1. Feedback loops in seagrass ecosystems that control the stability of alternate regimes. (A) Seagrass dominant; (B) unvegetated. + (Green) symbols indicate an increase and – (red) symbols indicate a decrease in levels.

Maxwell PS, Eklöf JS, van Katwijk MM, O'Brien KR, de la Torre- Castro M, Boström C, ... & van der Heide T (2017). The fundamental role of ecological feedback mechanisms for the adaptive management of seagrass ecosystems – a review. *Biological Reviews* 92(3): 1521-1538.