

PINNGORTITALERIFFIK · GRØNLANDS NATURINSTITUT

# Forsøgsdyrkning af tang i Grønland

Gennemprøvning af metode



**Susse Wegeberg, Ole Geertz-Hansen og Agnes Mols-Mortensen**

Teknisk rapport nr. 114, 2021



Titel: Forsøgsdyrkning af tang i Grønland. Gennemprøvning af metode

Forfattere: Susse Wegeberg<sup>1</sup>, Ole Geertz-Hansen<sup>2</sup>, Agens Mols-Mortensen<sup>3</sup>

Institutioner: <sup>1</sup>Institut for Bioscience, Aarhus Universitet, <sup>2</sup>Grønlands Naturinstitut, <sup>3</sup>Tarí - Faroe Seaweeds / Fiskaaling

Udgiver: Grønlands Naturinstitut

Serie: Teknisk rapport nr. 114, 2021

Web: <https://natur.gl/>

Publikationsdato: Februar 2021

Økonomisk Støtte: Nordisk Ministerråd, Arktisk Samarbejdsprogram

Projekt: "Forsøgsdyrkning af tang i Grønland"

ISSN: 1397-3657

ISBN: 87-91214-92-0

EAN: 9788791214929

Citation: Wegeberg, S, Geertz-Hansen O, Mols-Mortensen A. 2020. Forsøgsdyrkning af tang i Grønland. Gennemprøvning af metode. Grønlands Naturinstitut, 21 pp.

# Indhold

<b>Sammenfatning</b> .....	<b>1</b>
<b>Eqikkaaneq</b> .....	<b>1</b>
<b>Summary</b> .....	<b>2</b>
<b>Introduktion</b> .....	<b>3</b>
<b>Materialer og metoder</b> .....	<b>5</b>
Indsamling af fertilt materiale .....	6
Såliner; sporulering, innokulering og udvikling af kimplanter på liner .....	8
Tilvækst af sporofyter til havs .....	10
Måling af fysiske parametre i forbindelse med sporofyttilvækst .....	11
<b>Resultater</b> .....	<b>11</b>
Havvandstemperatur og lysintensitet .....	11
Vækst .....	13
<b>Udfordringer for dyrkning af tang i Grønland</b> .....	<b>15</b>
Havis, overisning og storm .....	15
Fouling .....	15
<b>Referencer</b> .....	<b>17</b>

## Sammenfatning

Interessen for tang som fødevarer, foder, råmateriale til udvinding af tilsætningsstoffer til fødevarer og kosmetik, eller til bioenergi er stigende. Høst af "vild" tang kan ikke dække behovet på verdensplan, og langt størstedelen af forbruget dækkes af tang dyrket på liner eller net.

Den vilde tangressource i Grønland er stort set endnu ikke udnyttet. Men høst af vild tang i stor skala kan have uønskede økologiske konsekvenser, og da man ved dyrkning yderligere har mulighed for at vælge arter og styre kvaliteten, har vi vurderet, at det alligevel er værd at undersøge muligheden for tangdyrkning i Grønland. Der dyrkes tang på liner i de fleste lande i Nordatlanten, men under andre miljømæssige forhold end i Grønland.

Vi har taget udgangspunkt i en velkendt dyrkningsprotokol for sporulering, innokulering og udvikling af kimplanter på liner for store bladtangarter, som er tilpasset danske og færøske forhold. Vi har anvendt protokollen på to arter af brunalger, vingetang (*Alaria esculenta*) og en sukkertangart (*Saccharina* spp.), for bl.a. at kunne sammenligne resultaterne for de samme arter fra Færøerne. Protokollen er gennemgået i rapporten.

Resultaterne fra dyrkningsforsøgene viser, at metoden fungerer under grønlandske forhold, og at de opnåede længdetilvækster er af samme størrelse som i de færøske studier. Metoden bør dog optimeres for at opnå kommercielt relevante biomasser, herunder udfordringer med havis og isbjerge, der skal håndteres i forbindelse med anlæg i stor skala.

## Eqikkaaneq

Qeqqussat soqutigineqaraluttuinnarput, soorlu nerisassiornermi, nerukkaatissaliornermi, akuisa ilaasa nerisassanut, amigissaatinullu atorineqarnissaannut pinngortitameersunilluunniit nukissiutiliornermi atorineqarnissaat soqutigineqaleraluttuinnarput. Qeqqussanik "pinngortitameersunik" naatitsigaluaaraanniluunniit nunarsuarmi atorfissaqartitsisorpassuarnut naammannaviangillat, qeqqussallu atugassat amerlanerpaartaat allunaasani qassutaasaniluunniit naatinneqartarput.

Qeqqussat Kalaallit Nunaanneersut atorluarneqanngilluinnarput. Qeqqussanilli annertuumik naatitsissagaanni uumassuseqatigiiaanut kissaatiginanngitsumik tamanna kinguneqartitsisinnaavoq, naatitsissagaannili sorliit naatinniarnerlugit toqqaasoqarsinnaavoq pitsaassusissaalu nammineq aqullugu, taamaattumik-una Kalaallit Nunaanni qeqqussanik naatitsisoqarsinnaanersoq paasinialugu misissuisoqarnissaa piukkullutigu naliliisugut. Atlantikup Avannaani nunani amerlanerpaani qeqqussat allunaasami naatinneqartarput, Kalaallilli Nunaannut naleqqiullugu allarluinnarmik avatangiiseqartumi pisarluni.

Nutaaliorfissaliorneq, nutaalialiorfik qeqqussallu pilutakkaat allunaasani kingunissaliorarnissaannut ineriartortitsinerit, qallunaat nunaanni savalimmiunilu atugassatut tulluarsakkat pillugit naatitsinermut najoqqutassat ilisimaneqarluartut aallaavigaagut. Piukkussatullu nalunaarsukkagut tassaapput equutikut qeqqussallu assigiinngitsut marluk, tassalu sulluitsoq (*Alaria esculenta*) aammalu uisuk (*Saccharina* spp.), Savalimmiuni naatitaasartunut assersuunneqarsinnaaniassammata. Nalunaarsuusiorfik suunersooq nalunaarusiami nassuiaatigineqarpoq.

Misileraanerit takutippaat naatitseriaatsit taakkua Kalaallit Nunaanni atorineqarsinnaasut, qeqqussallu nunatsinni naatitat Savalimmiuniittutuullu takissuseqalartartut. Periusarineqartorli pitsanngorsartariaqarpoq ingammik iluanaarutaasumik naatitsisoqartassappat annertuumik

tunisassortoqartariaqartassagami, matumanilu immap sikuata ilulissallu  
ajornartorsioirtitsisinnaaneri aamma eqqarsaatigineqartariaqarput.

## Summary

There is an increasing interest in seaweed for food, fodder, in cosmetics, as functional ingredients, and for biofuel. Harvest of wild stocks cannot cover the demand globally and the main part of the biomass for industry are in fact cultivated.

The wild stocks of seaweed in Greenland have yet not been exploited. However, harvest of wild stock may result in ecological side effects and consequences. Further, by cultivation, it is possible to produce biomass of a selected species and of high quality. Therefore, we considered that it was worthwhile to investigate whether kelp cultivation was an option in Greenland. Kelp species are cultivated on lines at sea in most countries in the North Atlantic, but under temperate environmental conditions, and not Arctic, as in Greenland.

We based the cultivation trial on already established cultivation protocols for sporulation, inoculation and development of sporelings on seed lines for kelp species, and which were adapted to Danish and Faroese conditions. We used the protocol for cultivation of the two kelp species *Alaria esculenta* and *Saccharina* spp. for being able to compare the results for the same species cultivated in the Faroe Islands. The procedure of the protocol is explained in the report.

The results from the pilot cultivation is a proof of concept in Greenland and the elongation growth is comparable with those obtained in the Faroe Islands. For commercial amounts of biomass, the method needs optimisation, which include management of challenges such as sea ice and ice bergs.

## Introduktion

Efterhånden som interessen for at høste den naturligt forekommende tang i Grønland stiger, øges også behovet for at kende til alternativet, som er dyrkning af tang på liner. Dyrkning af tang på liner finder sted i de fleste lande i den nordlige del af Nordatlanten, Canada, Færøerne, Norge, de Britiske øer og i Danmark, men er aldrig afprøvet i Grønland.

Dette projekt skal ikke vurdere den økosystem- og miljømæssige effekt af at høste tang i Grønland, men om det er et reelt alternativ at dyrke tang på liner. Denne viden er fuldstændig grundlæggende i forhold til en fremtidig udnyttelse og forvaltning af Grønlands tangressourcer og bevarelse af biodiversiteten i de grønlandske tangskove. Kunne man forestille sig en forvaltning og regulering af tanghøst, der indebar supplerende eller kompensationsproduktion af dyrket tang?

I Grønland er der en stigende interesse for udnyttelse af den udbredte makroalgevegetation langs kysterne. Makroalgerne anerkendes i udbredt grad som en marin ressource, og som del af den "blå biomasse". Makroalger anvendes direkte til konsum, hvilket er velkendt i Grønland, men ekstrakter fra makroalger kan også anvendes i industrien for funktionelle fødevarerprodukter, til kosmetik, til dyrefoder og som gødning - endvidere har der de senere år været en øget interesse for og forskning i at anvende marin primærproduktion til bioenergi (f.eks. Adams et al. 2011, Bruhn et al. 2011, og referencer heri, Wegeberg & Feldby 2010).

I Grønland findes en lang tradition for at høste naturens levende ressourcer. Hele befolkningen har i princippet fri ret til denne udnyttelse, medmindre der findes konkrete reguleringer til beskyttelse af arter eller naturområder. I den forbindelse er der ikke taget højde for høst og udnyttelse af makroalger.

Makroalger danner kraftige bæltter af vegetation i de kystnære farvande langs de grønlandske kyster (for eksempel Krause-Jensen et al. 2012, 2019, Wegeberg 2012, 2013). Tangen er samfundsdanner og understøtter et kompliceret økologisk system af dyr, der lever af og i tangskoven, og fungerer også som opvækstområder for en række arter, herunder fiskearter (Dunton & Schell 1987, Fredriksen 2003, Norderhaug et al. 2005, 2020, Christie et al. 2003, 2009, Lippert et al. 2001, Wlodarska-Kowalsczuk et al. 2009). Der er derfor vanskeligt at kortlægge og forudsige kaskadeeffekter i tangskovens økosystem ved høst uden meget detaljerede undersøgelser, hvoraf der endnu kun er få (Wegeberg 2007, upublicerede data fra Kap Farvel, Norderhaug et al 2020). Hertil skal lægges den kumulative effekt af den visse steder omfattende indvirkning af søpindsvins græsning på tangskoven. Der er observeret store områder i Vestgrønland, f.eks. ved Uumannaq, Upernavik og Nuuk, hvor tangskoven helt er forsvundet som følge af store forekomster af søpindsvin (pers. obs, Martin Blicher pers. comm.). På baggrund af store huller i den nuværende viden om dynamikken mellem tangskov og søpindsvin i Grønland er det ikke muligt at vurdere om og hvornår tangskoven genetableres på tilsvarende vis, som den kortlagte vekselvirkning mellem søpindsvins nedgræsning og genvækst af tangskov, der kendes for det vestlige Nordatlanten (Elnor & Vadas 1990). Ud over de økosystemmæssige konsekvenser af nedgræsninger kan dette også være en joker i forhold til leveringssikkerhed, hvis man baserer en produktion af tang på høst af naturlige ressourcer.

Alternativet til høst af de naturligt forekommende makroalgerressourcer er en line-baseret dyrkning af makroalger. Her "sås" algesporer på liner, der sættes ud i havet for den videre vækst af algerne. Algerne høstes fra linerne, når den optimale mængde og kvalitet af biomasse er opnået. Dyrkning af makroalger til kommercielle formål anses ikke for at være miljøforstyrrende, selvom betydningen af konkurrence om lys og næringssalte ikke er kortlagt.

Nærværende projekt har undersøgt om dyrkning af tang på liner kunne være et alternativ til høst af tang i Grønland; kan makroalger dyrkes i Grønland og kan dyrkning af makroalger være en miljømæssig og økonomisk forsvarlig måde at producere makroalgebiomasse på i Grønland? Er vækstraten tilstrækkelig høj til at sikre tilstrækkeligt afkast og kunne kvaliteten af den grønlandske tang være særlig attraktiv? Her tænkes særligt på indholdet af jod, som for nogle tangarter visse steder i verden modsat er i den høje ende af det sundhedsmæssigt ønskelige.

For at vurdere potentialet i vækstraten hos de udvalgte arter sammenlignes med resultater fra dyrkningsforsøg udført på Færøerne (Mols-Mortensen et al & Wegeberg 2007), da det er eneste relevante, sted hvorfra vi vil finde tilsvarende resultater for *Alaria esculenta*.

I projektet Integreret akvakultur i Grønland og på Færøerne - undersøgelse af potentialet for dyrkning af tang og muligt grønlandsk fiskeopdræt (SPUMA), bevilget af Nordisk Råd, Arktisk Samarbejdspulje, blev muligheden for at opbygge et integreret multitrofisk akvakultur (IMTA) koncept i Grønland vurderet og potentialet af IMTA-komponenterne, opdræt af fisk, dyrkning af tang, blev vurderet (Wegeberg et al. 2013). Rapporten konkluderer bl.a. at de enkelte IMTA-komponenter indledningsvis bør undersøges separat før de samles i et IMTA-koncept, da flere af komponenterne ikke er forsøgt dyrket / opdrættet i Grønland. Potentialet i dyrkning af tang i Grønland blev vurderet af Susse Wegeberg, og det konkluderes at "som led i en vurdering af potentialet af kommerciel makroalgeudnyttelse i Grønland anbefales det, at dyrkning af tang testes, [...], og det anbefales at man indledningsvis forsøgsdyrker brunalgerne *Alaria esculenta*, *Laminaria nigripes* og *Saccharina latissima* samt rødalgen *Palmaria palmata*, men vurderer at følgende arter, som er unikke for Grønland i nordisk sammenhæng, kunne have dyrkningspotentiale: brunalgerne *Agarum clathratum* og *Sacchorhiza dermatodea* samt rødalgen *Turnerella pennyi*.

Den endelige SPUMA-rapport (DCE-rapport nr.2013/82) er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som <http://dce2.au.dk/pub/SR82.pdf>.

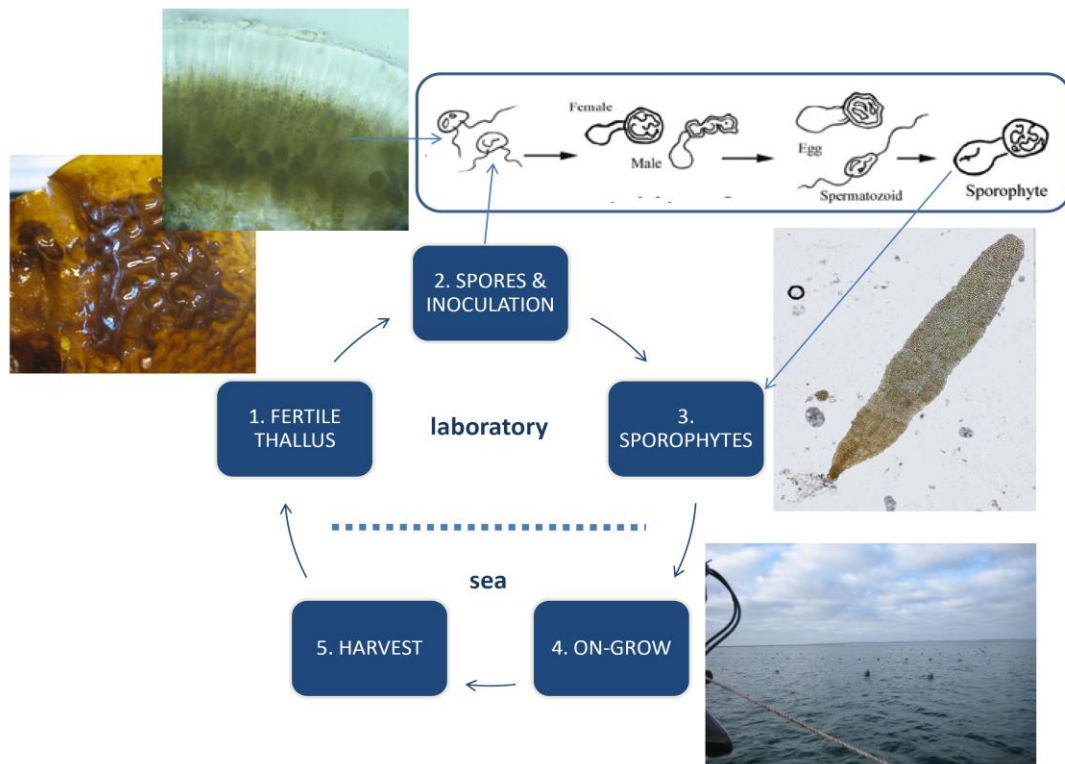
Projektets konkrete formål er således at gennemføre dyrkning af to tang-arter, *Alaria esculenta* og *Saccharina latissima*, på liner i Grønland i et pilotforsøg, med henblik på at undersøge hvorvidt dette er muligt under de givne forhold, og om hvorvidt produktionen er lovende både i forhold til kvantitet og kvalitet; er vækstraten tilstrækkelig høj, og er niveauet af indholdsstoffer konkurrencedygtige. Dette vurderes i forhold til forsøgsdyrkning / -produktion af samme arter på Færøerne.

# Materialer og metoder

Ved havbaseret dyrkning af tang skal der først produceres såliner, hvor flagliner tilsås med sporer fra udvalgte arter. Sporerne skal gennem udviklingsstadier over gametofyter til sporofyt-stadiet, som er den generation, der skal vokse sig stor i havet. For flere detaljer om algers livshistorier, se fx Wegeberg & Felby (2009).

Protokollen for dyrkning af de store bladtangsarter er velafprøvet i fx Canada, Danmark, Færøerne, Irland og Tyskland (Lüning & Müller 1978, Buch & Buchholz 2004, Kraan & Guiry 1998, Mols-Mortensen & Wegeberg 2007, Shea & Chopin 2007, Wegeberg 2010), og består i store træk af følgende trin (Figur 1):

1. Indsamling af fertile individer (kan være årstidsbestemt)
2. Sporulering og inokulering; frigivelse af sporer, som hældes i næringsberiget havvand, hvor liner er placeret og som sporerne kan settle på
3. Etablering af kimplanter; livshistorien gennemføres under specifikke laboratoriebetingelser
4. Vækst af sporofyter i havet
5. Høst.



Figur 1. Dyrkning af *Saccharina latissima*, produktionscyklus. Se tekst for forklaring.

I projektet er protokollerne for *Alaria esculenta* og *Saccharina latissima* fra Færøerne og Danmark blevet tilpasset og udviklet (Mols-Mortensen et al. 2007 og Wegeberg 2009), og metodeafprøvelse samt de specifikke dyrkningsdetaljer er beskrevet nedenfor.



## Indsamling af fertilt materiale

Fertile individer af *Alaria esculenta* og *Saccharina* sp. blev indsamlet i og ved Kobbefjord, Nuuk (Tabel 1).

Tabel 1. Indsamlingsdata for arterne til forsøgsdyrkingen.

Art	Lokalitet	Koordinater	Indsamlingsdato	Dybde (m)
<i>Alaria esculenta</i>	Rypeø	64°07,9' N	26.09.2014	3 - 5
		51°41,3' V	30.07.2015	
<i>Saccharina</i> sp.	Kobbefjord i "knækket"	64°10,5' N	26.09.2014	5 - 7
		51°29,9' V	30.07.2015	

Det indsamlede grønlandske materiale af *Saccharina* sp. udviste ikke klare arts karakteristika til artsbestemmelse af hhv. *S. latissima* eller *S. longicuris*.

Materialet blev indsamlet ved hjælp af en Sigurd Olsen vandplanterive på 3-7 m's dybde i september 2014 og 2015.

Fertile individer blev indsamlet. Når *Saccharina* arterne er fertile ses sori (områder med sporangier) som mørke plamager på bladpladen (Figur 2), mens *Alaria esculenta* udvikler sporofyller, hvor sori ses som en haj-æggeformet mørk plamage (Figur 3). Materialet blev holdt afkølet mens det blev bragt til laboratoriet i mørke plastikposer uden vand.



*Figur 2. Fertilt individ af Saccharina sp. Sori ses som den mørke midterste del af bladet.*



*Figur 3. Fertilt individ af Alaria esculenta. De nederste tungeformede blade, sporofyller, bærer sori.*

## Såliner; sporulering, innokulering og udvikling af kimplanter på liner

I laboratoriet blev de fertile områder klippet ud og rengjort omhyggeligt med en blød børste, for at fjerne epifyter (Figur 4). Bladfragmenterne blev udsat for let udtørring natten over, tildækkede og ved 5°C i mørke.



Figur 4. Fertile områder klippes ud af bladet og børstes rent.

Dagen efter blev bladfragmenterne placeret i filtreret og næringsberiget havvand for at sporene kunne frigives (Figur 5). Havvandet var filtreret gennem et 0,2 µm filter og tilsat næringsalte og vitaminer i følge Christensen (1988); 20 ml ESI l<sup>-1</sup> and 1 ml V l<sup>-1</sup>.



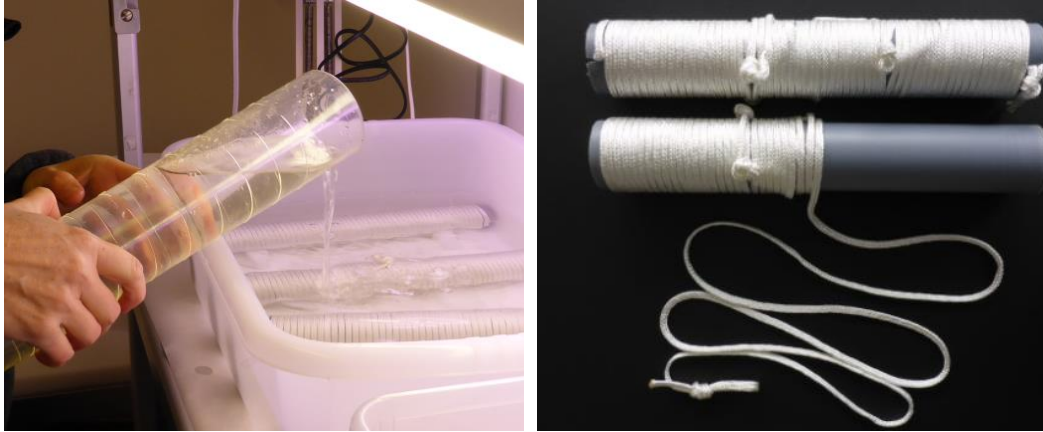
Figur 5. Sporefrigivelse.

Sporerne blev frigivet inden for 45-60 min. for begge arter. Sporesuppen blev derefter hældt ned i kar med tilsvarende næringsberiget og filtreret havvand samt spoler med 6 mm nylonline (Figur 6).

Sålinerne blev derefter placeret ved 5°C og en lysintensitet på 20-50 µE m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (16 timers lys / 8 timers mørke), og gennembobling af luft med en akvariepumpe efter det første døgn for først at lade sporerne settle.

Der blev tilsat næringsalte hver 14 dag. Tabel 2 giver en oversigt over laboratorieforhold og tilsætning af næringsalte.

Sporofyterne for begge arter var synlige for det blotte øje efter ca. 6 uger (Figur 7), og derefter klar til havbaseret tilvækst.



Figur 6. Placering af spoler med liner i kar med filtreret og næringsberiget havvand hvortil tilsættes sporesuppe.

Tabel 2. Laboratorieforhold og tilsætning af næringsalte.

Temperatur	5°C	
Lysintensitet	22-30 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$	
Lysperiode (lys:mørke)	16:8	
Næringsalte	20 ml ESI l <sup>-1</sup> , 1 ml V l <sup>-1</sup>	Hver 2. uge

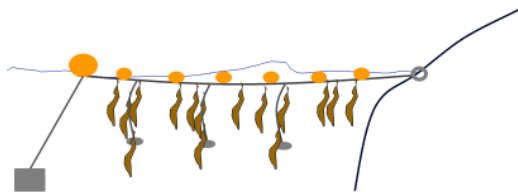


Figur 7. Kimplanter af Sachharina sp. ca. 6 uger efter at sporerne blev tilsat. Planterne er ca. 1 mm lange.

I løbet af december 2014, blev det klart at udsætningen af linerne fra første forsøg ville blive forsinket på grund af vejrforholdene. Den yderste del af Kobbefjord blev uventet påvirket af is med tab af bøjer og liner til følge, og udhængningen af linerne blev derved forsinket. For at sikre overlevelse og lav vækst for sporofyterne i vinterperioden i laboratoriet blev temperaturen reduceret til 4° C, lyset til 14-22  $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , lysperioden til 10:14 og næringssalte til hver 3. uge.

## Tilvækst af sporofyter til havs

Havanlægget til at hænge sålinerne ud på bestod af 2-4 hovedliner (50 m langt 10 mm tov) fastgjort på land og holdt ude i fuld længde med en endestillet bøje (30 cm) og forankret med en rustfri ekspansionsbolt i klippen. Selve linen blev holdt oppe med 20 cm's bøjer (Figur 8). På hovedlinerne blev såliner i forskellig længde (1, 3, 5 og 10 m) fastgjort med strips og holdt lodret i vandet med vægt for enden. Ti m's såliner blev snoet omkring hovedlinen nærmest klippen og fastgjort med strips.



Figur 8. Havanlæg i Kobbefjord.

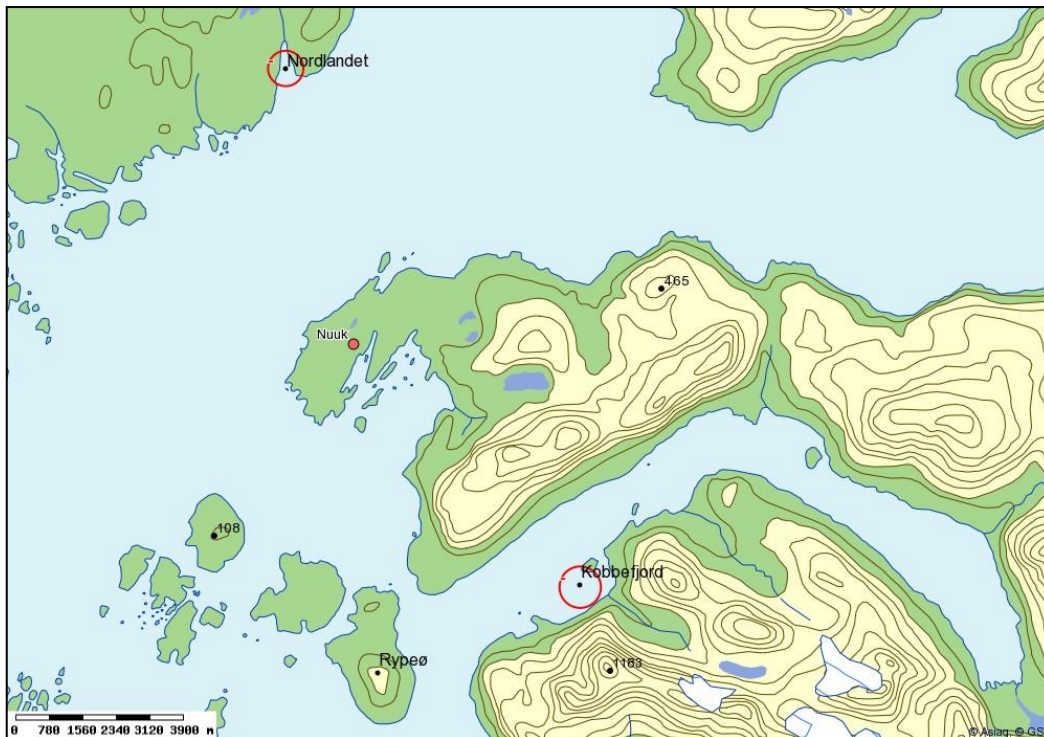
Der blev udført dyrkningsforsøg af to omgange. Det første forsøg blev igangsat i efteråret 2014, med udsætning i havet i april og maj 2015. I dette tilfælde blev dyrkningsforsøgets tilvækst del udelukkende udført i den yderste del af Kobbefjord ved Nuuk (Tabel 3, Fig. 10), som er relativt vindbeskyttet og var forventet isfrit om vinteren. Det andet forsøg blev igangsat i sensommeren 2015 og liner med sporofyter af *A. esculenta* og *S. longicuris* blev igen udsat i Kobbefjord, men også ved Nordlandet i en bugt, som også forventedes relativt isfri (Tabel 3, Figur 9). Det andet forsøg blev i gang sat for at sikre en længere vækstperiode, end der blev opnået ved det første forsøg.

Tabel 3. Dyrkningsforsøgenes lokaliteter for tilvækst i havet.

Lokalitet	Koordinater
Kobbefjord	64°08,1' N, 51°35,5' V
Nordlandet	64°14,0' N, 51°46,8' V

Længdetilvæksten målt så vidt muligt hver måned i vækstsæsonen. Når tilvæksten i biomasse vurderedes tilstrækkelig, blev vægtbestemmelser medtaget i måleprogrammet. For første forsøg i august 2015.





Figur 9. Dyrkningsforsøgenes lokaliteter for tilvækst i havet (røde ringe).

## Måling af fysiske parametre i forbindelse med sporofytilvækst

Ved havanlægget blev havvandstemperatur og lysintensiteten i 1,5 m's dybde logget fra dyrkningsforsøgenes start til slut. For temperaturen i Kobbefjord blev temperaturen således logget fra d. 2. december 2014 til 2. juni 2016, mens det for Angalinguaq var i perioden fra 25. september til 11. juli 2016. Lysintensiteten blev logget i Kobbefjord i perioden fra d. 22. april 2015 til 20. maj 2016, og i Angalinguaq fra 25. september 2015 til 15. juli 2016.

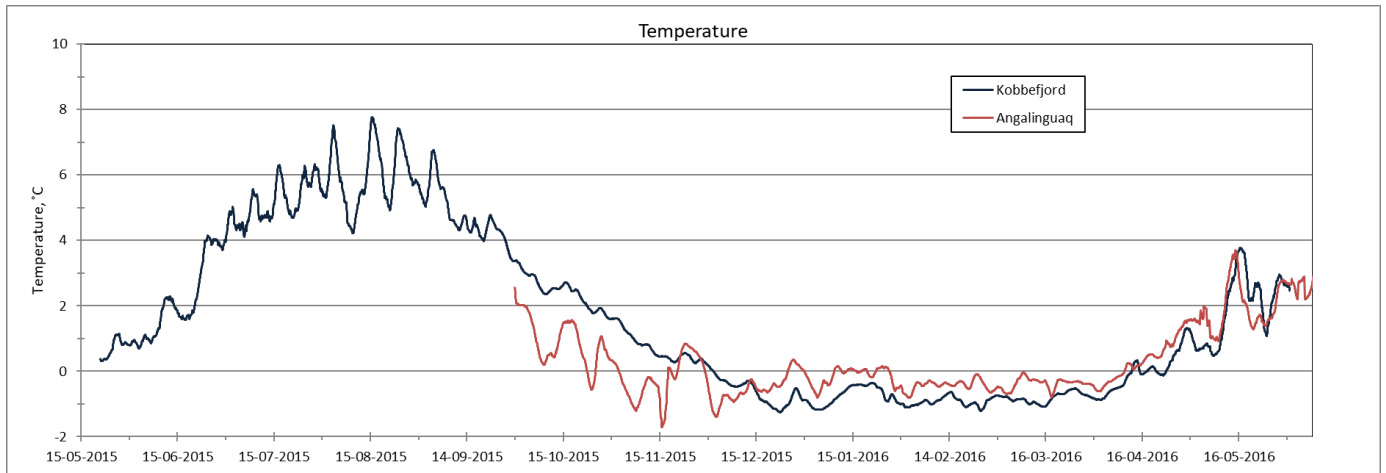
## Resultater

### Havvandstemperatur og lysintensitet

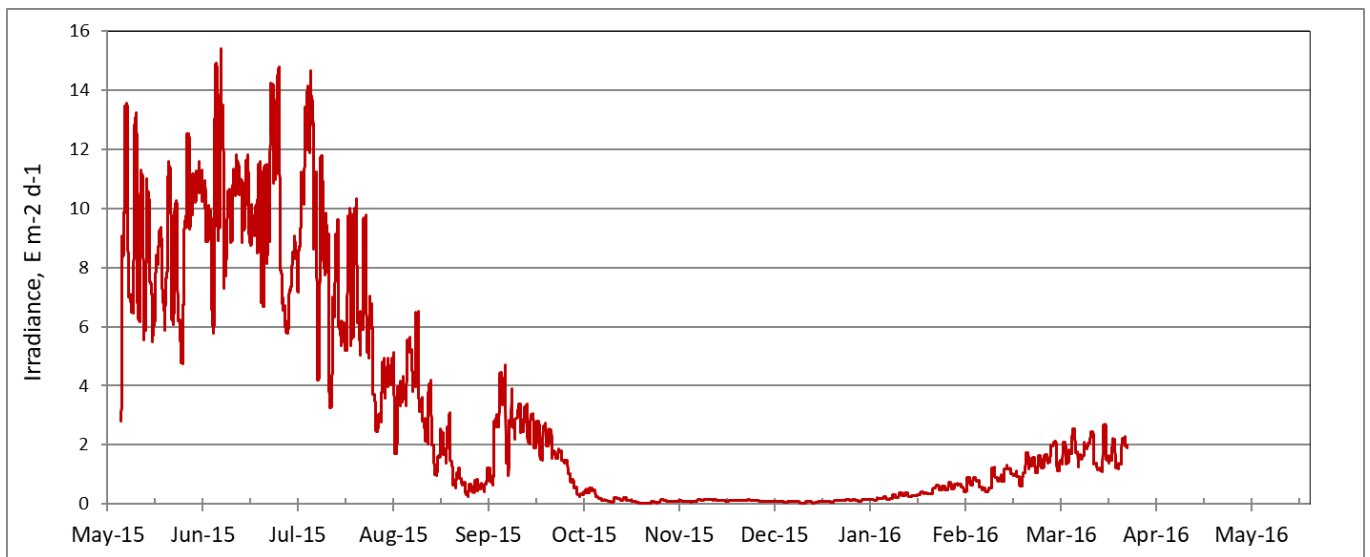
Ved havanlæggene i Kobbefjord og Angalinguaq blev temperatur logget i 1,5 m's dybde (Fig. 11). I yderdelen af Kobbefjord ligger temperaturen i sommeren 2015 omkring 6°C, og falder til lige under frysepunktet i vinteren 2015/2016, hvor der således var havis i den pågældende vinter, hvilket var en udfordring for havanlægget. Dette førte til at i vinteren efter blev havanlægget undersøgt, men hvor der så ikke var havisdannelse.

I den mere åbne Godhåbsfjorden og ved havanlægget ved Angalinguaq, er forskellen i efterårs- og forårstemperatur i forhold til vinter temperatur lidt mindre og vintertemperaturen ligger på ca. 0°C (Figur 10, side 12). På denne station var der ikke vinterhavis.

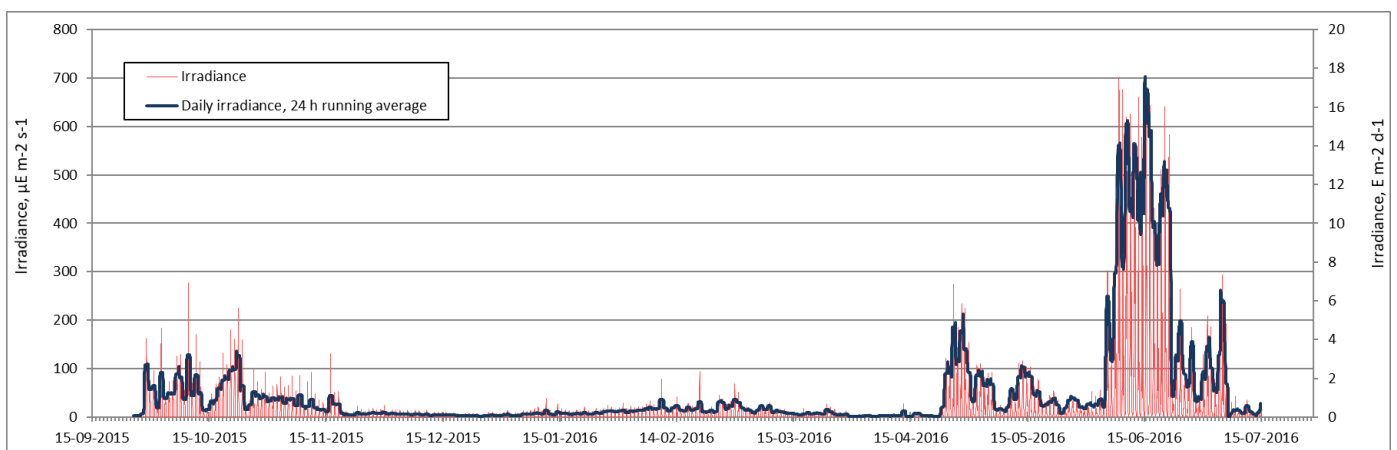
For Angalinguaq, som ligger mere åbent mod syd, sænker vintermørket sig først i sidste halvdel af november og varer også indtil januar (Figur 12, side 12). Der er dog perioder i foråret (marts/april), hvor der stort set ikke når lys ned i 1,5 m's dybde.



Figur 10. Logging af temperatur i 1,5 m's dybde ved dyrkningsforsøget i Kobbefjord og ved Nordlandet i perioden 15.5.2015-16.5.2016.



Figur 11. Udsnit af logging af lysintensitet i 1,5 m's dybde ved dyrkningsforsøget i Kobbefjord i perioden 15.5.2015-20.5.2016.



Figur 12. Logging af lysintensitet på havanlægget ved Angalinguaq i perioden 25.9.2015 til 15.7.2016.

Lysintensitet er også logget på havanlæggets reb i 1,5 m's dybde i Kobbefjord. Dette viser, at slag-skygge fra fjeldet på sydsiden af Kobbefjords yderdel (Hjortetakken) har en kraftig effekt på et totalt fald i lysintensitet allerede fra midten af oktober og frem til januar (Figur 11, side 12). Linerne i Kobbefjord blev sænket til 10 m over bunden d. 25/11-2015 og hævet igen d. 11/5-2016, hvilket ikke har haft nogen effekt i efteråret, hvor lysintensitet allerede var faldet til stort set 0 i oktober.

## Vækst

På grund af de forskellige vejrforhold og muligheder for gennemførelse af vækstforsøg, som er mere etablerede på Færøerne, er sammenlignelige data vanskelige at opnå. Som allerede nævnt, så forløb dyrkningsforsøgene med sukkertang, for eksempel, over flere vækstperioder. Dette skyldtes at udsætningen blev forsinket på grund af havis i vinteren 2014/2015.

Metoden er dog gennemprøvet og der er opnået signifikant vækst på linerne fra udsætning af liner med cm store sporofytter til planter med en maksimal længde på over 2 m (Figur 13), hvilket således kan opnås når udsætningstidspunktet optimeres.

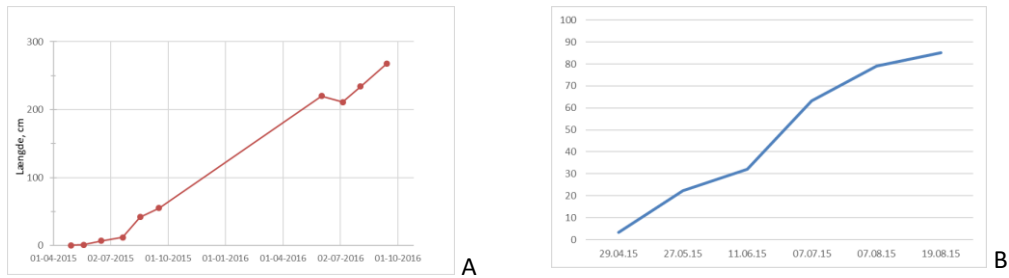


Figur 13. Produktion af sukkertang (*Saccharina* sp.) på liner i Kobbefjord, Nuuk, Grønland, som resultat af forsøgsdyrkning.



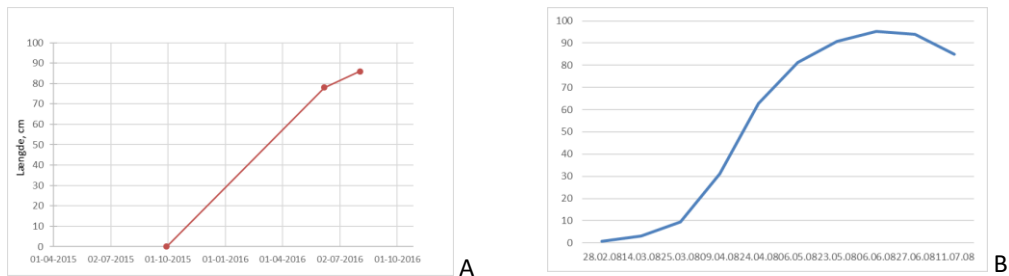
Det kan således ses at længdevæksten af sukkertang (*Saccharina* sp.) i vækstperioden fra 2015 til 2016 matcher væksten af samme art på Færøerne indenfor den samme vækstperiode (Figur 14).





Figur 14. Længdevækst af sukkertang (*Saccharina* sp.) over flere vækstsæsoner i Kobbefjord, Nuuk, Grønland (A), sammenlignet med en enkelt vækstsæson for samme art på Færøerne (B).

Det kan dog ses, at den maksimale længde, der blev opnået for vingetang (*Alaria esculenta*) i Grønland inden for en vækstperiode matcher den vækst, der er opnået ved dyrkning af samme art på Færøerne i 2008 (Figur 15, henholdsvis A og B). I begge tilfælde blev, der opnået en længde på knap 1 m.



Figur 15. Længdevækst af vingetang (*Alaria esculenta*) over en enkelt vækstperiode ved Angalinuaq, Grønland (A) og på Færøerne (B).

Det bør dog nævnes at udsætningstidspunktet er optimeret ved en kommerciel produktion af tangarter på Færøerne ved at havtilvæksten påbegyndes allerede i det tidlige efterår (september), hvorved der opnås meget større biomasser (<https://tari.fo/>). Tari - Faroe Seaweeds har også vist en større biomasseproduktion på mere vind- og bølgepåvirkede dyrkningsstationer på Færøerne (Mols-Mortensen et al. 2017).

## Udfordringer for dyrkning af tang i Grønland

Selvom det er vist, at protokollen for dyrkning af tang også resulterer i en vækst, der er sammenlignelige med opnået vækst i mere tempererede egne, men hvor der også er tydelig forskel mellem lysforhold sommer og vinter, er der dog visse udfordringer, hvoraf nogle også gælder for mere sydlige dyrkningsforhold.

### Havis, overisning og storm

Som allerede nævnt, har arktiske vejrforhold en stor betydning for kravene til havanlæg, men også for de operative forhold (Figur 16):

- Kraftigt forankrede havanlæg
- Behov for undersænkning af dyrkningslinerne ved islægning
- Udsætning af dyrkningsliner i havet om efteråret inden havis og dårligt vejr forhindrer sejlad.



Figur 16. Havis i Kobbefjord, Nuuk, Grønland.

### Fouling

Fouling er det engelsk udtryk for overbegroning af uønskede organismer, såsom tråde af kiselalgekolonier, fine brunalger samt hydroider og mosdyr. Dette er et generelt problem i forbindelse med dyrkning af tang (Førde et al. 2016), men overkommes oftest ved at udsætte liner til tilvækst i havet i efteråret, således at sporofytterne er blevet tilstrækkeligt store til at vinde pladskonkurrencen med de uønskede organismer. Derudover høstes produktionen så inden overbegroningen finder sted, oftest i foråret (Førde et al. 2016).

Også ved dyrkningsforsøget i Kobbefjord, blev linerne overbegroet med tråde af kiselalgekolonier og hydroider (Figur 17). Dette skete især på de liner, der blev udsat i Kobbefjord i efteråret 2015, mens liner udsat i Kobbefjord i foråret 2015 og især i Angalinuaq i efteråret 2015 opnåede en fin vækst (Figur 13). Den høje grad af fouling på linerne udsat i Kobbefjord i efteråret 2015 skyldes formentlig at lysforholdene for de nye små tangplanter blev yderligere forringet ved undersænkningen.



Figur 17. Fouling/overbegroning af tråde af kiselalge-kolonier (venstre foto) og hydroider (højre foto) på linerne i Kobbefjord, Nuuk.

## Referencer

- Adams, J.M.M., Toop, T.A., Donnison, I.S., Gallagher, J.A. 2011. Seasonal variation in *Laminaria digitata* and its impact on biochemical conversion routes to biofuels. *Bioresource Technology* 102: 9976–9984.
- Buch BH, Buchholz CM. 2004. The offshore-ring: A new system for the open ocean aquaculture of macroalgae. *Journal of Applied Phycology* 16: 355-368
- Bruhn A, Dahl J, Nielsen HB, Nikolaisen L, Rasmussen M B, Markager S, Olesen B, Arias C, Jensen PD. 2011. Bioenergy potential of *Ulva lactuca*: Biomass yield, methane production and combustion. *Bioresource Technology* 102: 2595-2604.
- Christie H, Jørgensen NM, Norderhaug KM, Waage-Nielsen E. 2003. Species distribution and habitat exploitation of fauna associated with kelp (*Laminaria hyperborea*) along the Norwegian coast. *Journal of Marine Association, UK* 83: 687-699.
- Christie H, Norderhaug, KM, Fredriksen S. 2009. Macrophytes as habitat for fauna. *Marine Ecology Progress Series* 396: 221-233.
- Dunton KH, Schell DM. 1987. Dependence of consumers on macroalgal (*Laminaria solidungula*) carbon in an arctic kelp community:  $\delta^{13}\text{C}$  evidence. *Mar Biol* 93: 615-625.
- Elnor RW, Vadas R. 1990. Inference in Ecology: The Sea Urchin Phenomenon in the Northwestern Atlantic. *Marine Sciences Faculty Scholarship* 60. [http://digitalcommons.library.umaine.edu/sms\\_facpub/60](http://digitalcommons.library.umaine.edu/sms_facpub/60).
- Fredriksen S. 2003. Food web studies in a Norwegian kelp forest based on stable isotope ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{C}$ ) analysis. *Marine Ecology Progress Series* 260: 71-81.
- Førde H, Forbord S, Handå A, Fossberg J, Arff J, Johnsen G, Reitan KI. 2016. Development of bryozoan fouling on cultivated kelp (*Saccharina latissima*) in Norway. *Journal of Applied Phycology* 28: 1225-1234.
- Kraan S, Guiry MD. 1998. Strain selection in the edible brown seaweed *Alaria esculenta*: Genetic fingerprinting and hybridization studies under laboratory conditions. *Marine Ressource Series*.
- Krause-Jensen D, Marbà N, Olesen B, Sejr M, Christensen PB, Rodrigues J, Balsby TJS, Rysgaard S. 2012. Seasonal sea ice cover as principal driver of spatial and temporal variation in depth extension and annual production of kelp in Greenland. *Global Change Biology* 18: 2981–2994.
- Krause-Jensen D, Sejr MK, Bruhn A, Rasmussen MB, Christensen PB, Hansen JLS, Duarte CM, Bruntse G, Wegeberg S. 2019. Deep penetration of kelps offshore along the west coast of Greenland. *Frontiers in Marine Science* 6: 375.
- Lippert H, Iken K, Rachor E, Wiencke C. 2001. Macrofauna associated with macroalgae in the Kongsfjord (Spitsbergen). *Polar Biol* 24: 512-522.
- Lüning K, Müller DC. 1978. Chemical interaction in sexual reproduction of several laminariales (Phaeophyceae): release and attraction of spermatozooids. *Aquatic ecology: plant genetics and breeding* 89: 333-341.
- Mols-Mortensen A, Wegeberg S. 2007. Forsøgsdyrkning af *Alaria esculenta* på Færøerne. Rapport 12pp.
- Mols-Mortensen A, Ortind EáG, Jacobsen C, Holdt SL. 2017. Variation in growth, yield and protein concentration in *Saccharina latissima* (Laminariales, Phaeophyceae) cultivated with different

- wave and current exposures in the Faroe Islands. *Journal of Applied Phycology* 29, 2277–2286. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1169-4>
- Norderhaug KM, Christie H, Fosså JH, Fredriksen S. 2005. Fish-macrofauna interactions in a kelp (*Laminaria hyperborea*) forest. *J Mar Ass UK* 85: 1279-1286.
- Norderhaug KM, Filbee-Dexter K, Freitas C, Birkely S-R, Christensen L, Møllerud I, Thormar J, van Son T, Moy F, Alonso AV, Steen H. 2020. Ecosystem-level effects of large-scale disturbance in kelp forests. *Marine Ecology Progress Series*. <https://doi.org/10.3354/meps13426>.
- Shea R, Chopin T. 2007. Effects of germanium dioxide, an inhibitor of diatom growth, on the microscopic laboratory cultivation stage of the kelp, *Laminaria saccharina*. *Journal of Applied Phycology* 19: 27-32.
- Wegeberg S. 2007. Er tang en ny marin ressource i Grønland? *Vand & Jord* 3: 117-120.
- Wegeberg S. 2010. Cultivation of kelp species in the Limfjord. Report 11 pp.
- Wegeberg S. 2012. 4.3. Macroalgae. In: Fredriksen M, Boertmann DM, Ugarte F, Mosbech A. South Greenland. A preliminary Strategic Environmental Impact Assessment of hydrocarbon activities in the Greenland sector of the Labrador Sea and the southeast Davis Strait. DCE- Danish Centre for Environment and Energy, Scientific Reports, No. 23: 41-45.
- Wegeberg S. 2013. Benthic flora. In: Boertmann DM, Mosbech A. Disko West. A strategic environmental impact assessment of hydrocarbon activities. DCE- Danish Centre for Environment and Energy, Scientific Reports, No. 71: 70-80.
- Wegeberg S, Feldby C. 2010. Introduktion til Alger. [http://www.fuel.life.ku.dk/Nyheder/2009/~media/Fuel/docs/pdf/Wegeberg\\_Felby\\_Introduktion\\_til\\_Alger\\_jan2009.ashx](http://www.fuel.life.ku.dk/Nyheder/2009/~media/Fuel/docs/pdf/Wegeberg_Felby_Introduktion_til_Alger_jan2009.ashx).
- Wegeberg S, Feldby C. 2010. Algae biomass for bioenergy in Denmark. Biological / technical challenges and opportunities. Københavns Universitet. 89 pp.
- Wegeberg S, Mortensen, A.M. & Engell-Sørensen, K. 2013. Integreret akvakultur i Grønland og på Færøerne. Undersøgelse af potentialet for dyrkning af tang og muligt grønlandsk fiskeopdræt. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 48 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 82. <http://dce2.au.dk/pub/SR82.pdf>.
- Włodarska-Kowalczyk M, Kuklinski P, Ronowicz M, Legeżyńska J, Gromisz S. 2009. Assessing species richness of macrofauna associated with macroalgae in arctic kelp forests (Hornsund, Svalbard). *Polar Biol* 32: 897-905.