

MANUAL TIL DYRKNING AF SØL (*PALMARIA PALMATA*) I DANSKE FARVANDE



DTU Aqua, Dansk Skaldyrcenter april 2020

Forfattere:

Mette Møller Nielsen

Peter Søndergaard Schmedes



THE VELUX FOUNDATIONS

VILLUM FONDEN ✕ VELUX FONDEN



FORORD

Denne manual er en praktisk gennemgang af, hvordan man kan dyrke tangarten søl i danske farvande. Den baserer sig på videnskabelige og praktiske erfaringer gjort ved Dansk Skaldyrcenter, DTU Aqua i perioden 2016-2020 i forbindelse med projektet *tang.nu* finansieret af VILLUM FONDEN og VELUX FONDEN (no. 13744) samt et ph.d. projekt af Peter Søndergaard Schmedes finansieret af DTU Aqua og Norges Teknisk-naturvidenskabelige Universitet (NTNU) i Trondheim, Norge.

INDHOLDSFORTEGNELSE

Forord.....	2
1. Søl (<i>Palmaria palmata</i>)	4
1.1 Livscyklus.....	4
1.2 Forekomster	6
2. Valg af substrater til såning og klargøring	7
2.1 Substrater til såning	7
2.2 Klargøring.....	8
3. Sporeadgang, såning og tidlig opvækst	9
3.1 Adgang til og håndtering af sporemateriale	9
3.2 Opsætning og såning.....	10
3.3 Pasning af spirer indtil udsætning.....	14
4. Udsætning og høst	15
4.1 Udsætning.....	15
4.2 Vækstperioden og høst.....	16
5. Dyrkning af søl på land - kortfattet	17
Relevant litteratur.....	20

1. SØL (*PALMARIA PALMATA*)

Søl er en rødalge, der er anerkendt for sin velsmag og bl.a. går under tilnavnet "havets bacon". Den er én af blot en håndfuld tang-arter, som man i øjeblikket har fokus på at dyrke i Danmark.

Søl er langsommere voksende end f.eks. de store brunalger, såsom sukkertang, der hidtil er den tangart, der dyrkes mest af i Danmark og desuden er den art vi har det største kendskab til i forhold til dyrkning.

Søl er flerårig og kan blive 3-4 år gammel. Den bliver normalt ca. 20 cm, men kan blive op til 50 cm, bl.a. i dyrkningssituationer (Figur 1). Løvet er tyndt og bladagtigt med en gennemsigtig lyserød farve hos unge individer og mørkere bordeaux-rød hos ældre individer. Løvet er afrundet ovalt evt. med 2-3 flige i den yderste del af vævet. Hvert efterår/vinter dannes der nye blade fra randen af de ældre blade. De nye blade vokser sig store i løbet af det efterfølgende forår og sommer.



FIGUR 1. SØL DYRKET I TANKE PÅ LAND KAN BLIVE STORE I FORHOLD TIL HVAD MAN KAN FINDE I NATUREN. EKSEMPLARET PÅ BILLEDET MÅLER 42 CM.

1.1 LIVSCYKLUS

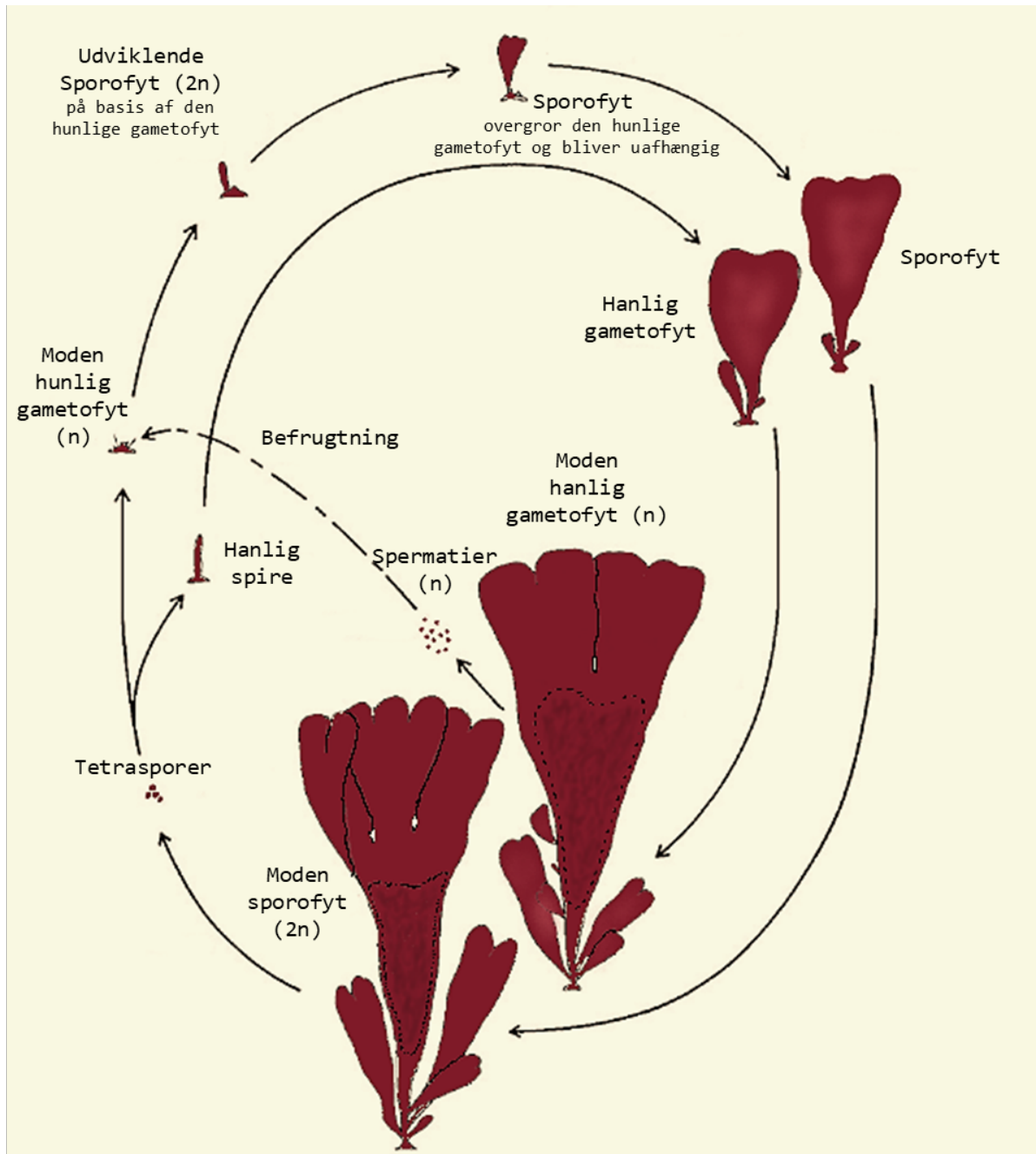
I følgende afsnit beskriver vi dét, der i fagtermer kaldes livscyklus, for søl. Det er ikke som sådan nødvendigt at vide for at dyrke søl, men et vist kendskab til og forståelse herfor kan være en fordel. Derfor har vi valgt at inddrage det i denne manual til dem, der måtte være interesserede.

Søls livscyklus er ret kompleks og indeholder flere livsstadier: sporofytter, som er det livsstadie, der producerer sporer, og gametofytter, som er det livsstadie, der producerer gameter - altså kønsceller (Figur 2). Der findes både hunlige gametofytter, der producerer ægceller, og hanlige gametofytter, der producerer spermater - dvs. sædceller. Sporofytten hos søl er makroskopisk - dvs. den er stor og kan erkendes med det blotte øje. Det samme gælder den hanlige gametofyt. Derimod er den hunlige gametofyt mikroskopisk og kan kun ses ved hjælp af et mikroskop.

Den hanlige gametofyt og sporofytten er desuden identiske i udseende, dvs. at man ikke umiddelbart kan kende forskel på dem. Dog kan man, når de er fertile - dvs. når sporofytten bærer sporer eller når den hanlige gametofyt bærer spermater, kende forskel på de to ved hjælp af et mikroskop.

Når sporofytten bliver fertil danner den et sporebærende væv (sorus), der fremstår som mørkere fortykkede plamager på dele af bladet. Fra dette væv frigives sporer, hvoraf halvdelen udvikler sig til hunlige gametofytter og den anden halvdel til hanlige gametofytter (Figur 2). Sporerne er ikke-bevægelige og spredes udelukkende via vandets bevægelse. Den hanlige gametofyt spirer op og bliver kønsmoden efter et år - det fertile væv hos den hanlige gametofyt fremstår som hos sporofytten som

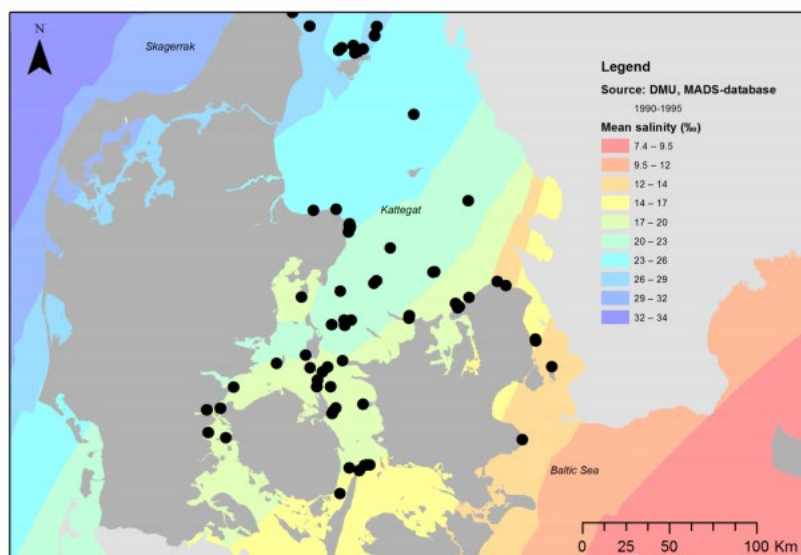
mørke plamager på dele af bladet. Den hunlige gametofyt derimod forbliver mikroskopisk og kun ved befrugtning fra en kønsmoden han (dvs. en han fra forrige generation) udvikles en ny sporofyt. Denne sporofyt vokser på basis af den hunlige gametofyt, indtil den når en vis størrelse, hvorefter den overgror den hunlige gametofyt og bliver uafhængig (Figur 2). Sporofytten vokser til fuld størrelse i løbet af en sæson, hvorefter den kan blive fertil og dermed fuldendes cyklussen.



FIGUR 2. LIVSCYKLUS FOR SØL. 2N/N REFERERER TIL ANTAL KROMOSOMSÆT I DE FORSKELLIGE LIVSSTADIER: 2N=DOBBELT KROMOSOMSÆT, N=ENKELT KROMOSOMSÆT.

1.2 FOREKOMSTER

Søl findes i store dele af de indre danske farvande (Figur 3), typisk på lidt dybere vand end hvad der kan nås med waders. Det kan derfor være nødvendigt at hoppe i våddragten for at finde søl. Søl kan findes lige under lavvandslinjen, men er mere almindelig på dybere vand, dvs. fra 5 til 20 meters dybde. Her vokser den fastsiddende på sten eller andre tangarter fx på stænglerne af de store brunalger fingertang og palmetang.



FIGUR 3. REGISTRERINGER AF SØL I DANSKE FARVANDE FRA 1988-2012. KILDE: URD GRANDORF BAK, 2014.

Hvis man ikke har mod på at skulle i våddragten for at finde søl, kan man alternativt være heldig at finde den friskt opskyllet på kysterne 1-2 dage efter en god storm. Dette gælder bl.a. i området omkring Djursland, men sandsynligvis også andre steder i landet. Her skal det dog understreges, at man aldrig bør indsamle tang som opskyl, hvis man har til hensigt at spise det direkte. I det tilfælde bør man kun samle sølen (og øvrige tang-arter) fra dens oprindelige vokseplads, mens de stadig er fastsiddende på sten eller andre tangplanter. Men i en situation, hvor man indsamler søl til videre dyrkning, kan man sagtens anvende opskyl, så længe det stadig er friskt og ikke er begyndt at rådne. Dette kan man typisk let afgøre ved at lugte til det.

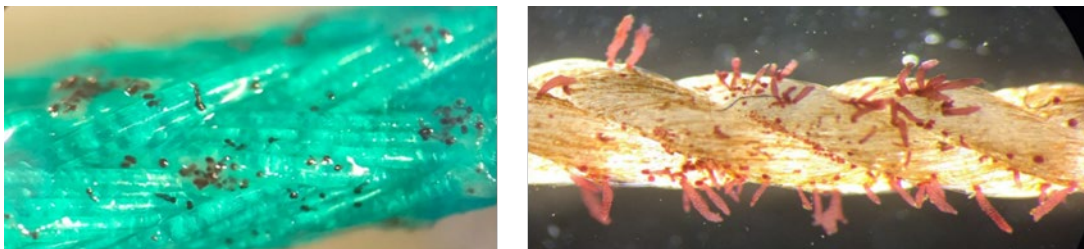
2. VALG AF SUBSTRATER TIL SÅNING OG KLARGØRING

I dette afsnit gives et bud på valg af materialer i en situation, hvor søl dyrkes i åbent vand. En sådan dyrkningssituation kræver dels faciliteter på land i kraft af et klækkeri, hvor såning og forspiring af sølen foregår, og til vands i kraft af et dyrkningsanlæg, hvor sølen udsættes og hvor den videre vækst indtil høst foregår. Krav til konkrete dyrkningsfaciliteter i klækkeri og til vands berøres i de to efterfølgende afsnit.

Som alternativ til dyrkning i åbent vand, kan søl ydermere dyrkes i tanke på land. Dette berøres kortfattet i afsnit 5.

2.1 SUBSTRATER TIL SÅNING

Foreløbige forsøg har vist, at søl kan dyrkes på mange typer af substrater (Figur 4), såsom reb og liner fremstillet af polypropylen, polyethylen, polyvinyl og polyester, mens nylon og naturlige substrater som kokos og bomuld ikke er egnede.



FIGUR 4. VENSTRE: SØL-SPORER PÅ FLETTET POLYPROPYLEN. HØJRE: SØL-SPIRER PÅ 3-SLÅET POLYVINYL (KURALONE™).

2.1.1 Tykkelse af så-liner

Alle tykkelser af liner kan i princippet anvendes som så-liner, men der er forskellige fordele og ulemper afhængigt af valget. Vælger man en tynd line sparer man plads i klækkeriet, hvor tangen forspires. Til gengæld risikerer man, at linen ikke er stærk nok til at understøtte væksten efter udsætning i åbent vand. Derfor kan det med en tynd line være nødvendigt at vikle den omkring en tykkere line ved udsætning, hvilket kræver ekstra arbejde (Figur 5).

Omvendt, vælger man en tykkere line, kræver det mere plads i klækkeriet. Til gengæld understøtter den væksten bedre efter udsætning, således man slipper for opvikling på tykkere liner ved udsætning. En rebtykkelse på 4 mm vil typisk være tilstrækkelig for at understøtte væksten af søl i felten, da søl ikke opnår nær så høje udbytter pr. m. som fx sukkertang, hvor man anvender tykkere liner/reb.



FIGUR 5. OPVIKLING AF 2 MM SPIRELINE PÅ 8 MM REB INDEN UDSÆTNING I ÅBENT VAND.

2.1.2 Net-substrater

Som alternativ til liner og reb kan man med fordel anvende net-substrater til dyrkning af søl, da det er en enkelt måde at optimere udbyttet per areal på sin farm. Omvendt er brugen af net som substrat til såning mere plads-krævende i klækkeriet (se afsnit om såning).

2.2 KLARGØRING

Hvis man anvender liner eller reb, opvikles dette på spoler inden såning. Spolerne kan være lavet af forskellige materialer fx bioblokke til faskiner, der saves op (Figur 6) eller nedløbsrør og kloakrør i PVC. Spolerne bør vaskes grundigt med vand og sæbe inden brug.



FIGUR 6. EKSEMPLER PÅ TYPER AF SPOLER TIL OPVIKLING AF SPORELINER FORUD FOR SÅNING.

Det vigtigste at holde sig for øje i valg af materiale til spolerne, er at det skal være let at rengøre. Desuden kan det i nogle tilfælde være en fordel at vælge et tungt materiale (fx PVC kloakrør), da lette materialer som fx bioblokkene flyder i vand, hvorved det kan være nødvendigt at tilføje noget tyngde til dem i så-tankene.

Hvad enten man anvender liner, reb eller net til at så på, så er det en god ide at skylle substraterne inden brug, da de som nye ofte indeholder stoffer, der kan hæmme væksten af søl. Dette gøres ved at skylle sine opviklede spoler med reb eller sine net godt i postevand minimum tre gange, hvorefter de lægges i tanke med vand en uge (minimum 3-4 dage) med daglig vandskifte. Derefter er linerne og rebene klar til at så på.

3. SPOREADGANG, SÅNING OG TIDLIG OPVÆKST

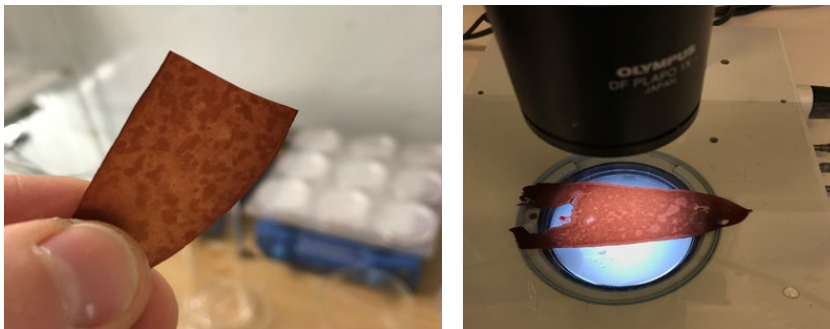
I dette afsnit redegøres der for så-proceduren af søl i klækkeriet og pasningen af spirer frem til udsætning, herunder også krav til materialer og faciliteter.

3.1 ADGANG TIL OG HÅNDTERING AF SPOREMATERIALE

Dyrkning af søl på substrater til udsætning i åbent vand baseres på såning med sporer (Figur 2). Søl i naturen bærer kun sporer i visse dele af året. For nogle tang-arter kan man fremprovokere sporedannelsen i laboratoriet og på den måde få en tidligere start i klækkeriet, men indtil videre har man ikke knækket koden til dette for søl. Det betyder, at man som søl-dyrker er nødsaget til at udnytte det naturlige vindue for adgang til fertile/modne planter som bærer sporerne til videre dyrkning. I Danmark er dette vindue i januar og februar måned med mulighed for mindre forekomster af fertilt væv i december og marts.

3.1.1 Identifikation af sporebærende væv (sorus)

En fertil sporebærende søl kan kendes ved et spraglet mønster, på bladpladen, der oftest fremstår mørkt og i visse tilfælde opsvulmet (Figur 7). Det kræver lidt øvelse at kende disse mønstre, men et enkelt trick er at holde vævet op mod lyset, da det dermed fremstår mere tydeligt.



FIGUR 7. EKSEMPLER PÅ FERTILT VÆV HOS SØL.

Når man har identificeret blade med dette mønster, skal man have dem under en stereolup for at kunne bekræfte, at der er sporer. Dette er nødvendigt af to årsager: dels fordi søl somme tider kan have dette mønster uden at være fertil (fx pga. sygdom eller begroning) og dels fordi man skal være sikker på, at det er en sporofyt man har fat i og ikke en hanlig gametofyt, som er morfologisk identisk med den sporebærende sporofyt, men som ikke bærer sporer (Figur 2).



FIGUR 8. EN FERTIL SPOREBÆRENDE SPOROFYT UNDER STEREOLOUP. VENSTRE: MED MINDST FORSTØRRELSE KAN MAN SE HVORDAN DE MØRKERE PLAMAGER ER PRIKKEDE AF SMÅ RUNDE RØDE KUGLER. MIDT: ZOOMER MAN LIDT IND KAN MAN ERKENDE DELS RUNDE KLARE CELLER OG DELS RØDE RUNDE CELLER. DET ER DE RØDE CELLER, DER ER SPORENE. HØJRE: HELT TÆT PÅ KAN MAN ENDNU TYDELIGERE SE DE ENKELTE RØDE SPORE. KIGGER MAN GODT EFTER, KAN MAN PÅ ENKELTE SPORE SE, AT DER HAR VÆRET CELLEDELINGER (SE PIL).

I stereoluppen kan sporerne erkendes som kuglerunde mørkerøde kugler, der, når man zoomer ind, ofte er omgivet af glasklare runde celler (Figur 8). Det er vigtigt, at man har god belysning både oppefra og nedefra på sin stereolup for at kunne se sporerne.

3.1.2 Klargøring af sporebærende væv til sporefrigivelse

Når man har identificeret det sporebærende væv, skal det klargøres til sporefrigivelse. Dette gøres ved at tørre de fertile vævsstykker med papir (fx køkkenrulle) 2-3 gange, til de er tørre og fri for begroning. Hvis vævsstykkerne er meget beskidte, kan man vaske dem i rent saltvand inden de tørres med papir. Når vævsstykkerne er rengjort, lægges de i et enkelt lag i fx en plastbakke (Figur 9) evt. oven på et par lag køkkenrulle. Bakken puttes derefter i en lukket plasticpose og sættes køligt (5-10 grader) og mørkt i det næste døgn, hvorefter vævsstykkerne er klar til sporefrigivelse og såning.



FIGUR 9. DE RENGJORTE FERTILE STYKKER AF VÆV LÆGGES I PLASTBAKKE OG STILLES EFTERFØLGENDE KOLDT I ET DØGN.

3.2 OPSÆTNING OG SÅNING

Efter at have ligget mørkt og koldt i et døgn, frigives sporerne fra det fertile væv så snart det lægges i saltvand. Hos søl frigives sporerne over lang tid (dage) modsat fx hos sukkertang, hvor de fleste sporer frigives inden for en time. Derfor gør man det, når man skal så søl, at man lægger det klargjorte fertile væv i samme vand som de substrater man skal så på. Her ligger de nogle dage alt imens sporerne frigives og finder fasthæftning på substraterne. Dette er anderledes end metoden man anvender ved såning af sukkertang, hvor man laver et sporeudtræk, der hældes over substraterne efterfølgende. Forskellen afspejler den forskel, der er i tidsligheden for sporerens frigivelse hos de to arter. En anden væsentlig forskel er, at sporerne hos sukkertang er små og bevægelige (de kan svømme) mens sporerne hos søl er store (30-50 μm) og ubevægelige – dvs. de fordeler sig ikke selv jævnt over substratet som sukkertangens sporer, hvilket er en af udfordringerne i så-processen for søl.

3.2.1 Opsætning til såning

Der er flere opsætninger og metoder man kan anvende til at så søl. Den enkleste er ved at fordele det fertile væv over det substrat man ønsker at så på som fx vist i figur 10. Fordelen ved denne metode er, at opsætningen er simpel og ikke kræver den store investering for at komme i gang. Omvendt er ulemperne betragtelige. Først og fremmest kræver metoden store mængder fertilt materiale, ganske enkelt fordi mange sporer går tabt og ender på bunden af karret i stedet for på substraterne. Derudover vil såningen være meget ujævn, da sporerne ofte frigives i klumper som ikke fordeles med denne metode. I sidste ende ser man ofte dårlig vækst og høj dødelighed af spirerne. Vi anbefaler

derfor ikke denne metode i Danmark, hvor tilgangen til fertilt væv er begrænset, men hvis man alligevel ønsker at afprøve metoden, kan man finde yderligere detaljer i Werner & Dring 2011.



FIGUR 10. ENKELT EKSEMPEL PÅ OPSÆTNING TIL SÅNING AF SØL. KILDE: WERNER & DRING 2011.

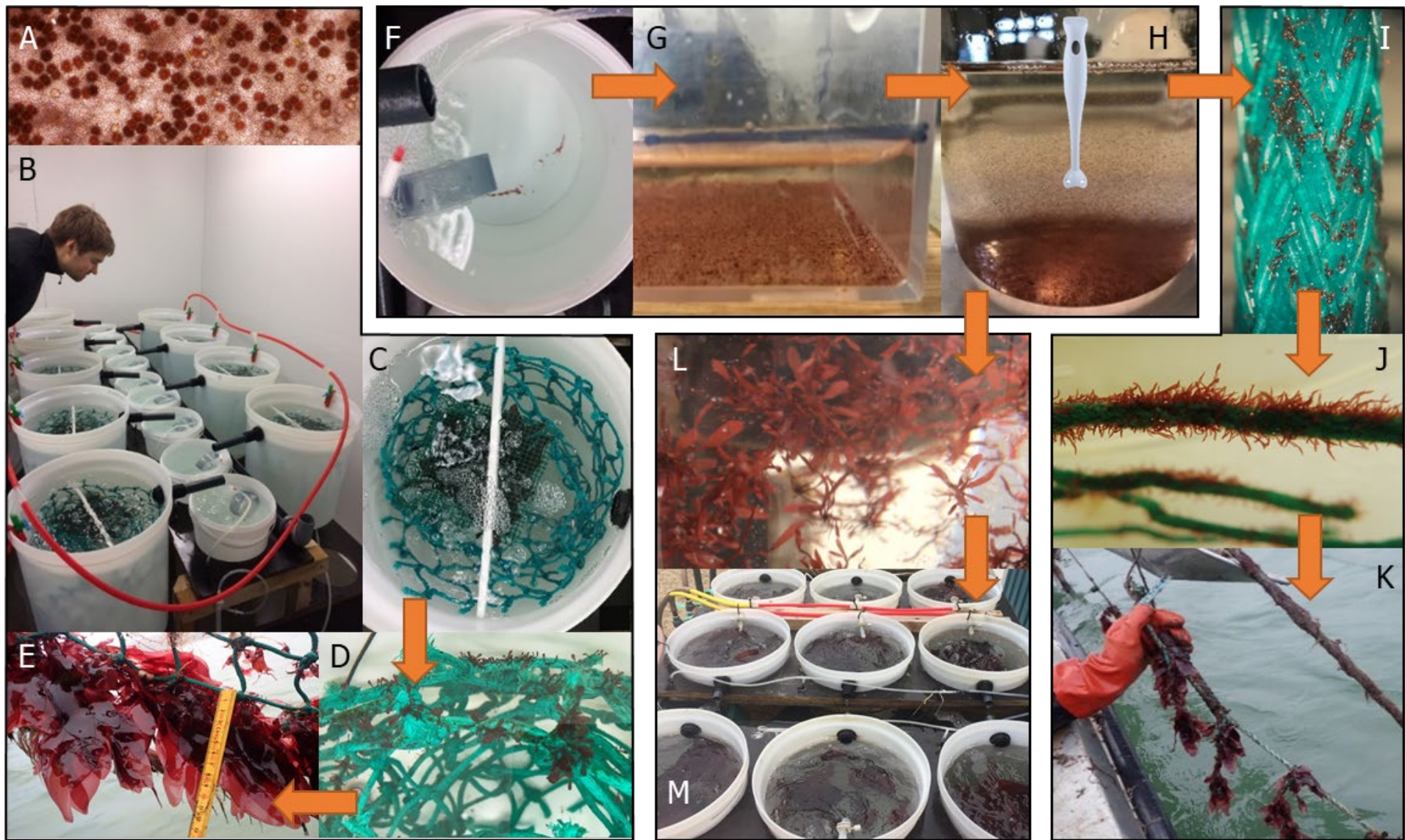
Som alternativ til ovenstående metode, anbefaler vi i stedet at så søl med brug af en mere krævende protokol, som dog kan anvendes med forskellige grader af kompleksitet (Figur 11). Det overordnede princip er en opsætning bestående af en eller flere koniske bobletanke, dvs. tanke med beluftning (1,2 L/min) fra bunden (Figur 11B-C). Beluftningen sikrer, at vandet i den enkelte tanke er omrørt og derved at sporerne fordeles jævnt. I det konkrete tilfælde i figur 11 er der anvendt tanke på 30 L i en opsætning med 9 tanke i alt. Vandet er fra Limfjorden, og det er UV-behandlet og filtreret (0,2 μm) inden brug. Da såningen foregår om vinteren, hvor der er rigeligt med næringsstoffer i de fleste danske farvande, er det ikke nødvendigt at tilsætte næring. Temperaturen skal være 5-10 grader og lysforholdene ca. 25 $\mu\text{mol fotoner m}^{-2} \text{s}^{-1}$ med en lys:mørke-cyklus på 10:14 timer.

Tankene kan opsættes enten uden vandgennemløb eller som vist på figur 11B med kontinuert vandgennemløb (0,5 L/min), hvor vandet pumpes fra en reservoirtank (200 L) vha. en justerbar dykpumpe til de 9 tanke. Vandet løber ind for oven gennem de røde slanger og ud i den modsatte side gennem et overløbsrør (Figur 11B). Overløbsvandet kan ledes tilbage til reservoirtanken (kan ikke ses på figuren) og herfra recirkuleres tilbage til systemet.

Alternativt kan overløbsvandet ledes i en spand til opsamling af overskydende sporer (2 L) med et overløbsfilter (15 μm) inden det ledes videre til reservoirtanken (Figur 11F). Dette kan være smart, da der vil være rigeligt med sporer i vandet, som man derved kan opsamle og anvende på anden vis (se afsnit 3.2.3). Anvender man sporeopsamling kan man med fordel opsætte en UV-lampe (60W) i reservoir-tanken, for at sikre at vandet holdes rent.

Som det fremgår, kan man foretage forskellige valg, der afgør kompleksiteten af opsætningen og derved investeringen, der kræves for at komme i gang med denne metode – det gælder:

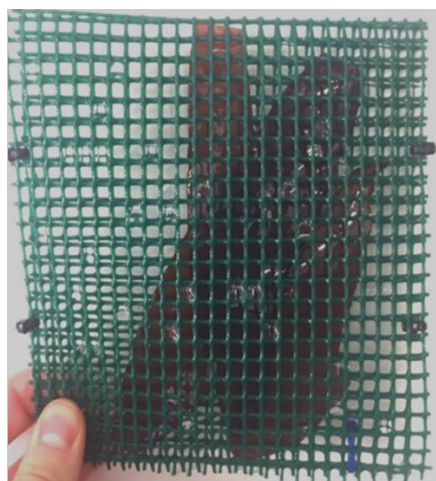
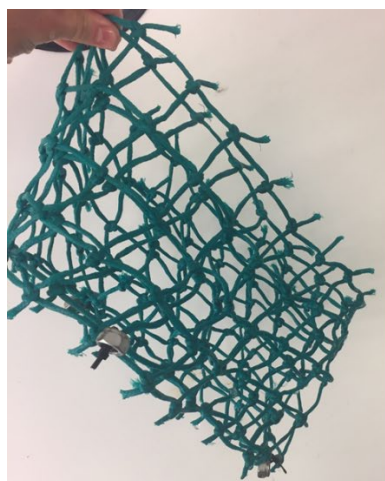
1. Antal af kar. Systemet kan skaleres efter individuelle behov og ønsker, og det giver sig selv at jo færre kar, des mindre investering - og jo flere kar, des større kapacitet.
2. Gennemløb af vand. Systemet kan forenkles ved ikke at anvende vandgennemløb. Dog risikerer man en dårlige såning, da søl trives bedst i friskt og strømmende vand.
3. Sporeopsamling. Sporeopsamling kan undværes, men den nødvendige investering er relativ lille ift. de fordele det giver for opsamling af ellers tabte sporer.
4. UV-behandling af vand. I reservoirtanken anbefaler vi, at man tilkobler en UV-lampe for at holde vandet rent – dog kun hvis man har sporeopsamling på sit system, da man ellers risikerer at dræbe sporer, der måtte være i vandet. En UV-lampe kan dog undværes, især hvis man har vand af god kvalitet til rådighed fra start.



FIGUR 11. FREMGANGSMÅDE FOR DYRKNING AF SØL. A: SPOREBÆRENDE VÆV KLAR TIL SÅNING. B: OPSÆTNING MED BOBLETANKE. C: BOBLETANK MED NET SUBSTRAT OG FERTILT VÆV. D: NET MED SØL-SPIRER KLAR TIL UDSÆTNING. E: SØL EFTER MÅNEDERS VÆKST I ÅBENT VAND. F: SPAND TIL SPOREOPSAMLING. SPORERNE SES SOM RØDE PLAMAGER PÅ BUNDEN. G: OPSAMLEDE SPORER OVERFØRT TIL AKVARIE. H: SPIREDE SPORER BLENDES. I: BLENDEDE SPORER SÅET PÅ REB. J: SPIRER KLAR TIL UDSÆTNING. K: SØL EFTER MÅNEDERS VÆKST I ÅBENT VAND. L: BLENDEDE SPORER VOKSER VIDERE I BOBLEKULTURER. M: SØL VOKSER I LANDBASEREDE TANKE.

3.2.2 Såning i bobletanke

Når opsætningen er klar, er man klar til at så. Det bekræftede sporebærende væv (Figur 11A) placeres øverst i bobletankene ovenover det substrat man ønsker at så på (Figur 11C). I det konkrete eksempel er der valgt et net som substrat, men man kan ligeledes anvende line opviklet på spoler som vist i Figur 12. For begge substrater gælder det, at det kan være nødvendigt med en eller anden form for vægt for at holde dem under vand. For at fastholde placeringen af det fertile væv, anbefales det desuden, at man fikserer det fx mellem to lag plastiknet (Figur 13) inden det lægges i bobletankene. Det kan være nødvendigt at fikserer plastiknettene med det fertile væv i tankene – fx som vist på Figur 11C med den hvide plastikpind. Plastiknettene skal som alle øvrige materialer rengøres grundigt inden brug med vand og sæbe.



FIGUR 12. TO TYPER SUBSTRAT KLAR TIL SÅNING I BOBLETANKE. FORSKELLIGE TYPER AF VÆGTE PÅHÆFTES FOR AT UNDGÅ AT SUBSTRATERNE FLYDER.

FIGUR 13. DET FERTILE VÆV FIKSERES MELLEM TO STYKKER PLASTIKNET INDEN DET ANVENDES TIL SÅNING I BOBLETANKE.

Mængderne af fertilt materiale, der bør anvendes, afhænger dels af kvaliteten af det fertile væv og af mængden af substrat. I det viste eksempel er der anvendt et net (0,25x1,4 m, maskestr. 6x6 cm, $\phi=6$ mm) per tank og 10-15 g væv. Med den mængde er der i det konkrete eksempel sået tre net per kar med den samme portion væv, således at net-substratet hver tredje dag er blevet udskiftet med et nyt. Dette kan kun lade sig gøre, fordi søl frigiver sine sporer over lang tid. Hvis man anvender denne form for gentagen såning, kan man evt. inden såning af et nyt net, tjekke det fertile væv i mikroskopet for at være sikker på, at der stadig er sporer at frigive.

3.2.3 Såning med opsamlede sporer

Forsøg har vist, at sporer, der tilbageholdes i sporeopsamlingstankene kan gemmes og anvendes til at så med i en periode på minimum 40 dage efter de er frigives fra det fertile væv. Det er denne proces, der er skitseret i Figur 11F-I. Sporerne overføres fra opsamlingstankene til fx et akvarie (5 L) med UV-behandlet og filtreret havvand ($0,2 \mu\text{m}$), hvor sporerne vil sætte sig og begynde at spire på bunden (Figur 11G). Sporerne stilles ved 5 grader med max $10 \mu\text{mol fotoner m}^{-2} \text{s}^{-1}$ lys i en lys:mørke-cyklus på 10:14 timer. Efter 1 dag tilsættes næring (10% f/2, tabel 1) og germaniumoxid (1 mg GeO/L). Efter 6 dage tilføres beluftning vha. en luftsten og en akvariepumpe. Hver anden uge skiftes vandet og ny næring og germaniumoxid tilføres.

TABEL 1. BLANDINGSFORHOLD FOR FREMSTILLING AF STAMKULTURER SAMT DOSERINGSMÆNGDER FOR F/2 NÆRINGSMEDIE OG GERMANIUMOXID. F/2 NÆRINGSMEDIE FORHANDLES AF FLERE OG ER BASERET PÅ EN OPRINDELIG OPSKRIFT AF GUILLARD. FORHANDLERE FINDES LETTEST VED EN GOOGLE-SØGNING PÅ "F/2 GUILLARD".

f/2 næringsmedie	
Stamopløsning	100 g færdigblandet f/2+ i 1 L havvand
Dosering (100%)	1 ml stamopløsning/L
Dosering (10%)	0,1 ml stamopløsning/L
Germaniumoxid	
Stamopløsning	1 g GeO/L havvand
Dosering	1 ml stamopløsning/L

Op til 40 dage efter sporerne er frigivet, kan de bruges til at så med. Dette gøres ved at skrabe sporerne af bunden af akvariet og blende dem i 1 minut med en køkkenblender, så man får skilt sporerne ad og de bliver aktiveret til at fasthæfte på ny. Den sporeblanding man opnår ved denne metode (Figur 11H), kan man anvende til at så substrater med i bobletanke (Figur 11I). Metoden er indtil videre kun testet på lille skala i laboratoriet, men forventningen er, at det også virker på større skala som fx de 30 L bobletanke, der er anvendt i opsætningen i Figur 11. Her ville man i stedet for fertilt væv tilføre sporeblandingen til bobletankene og i stedet for et gennemløbssystem køre med et lukket system, hvor vandet forbliver i tankende over en så-periode på 3 dage.

Alternativt kan sporeblandingen også anvendes til at dyrke sølen videre til stor størrelse på land i boblekulturer (Figur 11H, L-M). Se mere herom i afsnit 5.

3.3 PASNING AF SPIRER INDTIL UDSÆTNING

Lige meget om man sår med opsamlede sporer eller fertilt væv direkte, skal de til substrater passes indenfor i klækkeriet i 8-11 måneder, før spirerne er store nok og klar til udsætning (figur 11D+J). Når substraterne er tilsæt, overføres de til tanke med stort vandvolumen (UV-behandlet og 0,2 µm filtreret havvand). Se yderligere forhold i tabel 2. Størrelsen afhænger af mængden og typen af substrater. Fx er en 500 L tank (1x1x0,5 m) passende til 9-12 net (0,25x1,4 m) eller 20-25 spoler som de 3, der er vist i Figur 12.

TABEL 2. VÆKSTFORHOLD FOR SØL MENS DEN SPIRER I KLÆKKERIET INDEN UDSÆTNING.

	Lys	Beluftning
Dag 0-3	35 µmol fotoner m ⁻² s ⁻¹	Ingen
Dag 3-30	35 µmol fotoner m ⁻² s ⁻¹	Beluftning med luftsten
Dag 30-	15 µmol fotoner m ⁻² s ⁻¹	Beluftning med luftsten
10% f/2 næringsmedie (se tabel 1) Vandskifte hver 2.-3. uge med fornyelse af næring. Evt rengøring af tank. Lys: 10 timers lys:14 timers mørke Temperatur: 10 grader		

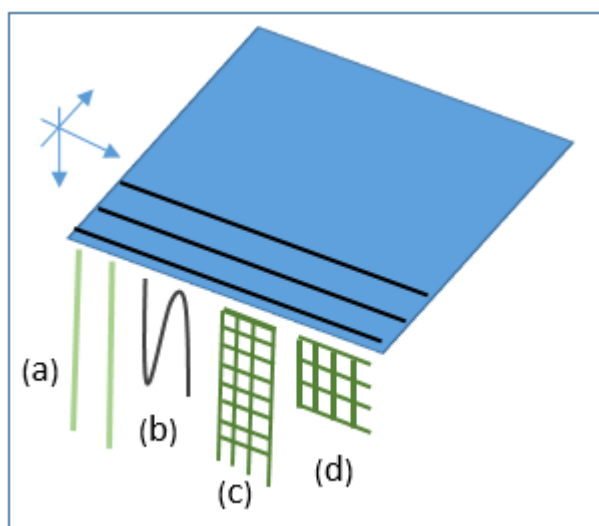
4. UDSÆTNING OG HØST

4.1 UDSÆTNING

Når søl-spirerne er store nok, er de klar til udsætning i åbent vand. Spirerne skal minimum være 0,5-1 cm inden udsætning (Figur 11D, J), men klarer sig dog bedst ved den efterfølgende udsætning i åbent vand, hvis de opnår en størrelse på > 1 cm i klækkeriet og gerne op til 3 cm.

Udsætningsperioden forløber fra sidst i efteråret og hen over vinteren. Jo tidligere spirerne sættes ud, des længere er vækstsæsonen inden høst og des højere udbytte kan man forvente at få. En god tommelfingerregel er at vente med at hænge ud indtil vandtemperaturen er kommet under 10 grader, hvilket typisk sker slut september/start oktober.

Der er forskellige måder at hænge sine substrater ud på som skitseret i figur 14. Hvis man har sået på liner, kan man enten hænge linerne ud som enkelte "droppere", der hænger vertikalt fra hovedlinen (Figur 14a) eller som kontinuerte guirlander langs hovedlinen (Figur 14b). Alternativt kan man hænge linerne horisontalt direkte på hovedlinen. Har man sået på liner tykkere end 4 mm kan disse hænges direkte ud, mens man, hvis man anvender en tyndere line som så-line (afsnit 2.1.1), er nødsaget til at opvikle på en tykkere line ved udhængning (Figur 5). Har man sået på net, kan disse udhænges i forskellige dybdekonfigurationer (Figur 14c, d).



FIGUR 14. EKSEMPLER PÅ FORSKELLIGE MULIGHEDER FOR UDSÆTNING AF LINER OG NET TIL DYRKNING AF SØL I ÅBENT VAND. EKSEMPLERNE TAGER UDGANGSPUNKT I ET LANGLINESYSTEM, HVOR MAN HAR HORISONTALE HOVEDLINER SPÆNDT UD UNDER VANDOVERFLADE, HVORFRA SÅ-LINER KAN HÆNGES. KILDE: SCHMEDES 2020.

Den dybde for udsætning, der giver mest succesfuld vækst af søl, afhænger i høj grad af lysforholdene på den respektive dyrknings-lokalitet. Fx er det ikke fordelagtigt i Limfjorden at dyrke søl dybere end 1,5 m, mens man i ydre dele af Horsens Fjord vil kunne dyrke ned til 2,5 meters dybde frem til høst i maj-juni. I egne med mere klart vand, som fx i Kattegat, kan der desuden opleves en reduktion i væksten i den øverste meter af vandsøjlen, hvor solens indstråling i den sidste del af vækstsæsonen (maj/juni) kan blege sølen. Det er derfor en god ide at tilse sine liner oftere i denne periode for at holde øje med, om søl-planterne begynder at bleges – dvs. bliver grønne eller svagt pink. Er det tilfældet, kan man enten høste med det samme eller sænke sine liner ned på dybere vand indtil høsten.

For alle typer udsætning vil det være nødvendigt at sikre substraternes stabilitet i vandet ved at tilføje vægtlodder i bunden. Dette kan fx være stykker af tentorstål/kamstål, der fastgøres til linerne med strips. Det er vigtigt, at stålet fastgøres godt til linerne, da det ellers kan føre til slitage af linerne, så de i sidste ende skæres over.

Den anbefalede vægt afhænger dels af længden af linerne og eksponeringsgraden i det område, man dyrker tangen i. Fx vil et lod på 350 g være tilstrækkeligt til at sikre stabilitet af en guirlande (Figur 14b) på 3 m (1,5 meter op + 1,5 meter ned), der udhænges i stille vand i Limfjorden, mens det dobbelte vil være nødvendigt til en "dropper-line" på 4 meter ved Grenå, hvor vandet er mere strømfyldt og uroligt.

4.2 VÆKSTPERIODEN OG HØST

Det anbefales, at man efter udhængning tilser sine liner jævnlige frem til høst. Dette er i særlig grad vigtigt i sidste halvdel af vækstperioden, hvor vandtemperaturen begynder at stige og lyset bliver kraftigere. Sølen tåler fint vandtemperaturer op til 15-17 grader, så længe lyset ikke bliver for kraftigt. Dog kan det især i fjordområder som fx Limfjorden være nødvendigt at høste inden vandtemperaturen overstiger 10 grader, da det er omkring denne temperatur, man vil begynde at opleve begroning af sølen.

Ved tilsyn af linerne bør man tjekke, at de fortsat hænger som de skal. Fx bør man være opmærksom på om vægtlodderne er tilstrækkelige, eller om linerne fx begynder at vikle sig om hinanden eller omkring hovedlinen. Desuden bør man holde øje med, om der kommer begroning på linerne og på sølen. Er det tilfældet, bør man overveje at fremskynde høsten, da begroning hurtigt kan tage til. Som en sidste ting skal man holde øje med om sølen fortsat er fin og rød i vævet (Figur 11K, E). Ved hurtig vækst i foråret kan sølen blive lyserød, hvilket er helt naturligt, men begynder farven at blive meget bleg eller grønlig, kan det være et tegn på, at sølen får for meget lys, og man bør da overveje at sænke sine liner ned på dybere vand. Den negative effekt af for høj lysindstråling i forårmånederne vil være størst i områder med klart vand og i områder med lave næringskoncentrationer – dvs. i fjordområder vil man forventeligt ikke opleve dette i høj grad.

Høsten foregår i perioden april-juni afhængig af området, man dyrker i. I fjordområder vil vækstsæsonen typisk begrænses af tidspunktet, hvor begroning forekommer. I visse dele af Limfjorden vil dette være ultimo april til maj måned. I områder som fx Grenå opleves begroning ikke i nær så høj udstrækning, og høsten vil således kunne foregå senere – helt frem til juni. Dette kræver dog, at man tager de nødvendige tiltag for at undgå blegning af biomassen, som diskuteret ovenfor.

Høsten kan lettest foregå manuelt, hvor linerne tages op og biomassen klippes af. Med de studier, der hidtil er foretaget i danske farvande tyder det på, at man kan opnå udbytter på op mod 300 g per meter line, men der er forventninger om, at dette kan stige til op mod 1 kg fremadrettet. Ved brug af store spirer (3 cm) sået på net forventes det at man kan opnå udbytter helt op mod 3 kg.

5. DYRKNING AF SØL PÅ LAND - KORTFATTET

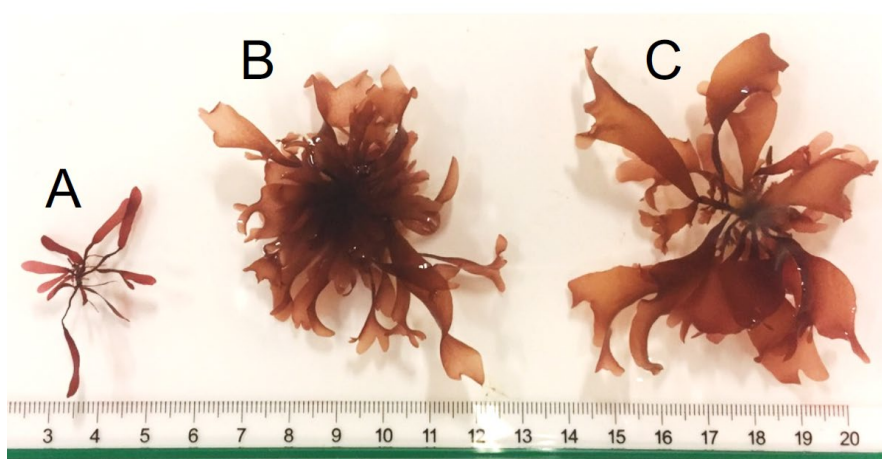
Foruden at dyrke søl på liner eller net i åbent vand, kan man med de rette faciliteter også dyrke søl på land i åbne tanke. Der er flere måder at gøre dette på – metoden, der beskrives kortfattet i dette afsnit, tager udgangspunkt i opsætningen, der er skitseret i Figur 11 (A, B, F-H, L, M) og baseres således på opvækst af sporer til høstbar størrelse.

Princippet er, at de opsamlede sporer (Figur 11F) efter en indledende spiring i stille vand (Figur 11G) kan blendes (Figur 11H) og herfra dyrkes i boblesystemer, først i laboratoriet (Figur 11L) og senere i større tanke - enten udendørs (Figur 11M) eller indendørs med vækstlys. Den samlede proces er endnu ikke 100% optimeret, så anbefalingerne, der gives herfra er primært retningsgivende og tiltænkt som inspiration.

Fra sporerne blendes (Figur 11H) og til de når en størrelse som angivet i Figur 15A, dyrkes de under forhold med lavt lys ($10 \mu\text{mol fotoner m}^{-2} \text{s}^{-1}$), lav temperatur (5 grader) og lav næringskoncentration (10% f/2). Vandskifte (UV-behandlet og $0,2 \mu\text{m}$ filtreret havvand) foretages ca. hver 3. uge (oftere hvis man observerer at vandet bliver uklart), og kombineres med ny næringstilsætning. Denne fase er langsommelig og tager 3-4 måneder. Herefter vil spirerne stoppe med at gro og gå i en form for dvaletilstand, hvor de kan holdes i op til halvandet år.

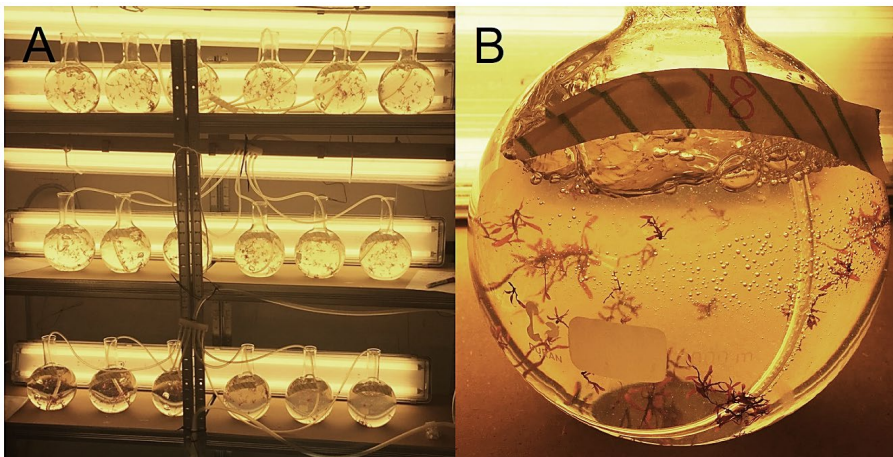
Man kan i denne fase anvende kolber (Figur 16) eller mindre koniske tanke – det afgørende er, at der er beluftning på fra bunden, som holder sporerne i konstant bevægelse. Her kan man anvende en akvariepumpe og luftslanger i silikone. Tætheden af spirerne kan være relativ høj (Figur 11L), således man kan have mange spirer på lidt plads, men det kan være en fordel at fordele sine spirer i flere kolber/tanke (Figur 16), hvis noget skulle gå galt i en af kolberne.

Når spirerne har nået en størrelse på 1-2 cm (Figur 16) kan man begynde at øge væksten ved at øge lys- og næringstilførslen. Således kan man gå fra små spirer på 1-2 cm til spirer på 5-6 cm som indikeret i Figur 15B-C på halvanden måned. I denne fase kan man anvende en næringstilførsel på 100% f/2 med vandskifte (UV-behandlet og $0,2 \mu\text{m}$ filtreret havvand) og ny næringstilførsel hver 2. uge (oftere hvis man observerer at vandet bliver uklart), samt en lysstyrke på $100\text{-}230 \mu\text{mol fotoner m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Temperaturen skrues i denne fase op til 10 grader.



FIGUR 15. OPVÆKST AF SØL SPORER TIL SPIRER I BOBLEKULTURER EFTER 10 MÅNEDER (A) VED LAVE LYS- OG NÆRINGSFORHOLD OG EFTER YDERLIGERE HALVANDEN MÅNED MED ØGET LYS- OG NÆRINGSTILFØRSEL (B, C). KILDE: LEVINSSEN 2020.

I denne fase kan man fortsat anvende kolbe-systemer som i Figur 16 eller koniske tanke, hvor man kan sikre beluftning fra bunden.



FIGUR 16. EKSEMPLER PÅ KOLBE-OPSÆTNING MED BELUFTNING TIL OPVÆKST AF SØL SPIRER. KILDE: LEVINSEN 2020.

Herfra kan spirene overføres til større koniske tanke, som dem, der anvendes i den oprindelige opsætning til sporefrigivelsen (Figur 11B). I denne fase mangler der fortsat viden om optimering af forholdene.

Hidtil er der lavet forsøg med dyrkning i procesvand fra landbaseret lakseopdræt i udendørs tanke således man udnytter den naturlige lysindstråling og næringsstofferne fra lakse-vandet (Figur 17) (LevinSEN 2020). Tankene og opsætningen var magen til dem i Figur 11B. Forsøget viste, at væksten i dele af året kan være relativ høj - i en tank på 30 liter opnåede man en forøgelse i biomassen fra 100 g til 300 g på en måned i løbet af foråret uden tilsætning af andet end beluftning til tankene.



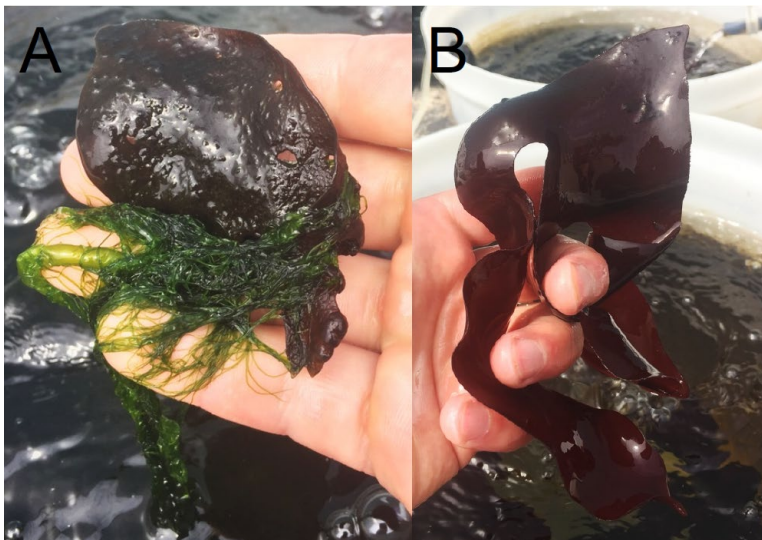
FIGUR 17. BILLEDER FRA DYRKNINGSFORSØG AF SØL I LAKSEVAND. A: EKSEMPEL PÅ PLANTE EFTER EN MÅNEDS VÆKST. OPSÆTNINGEN (B) BESTÅR AF BELUFTEDE KONISKE TANKE MED VANDGENNEMLØB. AFDÆKNING AF TANKENE MED NET (C) ER NØDVENDIGT FOR AT OPRETHOLDE VÆKST OVER SOMMEREN, HVOR SOLINDSTRÅLINGEN ELLERS ER FOR HØJ. KILDE: LEVINSEN 2020.

Enkelte individer opnåede størrelser op til 70 cm (Figur 18), som dog ikke nødvendigvis er fordelagtigt, da de store individer ikke hvirvler tilstrækkeligt rundt i tankene, hvilket kan betyde, at de bliver fanget i toppen af karret og får solskader (blegning).



FIGUR 18. EKSEMPEL PÅ HVOR STOR SØL KAN BLIVE I LANDBASERET DYRKNING. KILDE: LEVINSEN 2020.

Hen mod sommeren (maj/juni) kan lysindstrålingen blive for høj i forhold til, hvad søl kan holde til, og det kan være nødvendigt at dække karrene af med fx net for at give skygge (Figur 17C). Dette kan desuden afhjælpe problemer med begroning på sølen som vist i Figur 19.



FIGUR 19. SØL DYRKET I LAKSEVAND I LANDBASEREDE TANKE UDEN SKYGGE (A) OG MED SKYGGE (B). BILLEDERNE ER FRA ULTIMO JUNI. KILDE: LEVINSEN 2020.

RELEVANT LITTERATUR

*Levinsen JUG (2020). Cultivation of *Palmaria palmata* in land based integrated multi trophic aquaculture systems – from spore to harvestable resource. Speciale-rapport. DTU Aqua, Dansk Skaldyrcenter. 104 pp.*

*Schmedes PS (2020). Investigating methods for improved hatchery and cultivation of *Palmaria palmata*. PhD afhandling. DTU Aqua, Dansk Skaldyrcenter. 150 pp.*

*Urd Grandorf Bak (2014). Suitable cultivation areas for *Palmaria palmata* (Rhodophyta) and *Saccharina latissima* (Phaeophyceae) in the inner Danish waters in relation to variations in light, temperature and salinity. Speciale-rapport, 62 pp.*

*Werner A & Dring M (2011). Cultivating *Palmaria palmata*. Aquaculture explained. No. 27. BIM.*