

## Slutrapport NORD-OSTRON Huvudaktivitet 2: Teknikutveckling för ostronodling



## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1. Bakgrund</b> .....	<b>3</b>
<b>1.1. Bakgrund och motiv för utveckling av ostronodling i Kattegat-Skagerrak (KASK) regionen</b> .....	<b>3</b>
<b>1.2. Hur odlas ostron?</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3. Problemställningar och tekniska utmaningar</b> .....	<b>4</b>
1.3.1. Kläckeri .....	4
1.3.2. Mikroalgsodling.....	5
1.3.3. Havsbaserad odling.....	5
<b>2. Resultat</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1. Underaktivitet 2.1 Kläckeri</b> .....	<b>7</b>
2.1.1. Utmaningar och frågeställningar.....	7
2.1.2. Genomförda försök.....	7
2.1.3. Metodik, analyser .....	8
2.1.4. Resultat.....	14
2.1.5. Industriell relevans.....	18
2.1.6. Fortsatta utmaningar för framtiden.....	18
<b>2.2. Underaktivitet 2.2 Algodling</b> .....	<b>19</b>
2.2.1. Utmaningar och frågeställningar.....	19
2.2.2. Genomförda försök.....	19
2.2.3. Metodik.....	20
2.2.4. Resultater.....	22
2.2.5. Industriell relevans.....	32
2.2.6. Fortsatta utmaningar för framtiden.....	33
<b>2.3. Underaktivitet 2.3 Havsbaserad odling</b> .....	<b>34</b>
2.3.1. Utmaningar och frågeställningar.....	34
2.3.2. Genomförda försök, metodik och analyser.....	34
2.3.3. Metodik, analyser .....	36
2.3.4. Resultat.....	37
2.3.5. Industriell relevans.....	43

## 1. Bakgrund

### 1.1. Bakgrund och motiv för utveckling av ostronodling i Kattegat-Skagerrak (KASK) regionen

Vattenbruket den livsmedelssektor som utvecklats och vuxit snabbast under de senaste decennierna men enligt FAO (FN:s livsmedelsorgan) är produktionen ändå otillräcklig för att täcka dagens och framtidens globala behov av fisk och skaldjur. I de skandinaviska länderna med sina långa kuster och talrika sjöar är förutsättningarna för att utveckla ett bärkraftigt vattenbruk mycket goda vilket också gjort Norge till en av de ledande vattenbruksnationerna i världen. Vattenbruket skapar inte bara tillväxt och arbetstillfällen på lands- och i glesbygd utan levererar därtill näringsrika och nyttiga produkter framställda på ett ekologiskt och miljömässigt hållbart sätt. Detta har lett till att den svenska och danska regeringen beslutat att satsa mer resurser på att utveckla vattenbruket och här liksom i Norge väntas ostron- och musselodling längs kusterna spela en mycket viktig roll för den framtida näringen. Just odling av musselarter har god utvecklingspotential i KASK-regionen eftersom våra näringsrika vatten ger snabb tillväxt och hög avkastning. Miljöcertifierade musselprodukter från vår region kan bli en stark konkurrent på den internationella marknaden. Odling av olika musselarter har dessutom positiva miljöeffekter då filtrerande musslor minskar effekterna av övergödning. Musselodling lyfts därför fram i europeiska strategidokument för vattenbrukets utveckling.

I dagsläget finns intresse och kompetens samlad inom regionen för att utveckla produktionsteknik för odling av det europeiska flatostronet (*Ostrea edulis*). Våra skandinaviska ostron är mycket eftertraktade i Europa där de har ett högt marknadsvärde. Där är tillgången mycket begränsad p.g.a. att denna ostronart har drabbats av en dödlig parasitsjukdom. Det medför att vi har tillgång till en värdefull och unik resurs i vårt område, vilket motiverar gränsöverskridande insatser för att både skydda bestånden och utveckla ostronnäringen. Dock är produktionspotentialen i våra vilda bestånd begränsad varför teknikintensiva insatser och yngelproduktion i kläckerier behövs för att näringen ska kunna expandera till en professionell industri. Att det finns yngel att tillgå är en förutsättning för en bärkraftig odlingsindustri.

### 1.2. Hur odlas ostron?

Odling av ostron sker intensivt i en landbaserad produktionsanläggning och extensivt med olika havsbaserade korgodlingstekniker. Kläckeriproduktion av ostronyngel sker i flera komplexa steg som förenklat omfattar avel, larvodling, settling och yngelodling (se fig. 1). En stor och viktig del av ostronproduktionen i ett kläckeri består av mikroalgsodling som utgör foderkällan för både larver, yngel och avelsdjur (se 1.2.2.).

Processen börjar med att avelsostron tas in från naturliga bestånd. Genom att temperaturen höjs och mikroalger tillförs som föda under cirka 2 månader

stimuleras ostronen till lek i bassänger. Platta ostron har inre befruktning och embryonalutveckling. Larver kläcks inuti moderindividen och utvecklas under cirka 10 dagar inuti modern innan de släpps ut. Larverna samlas upp och förs över till odlingskar. De utfodras med mikroalger under cirka 14 dagar tills de är 0,3 mm stora och mogna att sätta sig fast på en yta (substrat). Mogna larver flyttas över till kar för att settla och metamorfosera, vilket t.ex. kan ske i såll med skalgrus. Där förvaras larverna under ca en vecka tills de har fäst vid substratet och omvandlats till yngel. De små ynglena odlas därefter vidare i kläckeriets yngelkammare. Beroende på vilket odlingsystem som man väljer odlar man vidare ynglen till mellan 4-20 mm storlek i yngelkammaren. Det är dock föredelaktigt att flytta ut ynglen till havs så fort som möjligt för att minska åtgången på odlade mikroalger. Flottbaserade strömrännor (FLUPSY) till havs kan användas från att ynglena är 4 mm.

Havsodling sker i havet och omfattar två steg. Ynglena placeras i odlingskorgar på ca 3-5 meters djup. Korgarna hängs från långlinor eller flottor som är förankrade i botten. Korgarna byts eller rengörs regelbundet för att avlägsna påväxt samtidigt som de växande ostronen rengörs och storlekssorteras. Odlingsperioden till skörd är sammanlagt ca 3-4 år beroende på odlingslokalitetens förhållanden när det gäller bl.a. strömhastighet, näringsinnehåll (planktonförekomst), temperatur och salthalt.



Fig. 1. Process för ostronodling i kläckeri och havsodling

### 1.3. Problemställningar och tekniska utmaningar

#### 1.3.1. Kläckeri

Det platta ostronen är allmänt ansedd som en svårödlad art bl.a. beroende på att den har en komplicerad livscykel med inre befruktning och yngelvård, processer som är svåra att kontrollera. Dessutom har ostronen en skev könskvot och andelen honor kan variera kraftigt mellan populationer och säsonger vilket gör att man behöver kompensera denna osäkerhet med att ha en stor mängd avelsdjur i kläckeriet. Den del av livscykeln som hittills har varit svårast att kontrollera är larvstadiet, där ett antal faktorer orsakar varierande överlevnad i odlingsprocessen. Variation i havsmiljön skapar ogynnsamma förhållanden som periodvis orsakar dålig hygien och avvikande vattenkemi i kläckeriets havsvatten. Hygien har en generell betydelse både för odlingsmiljön där avelsdjur, larver och yngel odlas samt för foderkvalitet

eftersom alla livsstadier utfodras med mikroalger som odlas i kläckeriet. Det finns huvudsakligen fyra smittovägar genom vilka patogena bakterier kan överföras till larver i kläckeriproduktionen; a) inkommande saltvatten som larverna odlas i, b) mikroalgerna som tillförs larver som föda, c) ledningar, tankar och annan utrustning som används vid larvodling samt d) avelsdjuren som larverna kommer ifrån. Larvers förmåga att överleva under de specifika förhållanden som kläckeriproduktion innebär påverkas även av genetiska förutsättningar. Larvers prestationsförmåga kan förädlas avseende motståndskraft mot infektioner och tillväxthastighet genom selektiva avelsprogram. Selektiva avelsprogram är vedertagna verktyg för att nå framgångsrik produktion inom vattenbruk av fisk och skaldjur.

Projekt Nord-ostron har arbetat med problembaserad forskning och utveckling för att lösa ett antal steg i ovanstående steg i kläckeriprocessen. En stor arbetsinsats har riktats mot att optimera dom odlings tekniska förhållandena med bl.a. ökade hygien tekniska krav.

### 1.3.2. Mikroalgsodling

Det finns flera utmaningar när det gäller att odla mikroalger som foder till ostronkläckerier. För det första så gäller det att välja ut arter som ostronen filtrerar och tillgodogör sig av näringen. Här spelar storleken och formen på mikroalgerna roll om ostronen skall kunna ta upp och tillgodogöra sig algernas näring. Mikroalgerna skall också vara möjliga att odla och dom skall vara snabbväxande och tåliga. Dessutom skall mikroalgernas näringssammansättning tillgodose dom krav hos ostronens olika livsstadier för att överleva och tillväxa. Här är innehållet av vissa fleromättade fettsyror av särskilt vikt. I kläckerier odlas normalt 4-5 olika algarter som tillsammans ger den näringssammansättning som ostronen behöver. Mikroalgernas näringsvärde varierar över säsongen och det finns behov av att utveckla kunskap om odlingsförhållanden som optimerar algcellernas biokemiska sammansättning.

I projektet har fokus varit på att optimera odlingsförhållandena för att maximera innehållet av fettsyror. Dessutom har en storskalig odlingsmetod, en bioreaktor, som kan reducera vattenförbrukningen och öka produktionseffektiviteten utvecklats och är nu under utprovning.

### 1.3.3. Havsbaserad odling

Utmaningarna när det gäller den havsbaserade delen av ostronodling hänger samman med odlings placering, val av utrustning samt skötsel av odlingsutrustning och ostron. Ostronens tillväxt och överlevnad avgörs främst av odlings placering som kan ha avgörande betydelse för produktionens framtida lönsamhet. En total tillväxtperiod från yngel till konsumtionsfärdigt ostron på tre säsonger jämfört med fyra, eller en överlevnad på 60 % jämfört med 85 % kan vara skillnaden mellan en bra och en mindre bra odlingslokal. Det finns en rad faktorer som bör beaktas i sökandet efter en lokal med så



EUROPEISKA UNIONEN  
Europeiska regionala  
utvecklingsfonden



Interreg IVA  
ÖRESUND - KATTEGAT - SKÄGERÅKE

optimal odlingsmiljö som möjligt, t.ex. vattendjup, födotillgång, temperatur, salinitet, exponeringsgrad och utsläppskällor.

Val av odlingsssystem och korgtyper kan påverka ostronens tillväxt och överlevnad, men har också betydelse när det gäller påväxt av andra organismer på utrustningen, och hur mycket arbetstimmar som krävs för hantering och rengöring av ostron och utrustning. Vilket odlingsssystem man bör välja påverkas av förutsättningarna hos odlingslokaliteten, t.ex. lokalens exponeringsgrad vad gäller strömmar och vind. Val av odlingsssystem är också beroende av vilken övrig infrastruktur som finns tillgänglig för företaget. Det finns gott om odlingsutrustning att tillgå på marknaden och även information om vad som kännetecknar en bra ostronodlingslokal. Men kunskap om odlingsystem och lokaler som kan fungera i våra egna områden saknas.

I projektet har därför tillväxtförsök av ostronyngel genomförts längs Bohuskusten. Två olika odlingsystem har provats ut och försöken har genomförts i samarbete med befintliga odlare och/eller ostronvattenägare.

## 2. Resultat

### 2.1. Underaktivitet 2.1 Kläckeri

Målsättning: En utvecklad teknik för odling av yngel i landbaserade kläckeri anpassade till våra förutsättningar i de skandinaviska lande.

#### 2.1.1. Utmaningar och frågeställningar

Udfordringen i klækkerierne er at opbygge en rutine i dyrkningen af østers, således at der fra klækkerierne kan sikres en kontinuerlig og stabil produktion af østersyngel år efter år.

#### 2.1.2. Genomförda försök

Beskrivelsen af de udførte forsøg bliver opdelt i 2, henholdsvis forsøg udført i 2010 og forsøg udført i 2011. I rapporten findes resultater fra udvalgte udførte forsøg i 2010 og forsøg udført i 2011.

I 2010 var der meget fokus på hygiejne i alle aspekter. Der blev lavet forsøg, hvor beholdere til moderdyr (fig. 2) blev rengjort/renset på forskellig vis, for at se om dette havde indflydelse på hvor mange larver moderdyrene producerede og i hvilken stand larverne fra de forskellige hold moderdyr var. Rengøring ved moderdyr: Hos den ene gruppe af moderdyr (90 stk) blev beholderne rengjort dagligt ved at fjerne bakken med østers og karret blev rengjort med klor og skyllet grundigt med vand efterfølgende. Hos den anden gruppe af moderøsters (90 stk) blev karret blot suget fri for urenheder, således at østers blev forstyrret så lidt som muligt.



Figur 2. Moderøsters kar.

### Forsøg 2010

Densitet af larver: 10.000 eller 30.000 larver pr. liter. Lukket system  
Tæthedsforsøg i 10.000-30.000-60.000 larver pr. Liter. Kontinueret vandflow.  
Foderforsøg centrifugerede alger eller ikke-centrifugerede alger.



Antibiotikaforsøg: Forskellig dosering og forskellig larvetæthed (lukket system)

### Forsøg 2011

Densitet af larver: 12.000-300.000

Temperatur ved larver: 17-20-25

Beholder volumen: 1-15-150 liter

Moderdyrbehandling: Iod-Antibiotika-ingen behandling

Gennemstrømning ved larver (forskelligt flow)

### 2.1.3. Metodik, analyser

Moderdyr til forsøgene blev hentet i henholdsvis Kås Bredning og Nissum Bredning på 6-8 meter vand. I 2010 blev der som tidligere år med østersdyrkning i Danmark benyttet store moderøsters, da gydningspotentialet for store moderdyr er størst. Erfaringer fra udlandet bevirkede, at moderdyr som DSC benyttet til forsøg i 2011 var betydelig mindre (fig. 4).

I 2010 var gennemsnitsstørrelsen af moderdyr 245 gram, med en vævsmængde på 9,82 gram (tørvægt). Moderdyrene blev taget direkte fra fjorden og blev anbragt i klækkeriet, hvor vandet langsomt blev varmet op (1 grad pr. dag) i det recirkulerede system. Der blev taget moderdyr ind i klækkeriet 3 gange i løbet af produktionssæsonen 2010. Moderdyr blev hentet ind 28/5, 13/7 og 10/8. Moderdyrene blev placeret i kar med dimensionen 1 meter × 1 meter × 0,2 meter (ca 200 liter). Der blev benyttet ialt 6 kar med hver 30 moderdyr. Moderdyrene blev placeret i bakker, der var hævet over bunden og karret var forsynet med et fint filter således, at alle larver blev opsamlet.

Moderøsters blev udsat for to slags rengøring – Skånsom og hård (grundig) med 90 dyr for hver behandling. Ved skånsom rengøring blev moderøsters i tanken og en let rengøring af tanken fandt sted ved at støvsuge snavs fra bunden 1 gang om ugen. Det var kun en del af vandet der blev skiftet under rengøringen og østers var hele tiden vanddækket. Ved hård rengøring blev moderøsters flyttet fra deres tank mens alt vand blev drænet og tanken blev rensat med klor.

Moderøsters blev holdt i seks tanke, tre tanke med skånsom og tre tanke med hård rengøring.

Foderslanger og larvefiltre (filtre ved moderdyrene til opsamling af larver) blev rengjort dagligt for begge hold moderdyr. Alger anvendt til fodring af såvel moderdyr og larver var *Chaetoceros muelleri*, *Isochrysis galbana* T-iso og *Tetraselmis suecica*. Disse alger blev også anvendt i 2011.

I 2010 blev gydningsens størrelse vurderet efter tre kategorier: Normal, lille eller meget lille. I 2011 blev antallet af larver estimeret ved hver gydning. I både 2010 og 2011 blev larvernes størrelse, aktivitet og foderstand noteret efter følgende skala:



**Fitness** inddeles i 5 grupper og omhandler larvernes aktivitetsniveau:

Fitness 1: Meget aktive larver. 2/3 svømmer aktivt i overfladen eller pendler rundt

mellem overflade og bund af tællekammer. Bundliggende larver ser aktive ud.

Fitness 2: Aktive larver. 1/2 svømmer eller pendler fra bund til overflade.

Relativ aktive bundlarver (indre aktivitet ses ved stor forstørrelse)

Fitness 3: Delvist aktive larver. 1/4 svømmer mens resten ligger på bunden.

Få bundlarver er aktive

Fitness 4: Meget få larver svømmer. Bundlarver inaktive

Fitness 5: Ingen svømmende larver. Bundlarver inaktive

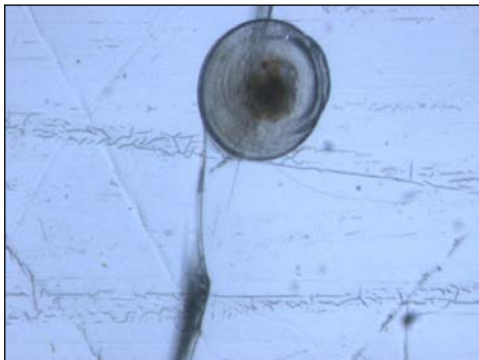
**Fodertilstand** inddeles i følgende grupper og omhandler mængden af foder i larvernes system:

Foder 1: Meget mørke larver. Både spiserør, tarm og mavesæk er fyldt med foder.

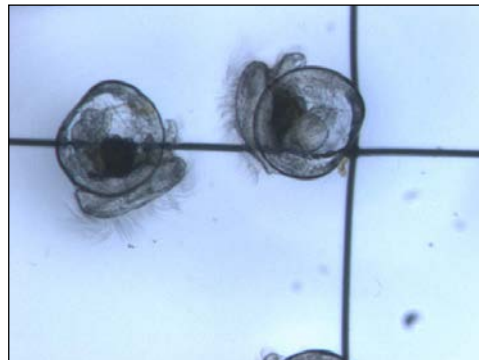
Foder 2: Delvis mørke larver. Ikke hele systemet der er fyldt med foder.

Foder 3: Næsten gennemsigtige larver

Foder 4: Helt gennemsigtige larver



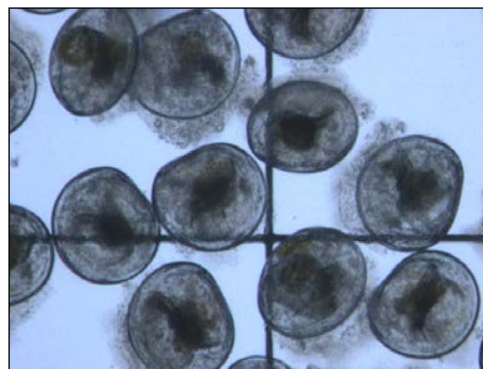
Figur 3a



Figur 3b.



Figur 3c



Figur 3d

Figur 3 a-d. Østers larver. **a)** Larve uden foder i tarm, **b)** Aktiv svømmende larver, **c)** Larve med øjeplet (rød markering), **d)** Larver fra 13-7-2010 med bakterier.

I 2011 blev moderdyr for-konditioneret i fjorden i tæt på vandoverfladen, hvor fødemængden i fjorden er høj. Østers blev placeret i OysterGrow-systemer (fig. 4) og efter ca 14 dage blev de taget ind i klækkeriet. Der blev taget moderdyr ind 4 gange i 2011. Den gennemsnitlige størrelse af moderdyr var: **Den 5/4 2011:** 113,6 g, 104,4 g og 110,8 g. **Den 5/7-2011:** 92,9 g, 99,1 g og 110 g. **Den 8/8 2011:** 98,2 g, 100,1 g og 108 g. **Den 1/9 2011:** 114,6 g, 120,3 g og 109 g.



Figur 4. OysterGro system til konditionering. Stor og lille moderøsters

Moderøsters til klækkeriet blev rensat for begroening, hvorefter de blev placeret individuelt i 2 liters beholdere (Fig. 5) med henholdsvis; 1 liter fjordvand med mad (100 ml *Chaetoceros muelleri* og *Isochrysis galbana* T-iso) + Iod (iodblanding 2 mg/l), 1 liter fjordvand med mad (100 ml *Chaetoceros muelleri* og *Isochrysis galbana* T-iso) + Antibiotika (ialt 2,5 ml af opløsningen 15 gram streptomycin i 500 ml og 33 gram Pencillin i 500 ml) eller 1 liter fjordvand med mad (1 liter fjordvand, 100 ml alger *Chaetoceros muelleri* og *Isochrysis galbana* T-iso). Moderdyr blev herefter kontrolleret flere gange om dagen og først når de med sikkerhed havde filtreret over længere tid, blev de placeret i klækkeriet i 3 hold af hver 30 moderøsters. Moderdyrene blev placeret i 3 bassiner som beskrevet under moderdyr 2010.



Figur 5. Behandling af moderøsters med antibiotika og iod.

I klækkeriet blev temperaturen langsom øget (ca. 1 grad om dagen ) til 21-22 grader.

Ved det første hold moderdyr var det muligt at lavet en ny behandling med Iod/antibiotika inden gydning. Dette blev gjort da temperaturen i klækkeriet var på 17,5 grader. Ved de øvrige indsamlinger af moderdyr var temperaturen i fjorden allerede så høj, at der kun blev fortaget 1 antibiotika/Iod behandling, inden de kom ind i klækkeriet.

Hvis larverne var i en god stand blev de anvendt til forsøg.

Ved larveforsøgene blev der ca. hver anden dag udtaget prøver til bestemmelse af fitness, foderstand og størrelse. Antallet af levende larver blev til tider talt således, at mortaliteten kunne fastlægges. Når larverne (over 10 %) havde øjeplet/fod blev larverne overført til beholder til settling. Inden overførsel til settlingsbeholdere blev antallet af larver opgjort, så den procentvise andel af larver, der settlede kunne bestemmes.

I 2010 blev der gennemført forsøg med:

**Densitet af larver.** Der blev lavet forsøg i 8 stk. 3 liters glasflasker (lukket system) og små flasker (1,3 liter) med kontinuert vandflow. Larvetæthed var fra 10.000 til 60.000 larver pr. liter.

**Tæthedsforsøg.** Blev udført i cylinderflasker 1,3 liter vand (colaflaske system). Larvetæthed 10.000 eller 30.000 larver pr. liter. Kontinuert vandflow.

**Luft/ikke-luft.** Der blev lavet forsøg i store 180 liters tanke. Kontinuert vandflow.

**Foderforsøg.** Larver blev fodret med centrifugerede alger eller ikke-centrifugerede alger. Forsøg blev gennemført med både kontinuert vandflow og i lukket system.

**Antibiotikaforsøg.** Larveforsøg med forskellig dosering (lukket system)

I 2010 blev der lavet forsøg i både lukkede systemer med manuel vandskifte hver eller hver anden dag og systemer med kontinuert vandflow.

Et udsnit af de benyttede larvetanke ses nedenfor:



180 liters tanke



15 liters cola-flasker



3 liters lukkede beholdere  
Figur 6. Forskellige larvesystemer.



1,3 liters cola-flasker

I 2011 blev der gennemført forsøg med:

**Densitet af larver.** Her blev der lavet forsøg med forskellige tætheder af larver fra 12.000-300.000 pr. liter i flere forskellige beholderstørrelser.

**Temperatur.** Der blev kørt forsøg med larverne hvor temperaturen var henholdsvis 17°C, 20°C eller 25 °C.

**Moderdyrbehandling:** Betydningen af moderdyrbehandlingen for larvernes vækst, overlevelse og settlingssucces blev testet.

**Flow-rater:** Betydningen af vandgennemstrømningen (flowraten) for larvernes vækst, overlevelse og settlingssucces blev testet.

**Foderforsøg:** Der blev gennemført foderforsøg hvor larverne blev fodret med henholdsvis normal mad (*Isochrysis*, *Chaoteceros* og *Tetraselmis*) og Instant food

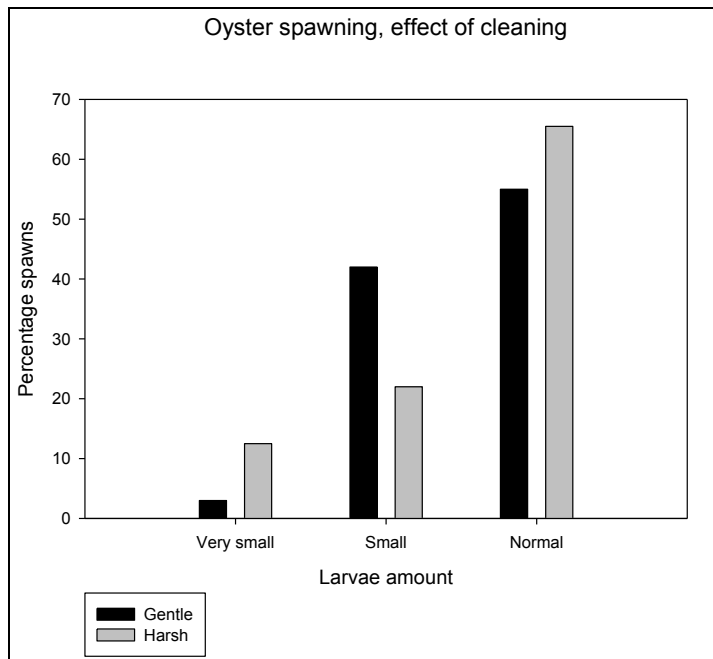
Der blev til forsøgene anvendt forskellige beholdervolumener, men alle systemer i 2011 var gennemstrømningssystemer.

#### 2.1.4. Resultat

##### 2010

Det var ikke muligt at påvise nogen forskel på mængden af gydninger i forhold til behandlingen moderøsters havde fået.

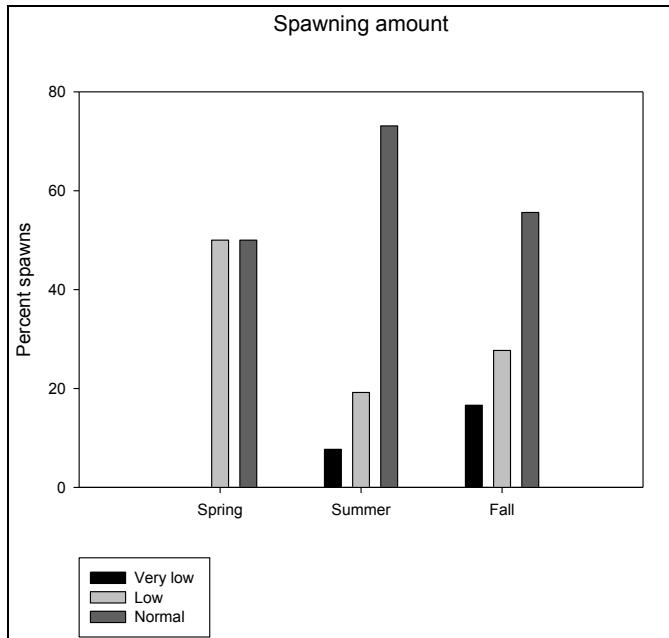
Østers udsat for skånsom rengøring gydede sammenlagt 31 gange, og moderøsters udsat for en hård rengøring gydede 32 gange. Der var mindre forskelle på hvor store andele de tre gydningskategorier udgjorde ved de to rengøringsmetoder (Fig. 7).



Figur 7. Andelen af gydninger tilhørende de tre kategorier.

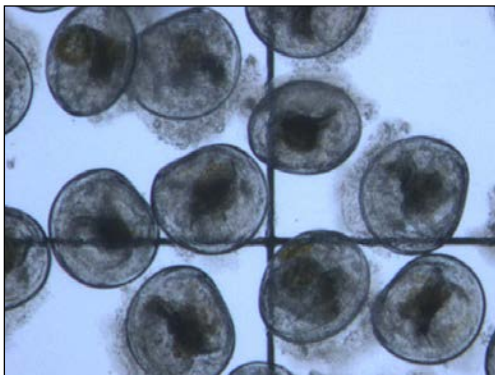
Der var flere normale gydninger fra østers hvis tanke var blevet rengjort med klor, men forskellen var ikke signifikant ( $p > 0.05$ ). I 2010 var overlevelsen af larvene generel meget begrænset, så det har ikke været muligt at teste hvilken rengøringsmetode der giver det bedste udbytte.

Der ses en sæsonvariation i mængden af larver fra gydningerne (fig. 8) med bedre gydninger midt på sommeren og til dels hen på efteråret, men forskellene er ikke signifikante ( $p > 0.05$ ).



Figur 8. Mængden af larver ved gydninger henover sommeren.

Der blev dog observeret en vis forskel imellem larvernes trivsel og overlevelserne i forhold til vandforsyningen. Alle forsøg med lukkede systemer med manuel vandskifte resulterede i dårlige larver. Der blev i flere larvehold observeret angreb af bakterier. Disse larvehold endte altid ud med at larverne døde (fig. 9a). I et enkelt forsøg blev der også fundet store mængder af vandlopper (fig. 9b). Denne forureningskilde stammer formentlig fra moderdyrene. Disse erfaringer resulterede i endnu bedre rensning af moderdyrene i 2011.



Figur 9a. Bakterie angreb



Figur 9b. Vandlopper og østerslarver

Forsøgene i 2010 viste ligeledes at mindre enheder (15 liters beholdere eller mindre) med gennemstrømning af vand var at fortrække frem for de store beholdere på 180 liter.

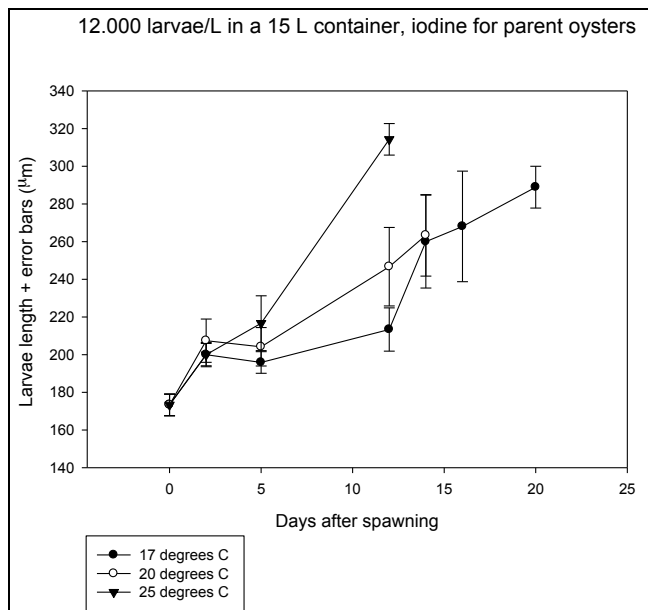
Disse erfaringer samt input fra samarbejdspartnerne fra Ostrea og udlandske erfaringer resulterede i betydelige ændringer i behandling af såvel moderdyr som larver i 2011.

## 2011

I 2011 var der betydelig flere larver der nåede til setling. I den nedenstående tabel er resultater fra de forskellige forsøg opgjort. Der ses en meget stor forskel i andelen af øjeplet larver og andelen af disse larvers setlingsevne.

Tabel 1 viser at larverne generelt har lav fitness, men har føde i tarmsystem. Behandlingen af moderdyr synes ikke at have nogen indflydelse på overlevelse af larver til setling, men derimod er der en grænse for densiteten af larver. Ved de højeste tætheder når ingen larver at settle, derimod kunne det tyde på, at mellemhøje tætheder resulterer i udmærket udbytte.

Temperaturen har meget stor betydning for hvor hurtig larverne vokser (fig. 10). Larver der holdes ved 25 C vokser hurtigere og når øjeplet stadiet langt hurtigere end ved koldere temperaturer, som det også fremgår af tabel 1.



Figur 10. Temperaturen betydning for larvestørrelsen.

Ved begge forsøg ved 25° C hvor moderdyrene er blevet behandlet med iod går der længere tid inden larverne er klar til setling end for de larver hvor moderdyrene er blevet behandlet med antibiotika. En mulig årsag kan være, at larver fra moderøsters behandlet med iod sammenlignet med moderøsters behandlet med antibiotika og moderøsters der ikke er blevet behandlet generelt er mindre.

I 2011 blev der i modsætning til 2010 registreret de bedste gydninger i foråret og sommeren.



Temp./ C	Udgangspunkt Larver per L.	Moderdyr, behandling	Tank/L	Øjeplet, hvor mange dage fra gydning	% øje- plet	% settled	Fitness	Føde optag
17	12.000	Iod	15	21	25	2	Lav	Høj til middel
17	40.000	Antibiotika	15	-	-	-	Lav	Middel til høj
20	12.000	Iod	15	14	4	44	Lav	Høj til middel
20	40.000	Antibiotika	15	14	31	0,2	Lav til middel	Middel til høj
25	12.000	Iod	15	12	29	2	Middel til lav	Høj
25	18.000	Antibiotika	180	11	37	0,3	Middel til lav	Middel til høj
25	24.000	Iod	15	10	10	4	Middel til lav	Middel
25	30.000	Antibiotika	1	-	-	-	Middel til lav	Middel
25	40.000	Antibiotika	15	10	10	2,5	Middel til lav	Høj til middel
25	55.000	Uden	180	9	8,5	0,3	Middel til lav	Middel til høj
25	60.000	Antibiotika	1	9	35	8,5	Middel til lav	Middel til høj
25	80.000	Antibiotika	1	8	32	6	Middel til lav	Middel til høj
25	100.000	Antibiotika	1	-	-	-	Middel til lav	Middel til høj
25	300.000	Iod	15	-	-	-	Lav til middel	Middel

Tabel 1. Samling af resultater fra de forskellige larveforsøg udført i 2011.

### 2.1.5. Industriell relevans

Hvis forsøgsresultaterne fra 2011 kan skaleres op, har det meget stor industriel betydning, da det således vil være muligt at lave en ikke ubetydelig spatproduktion ud fra følgende anbefalinger:

- Størst succes med larverne er fundet tidligst på året. Derfor anbefales det i Danmark, at sæsonen planlægges således, at moderdyr har gydt i klækkeriet senest i starten af august måned.
- Høj temperatur omkring 25° C ved larverne resultere i hurtig vækst og udbyttet er sammenligneligt med udbytter ved lavere temperaturer. Risikoen ved at arbejde med høje temperaturer er, at der vil være forøget mængder af bakterier, der i værste fald kan resultere i skadelige miljøer for larverne. Dette skal man være opmærksom på, selvom forsøgene i 2011 ikke gav anledning til bekymring.
- Tætheden bør være mellem 40.000- 80.000 larver/L. Her er udbyttet det samme som ved lavere tætheder, men der er en tendens til at larverne er klar til at settle før. For store larvetætheder resulterer i stor dødelighed og meget ringe settling.
- Det anbefales at benytte mindre beholdere til larver: enten 1 liters eller 15 liters beholdere, da de giver det bedste udbytte og er nemmest at kontrollere.
- Kontinuert vandskifte giver det bedste resultat. Gerne med stor vandudskiftning (minimum 10 gange vandskifte pr. dag). Det er vigtigt, at husk at der skal tilføres tilsvarende mængder mad, da der vil være et større spild af føde ved et kontinuert system sammenlignet med et lukket system.
- Larverne bør kontrolleres så meget som muligt, så dårlige hold kan lukkes. Når først der observeres problemer ved larverne er det for sent at redde dem. Det er også vigtigt for at få larverne til settling på det rigtige tidspunkt.

### 2.1.6. Fortsatta utmaningar för framtiden

Udfordringerne i fremtiden er klart at opskalere produktionen med samme succesrate som i de succesfulde forsøg i 2011.

Det er vigtigt at vise, at produktionen kan styres, således at der kan skabes en kontinuerlig produktion af østersyngel.

## 2.2. Underaktivitet 2.2 Algodling

Målsättning: En utvecklad teknik för kostnadseffektiv odling av mikroalger för produktion av ostron anpassad till våra betingelser.

### 2.2.1. Utmaningar och frågeställningar

I dette prosjektet har vi fokusert på å dyrke mikroalger som er viktige for østersklekkerier. Særlig har det vært viktig å se på mikroalger som inneholder fettsyrene EPA, DHA og ARA. I litteraturen er disse fettsyrene (særlig EPA og DHA, men også ARA er blitt nevnt som viktig) påpekt som spesielt viktige for overlevelse og vekst hos østerslarver. Vi valgte derfor ut mikroalger som er kjent for sitt fettsyre-innhold: *Chaetoceros calcitrans*, *Chaetoceros muelleri*, *Isochrysis T-iso* og *Pavlova lutheri*. I tillegg gjorde vi et enkelt forsøk med *Tetraselmis suecica* (CCAP 66/4) som er enkel å dyrke og som vokser fort, og brukes for å tilføre tilstrekkelig med energi til larvene.

Det ble brukt mye tid på å diskutere og utvikle gode analysemetoder for fettsyrene, men omsider fikk vi til en god metode ved hjelp av det kjemiske analysemiljøet på UMB v/dr. Dag Ekeberg.

Planen var at i første fase skulle vi undersøke innholdet av de viktige fettsyrene i mikroalgene, og i hvilken grad dyrkningsbetingelsene kunne påvirke og øke innholdet av EPA, DHA og ARA. I neste fase var det meningen at på basis av resultatene fra disse forsøkene skulle vi produsere alger og lage algeblandinger for uttesting på østerslarver. Beklageligvis viste det seg vanskelig å få gjennomført denne delen av prosjektet på grunn av at vi ikke fikk til en god nok koordinering av algeproduksjonen på Ås og tilgang på østerslarver ved Tjärnö. Det ble også i en periode produsert alger i en 1000 l Biofence i veksthus ved Hveem Forsøksgard v/Anstein Freberg (tidligere masterstudent på mikroalger) for leveranse til morøsters.

I klekkeriene brukes det store mengder rensset sjøvann for å produsere mikroalgene i store plastbager. Siden diameteren på plastbagene er ganske stor (ca. 50 cm som regel) og lysmengden ganske liten, blir celletettheten ganske lav (noen få millioner per ml). Vi har sett i tidligere forsøk med ulike bioreaktorer for dyrking av mikroalger at opprettholdelse av en høy CO<sub>2</sub>-konsentrasjon i algekulturen er svært viktig selv om pH-nivået er aksepterbart. I prosjektet har vi derfor prøvd å utvikle en bioreaktor som kan redusere vannforbruket og øke produksjonseffektiviteten betraktelig.

### 2.2.2. Genomførte forsøk

Vi har gjennomført følgende forsøk og utviklingsarbeide:

- Utvikling og testing av metode for fettsyreanalyser.
- Effekt av temperatursenking på innholdet av fettsyrene EPA, DHA og ARA.
- Effekt av ulike silica-konsentrasjoner på innholdet av EPA, DHA og ARA.

- Effekt av dyrkingstid/algekulturkonsentrasjon på innholdet av EPA, DHA og ARA.
- Effekt av ulike næringsmedier på veksthastighet og innholdhold av EPA, DHA og ARA.
- Effekt av salinitet og temperatur på veksten hos *Tetraselmis*.
- Dyrking av mikroalger i Biofence i veksthus.
- Utvikling og konstruksjon av en ny type bioreaktor.

### 2.2.3. Metodik

Mikroalger anvendt i forsøkene: *Chaetoceros calcitrans* (CCAP 1010/11), *Chaetoceros muelleri* (CCAP 1010/3), *Isochrysis T-iso* (CCAP 927/14), *Pavlova lutheri* (CCAP 931/6) og *Tetraselmis suecica* (CCAP 66/4). Vi brukte kaldhvite lysstoffrør (36 W), og det ble normalt gitt kontinuerlig belysning med en fotonfluks-tetthet på  $150 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  fotosyntetisk aktiv stråling (400-700 nm) som tilsvarer ca. 10000 lux. Forbehandlet luft inneholdende ca. 1,0%  $\text{CO}_2$  ble boblet kontinuerlig gjennom algekulturene. Generelt ble det anvendt f/2 medium (Guillard og Ryther) forsterket 10 ganger med nitrogen og fosfor siden dette mediet fort fører til vekstbegrensning ved høyere celletetthet på grunn av N og P mangel. Det ble tilført 1 ml av en stamløsning på 22 g/l  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , dette gir et silisium-tilskudd på 2,9 mg/l i dyrkingsmediet. Nødvendige vitaminer ble tilført.

Vanligvis ble algene dyrket i 40 cm høye glassrør med et totalvolum på 380 ml, og en indre diameter på 3,5 cm. Rørene stod i temperatur-regulerte vannbad med en regulerings-nøyaktighet på  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  (Fig. 11). I forsøket med ulike næringsmedier ble det anvendt 0,9 liters (8 cm diameter) plastflasker, mens dyrkingsforholdene ellers var som tidligere beskrevet. Kunstig sjøvann ble laget ved å blande vann fra vannkranen med bordsalt (NaCl) og deretter tilsette næringsløsningen samt CaO (1,0 g Yara Calcinit per liter). Ved start og underveis i forsøkene ble det foretatt måling av turbiditet, tørrstoffinnhold og celletetthet i kulturene. Turbiditeten ble brukt for å få en indikasjon på celletettheten før en valgte å ta ut prøver for tørrstoffbestemmelse. En reliabel metode for bestemmelse av tørrvekt på 1-5 ml algekultur ved hjelp av filtrering, vasking, tørking og veiing av mikroalgene ble utviklet. Celletelling ble utført manuelt.



Figur 11. Dyrkningrør for mikroalger i temperatur-regulert vannbad

### Fettsyreanalyse:

Etter ent relativt omfattende arbeide kom vi fram til følgende analysemetode for fettsyrene som viste seg å fungere godt:

All solvents used in the dilution of standards were of Chromasolv® quality from Sigma-Aldrich, Steinheim, Germany unless otherwise stated. The triacylglyceride with C17:0 and nonadecanoic acid methyl ester, C19:0 methyl ester, were purchased from Larodan AB, Malmö, Sweden and were chosen as the internal standards (IS) that were used for quantification. Both IS stock solutions were stored in the dark at -20 °C. A 37-component standard FAME mix (Food Industry Fame Mix, Restek, Bellefonte, PA, USA) was used for the identification of FAMES. This FAME mix had a total FAME concentration of 30.0 mg/mL, and the amount of each individual FAME in the mixture was given in weight-%.

### Transesterfication of lipids to FAMES

A volume of 7 ml algae culture was put into a glass tube (Soda lime disposable culture tubes with screw cap). After centrifugation the water was removed and the sample was placed in a freezer at -20°C. For further preparation the sample was transferred into 15 mL plastic tubes (Nunc™). The lipids were then dissolved by adding 2.0 mL hexane to the sample tubes. To the frozen samples 500 µL of the triacylglyceride with C17:0 was added. A sodium methanolate solution was made by dissolving metallic sodium (purum, Merck, Darmstadt, Germany) in methanol, to a concentration of 3 mg/mL. 1.0 mL of this solution was added to each sample tube containing the analyte. The samples were placed for 20 minutes in a water bath, 80 °C, shaking at 150 rpm. The samples were then cooled to room temperature for 5 minutes, prior adding 1.0 mL of 10 % BF<sub>3</sub> in methanol. The samples were then shaken at 150 rpm in the water bath at 80 °C. The samples were then cooled to room temperature. 400 µL of C19:0 methyl ester and 400 µL milli Q water was added prior sentrifugation at 2000 rcf for 3 min. The top layer were transferred to GC vials and stored at - 20 °C until they were analysed by GC-MS.

## GC-MS analysis of FAMES

For identification of the FAMES we used an Autospec Ultima GC-MS (Micromass Ltd. Manchester, England). The MS was equipped with an electron ionisation (EI) ion source producing 70 eV electrons, the mass range was  $m/z$  40 – 600. The scan time was 0.4 sec. and the inter scan delay time was 0.20 sec so we got a total cycle time of 0.67 sec. The mass spectrometer was tuned to a resolution of 1000. The ion source temperature was set to 200 °C and the transfer line was held at 220 °C.

An Agilent 6890 Series gas chromatograph (Agilent Technology, Wilmington, DE, USA) was applied for the GC-MS combination. The GC was equipped with a CTC PAL Auto sampler (CTC Analytics AG, Zwingen, Switzerland. The software used was MassLynx version 4.0. (Waters, Milford, MA, USA). NIST 08 (Gaithersburg, MD, USA) was used as reference library. The column used was a 50 m CP-Sil 88 capillary column with ID 0.25 mm and 0.20 mm film thickness (Varian, Middelburgh, the Netherlands). Helium (99.9999%, from Yara, Rjukan, Norway) was used as carrier gas, at a constant flow set to 1.0 mL/min. Injections were made in split mode, 1:10. The GC oven temperature was programmed from 70 °C (2 min) to 150 °C (0.5 min) at a rate of 30 °/min, then the temperature was then increased to 160 °C (14 min) at a rate of 2.0 °/min for, then with 1.0 °/min the temperature was increased to 167 °C (10 min), then to 174 °C (7 min) at a rate of 7 °/min, then 230 °C (0.5 min) with a rate of 7 °/min and finally to 240 °C at 50 °/min and held for 0.5 min. The total run time was 60 min. The injection temperature was 250 °C and the injection volume 1.0 µL. Purge flow was 10 mL/min and the purge time was 2 min. Identification was performed by comparing retention times with standards, in addition to MS library search.

### 2.2.4. Resultater

#### Effekt av temperatursenking på viktige fettsyrer

Fra litteraturen er det indikasjoner på at en relativt kortvarig temperatursenking på inntil et døgn kan gi økt innhold av viktige fettsyrer. I vårt forsøk ble *C. calcitrans* (CC), *C. muelleri* (CM), *Pavlova lutheri* og *Isochrysis T-iso* dyrket i noen dager før en temperatursenking fra 20 til 10 eller 5°C ble foretatt. Vi ser at i løpet av døgnet med temperatursenking har algene som fortsatt stod ved 20°C vokst noe, mens tørrstoffet ved 10 og 5°C er omtrent likt hvilket betyr at veksten stoppet opp (Tabell 2). Som vi ser fins det ubetydelig med ARA i CC, Pavlova og Isochrysis, mens rikelig i CM. EPA fins i høye konsentrasjoner spesielt i CC og Pavlova (2,5-3,5% av ts), men også i CM (1,4-1,8% av ts). Pavlova og Isochrysis er rike på DHA (1,4-1,8% av ts). Vi ser at ARA er upåvirket av temperaturfall hos CM som er den eneste algen som inneholder særlig av denne fettsyren. Når det gjelder EPA så har temperaturfall ingen signifikant innvirkning unntatt hos Pavlova hvor det er en liten økning i innholdet ved temperaturfall fra 20 til 10°C. Når det gjelder DHA så førte temperaturfall til en signifikant svak økning hos Pavlova, men en sterk nedgang hos Isochrysis.

Hensikten med å dele dyrkningsfasen i to, en produksjonsfase ved 20°C og en kortvarig lavtemperatur-fase, var å øke innholdet av viktige fettsyrer. Resultatene viser at dette har liten hensikt da en generelt ikke kan forvente en positiv effekt av dette.

Tabell 2. Effekt av 24 timers temperatursenking fra 20 til 10 eller 5°C på innholdet av ARA, EPA og DHA (i % av tørrstoff) hos fire mikroalger (n=3, ±SD). Tørrstoff per liter kultur er oppgitt (TS). Signifikans-nivå: ns, ikke signifikant (p>0,05); \*, p<0,05; \*\*, p<0,01; \*\*\*, p<0,001).

°C	C. calcitrans				C. muelleri				Pavlova lutheri				Isochrysis T-iso			
	TS (g l <sup>-1</sup> )	ARA	EPA	DHA	TS (g l <sup>-1</sup> )	ARA	EPA	DHA	TS (g l <sup>-1</sup> )	ARA	EPA	DHA	TS (g l <sup>-1</sup> )	ARA	EPA	DHA
20	0.66 ±0.10	0.01 ±0.00	2.81 ±0.21	0.6 ±0.06	0.157 ±0.013	1.29 ±0.05	1.41 ±0.10	0.14 ±0.00	1.46 ±0.11	0.05 ±0.01	2.96 ±0.07	1.42 ±0.06	1.23 ±0.03	0.0 ±0.00	0.02 ±0.03	1.84 ±0.36
10	0.48 ±0.06	0.00 ±0.00	2.35 ±0.80	0.09 ±0.05	0.129 ±0.002	1.38 ±0.22	1.78 ±0.23	0.14 ±0.13	1.40 ±0.15	0.04 ±0.04	3.53 ±0.19	1.67 ±0.05	0.96 ±0.06	0.0 ±0.01	0.02 ±0.03	1.51 ±0.38
5	0.54 ±0.03	0.00 ±0.00	1.74 ±0.72	0.08 ±0.03	0.134 ±0.003	1.28 ±0.06	1.45 ±0.12	0.25 ±0.12	1.23 ±0.06	0.07 ±0.01	3.32 ±0.18	1.60 ±0.07	0.97 ±0.10	0.0 ±0.00	0.02 ±0.03	0.99 ±1.5
Sig n.	*	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	**	ns	ns	*

#### Effekt av silikat-konsentrasjonen på fettsyreinholdet

Innen prosjektet er det blitt påpekt at silikatkonsentrasjonen kan ha betydning for fettsyreinholdet i mikroalgene, en indikasjon som er hentet fra praksis i klekkerier for østers. Vi gjorde derfor et forsøk hvor dette ble testet på CC og CM. Standard tilført Na-silikatkonsentrasjon er 1 ml av stamløsningen per liter kultur, og i vårt forsøk valgte vi 0,2, 2,0 og 5,0 ml. Høyere enn 5 ml per liter viste seg lett å føre til utfelling. Som vi ser av Tabell 2 så er det ingen signifikant effekt av silikatkonsentrasjonen på ARA hos CM selv om resultatet indikerer en negang ved økning fra 2 til 5 ml/liter silikat. Ingen signifikant virkning ble heller funnet på EPA.

Det er derfor mye som tyder på at en økning av Na-silikat utover 1ml/liter kultur har liten interesse iallfall med hensyn til EPA i disse to mikroalgene.

Tabell 3. Effekt av silikatkonsentrasjon på innholdet av viktige fettsyrer ( $\pm$ SD, n=3) hos *C. calcitrans* og *C. muelleri*. Fettsyrene er oppgitt i % av tørrstoff (% TS), og algekonsentrasjonen som g tørrstoff per liter kultur (TS).

Silica (mg l <sup>-1</sup> )	C. calcitrans (% TS)				C. muelleri (% TS)			
	TS (g l <sup>-1</sup> )	ARA	EPA	DHA	TS (g l <sup>-1</sup> )	ARA	EPA	DHA
0.2	0.35 $\pm$ 0.14	0.02 $\pm$ 0.01	1.66 $\pm$ 0.16	0.13 $\pm$ 0.03	0.10 $\pm$ 0.00	1.53 $\pm$ 0.77	1.80 $\pm$ 0.67	0.09 $\pm$ 0.08
2.0	0.47 $\pm$ 0.16	0.02 $\pm$ 0.02	1.64 $\pm$ 0.10	0.12 $\pm$ 0.03	0.43 $\pm$ 0.08	1.43 $\pm$ 0.58	2.01 $\pm$ 0.26	0.28 $\pm$ 0.06
5.0	0.32 $\pm$ 0.19	0.0 $\pm$ 0.0	0.93 $\pm$ 0.57	0.08 $\pm$ 0.03	0.64 $\pm$ 0.07	0.84 $\pm$ 0.31	1.91 $\pm$ 0.31	0.23 $\pm$ 0.20
Sign.	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns

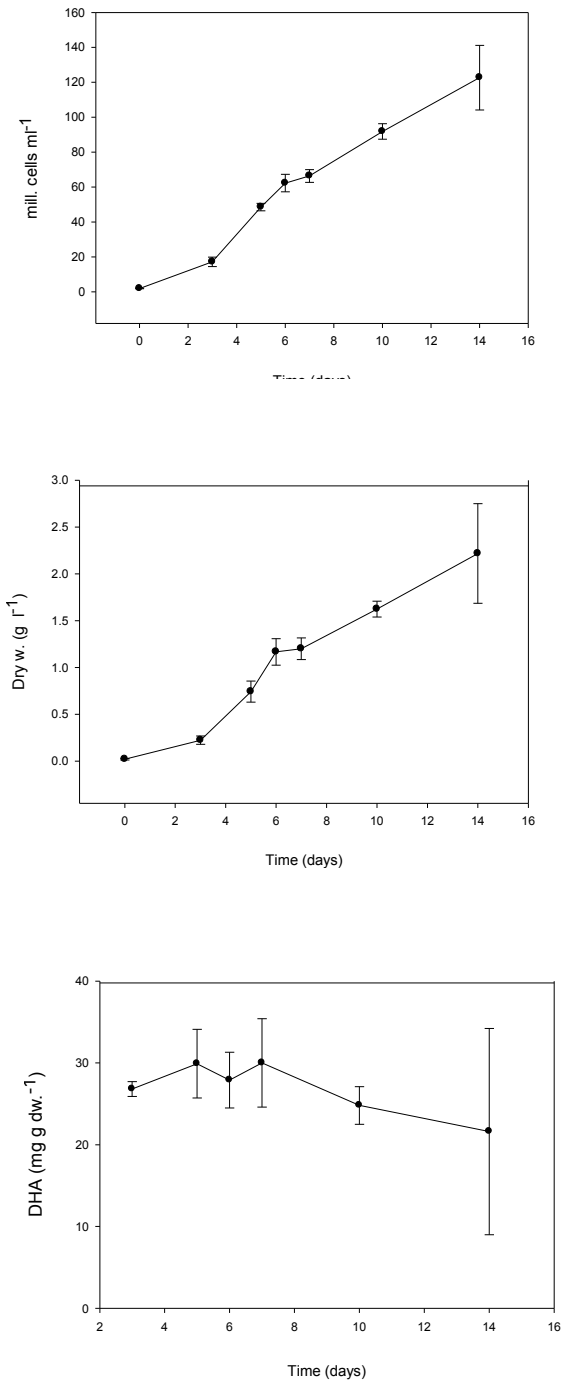
#### Effekt av dyrkingstid og celletetthet på fettsyreinholdet

CC, CM, *Isochrysis* og *Pavlova* ble dyrket i flere uker for å se på i hvilken grad dyrkingstid og celletetthet påvirket fettsyreinholdet (ARA, EPA, DHA). Vi ser at DHA-konsentrasjonen hos *Isochrysis* var noenlunde konstant (2,5-3,0 % av tørrstoffet) gjennom flere ukers dyrking opptil ca. 120 millioner celler per ml kultur eller ca. 2,2 g tørrvekt per liter kultur (Figur 12). Ved den høyeste algekonsentrasjonen var variasjonen ganske stor. Hos *Isochrysis* tilsvarte ca. 55 mill. celler per ml en konsentrasjon på 1,0 g tørrvekt per liter kultur. Hos *Pavlova* fant vi at både EPA og DHA lå i området 2,0-3,0% av tørrstoffet uavhengig av dyrkingstid og algekonsentrasjon (Figur 13). Her tilsvarte ca. 70 mill. celler per ml 1,0 g tørrstoff per liter kultur.

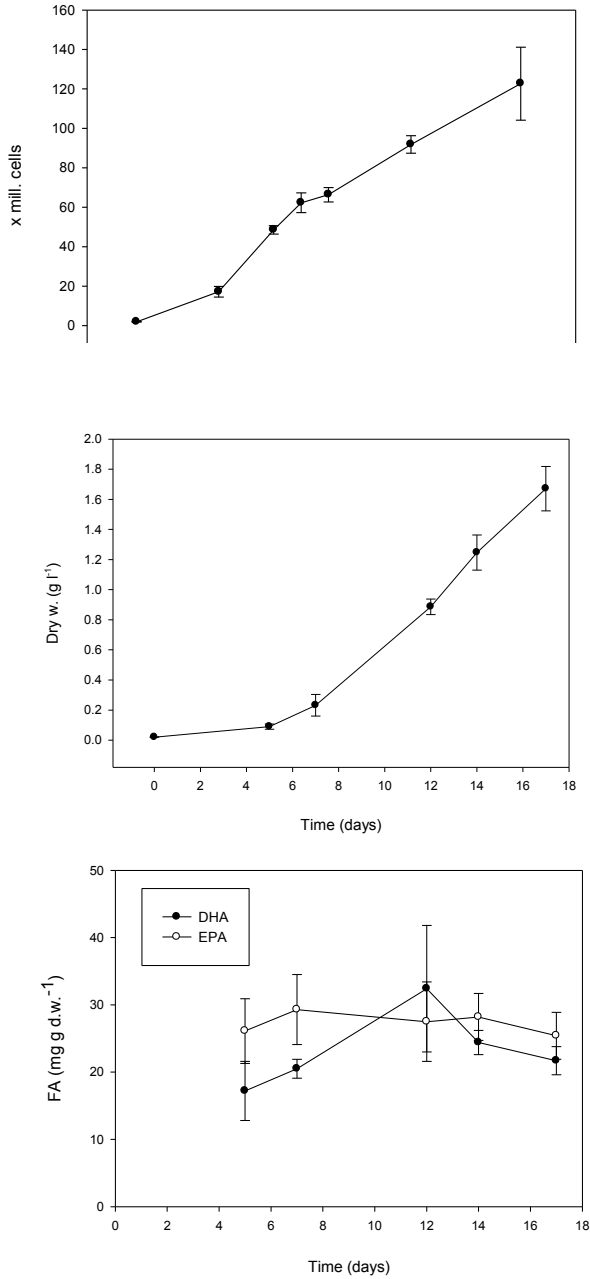
Når det gjaldt CM vokste algen langsomt, og ved en algekonsentrasjon på ca. 1 g tørrstoff per liter ble det vanskelig å telle cellene samtidig som det målte ARA og EPA innholdet falt betraktelig. Det samme skjedde med CC. Det er derfor vanskelig å trekke noen annen konklusjon at det er viktig å ha intakte og tellbare celler for at fettsyreanalysene skal ha noen verdi. Mye tyder her på at til tross for at både CC og CM vokste så innholdt kulturen mange celler som hadde gått i stykker, og innholdet inklusive fettsyrer hadde lekket ut av cellene.

Som en konklusjon synes det som om at celletetthet/dyrkingstid i liten grad påvirker innholdet av viktige fettsyrer opptil svært høye cellekonsentrasjoner så lenge cellene er fine og intakte. Det skal her imidlertid påpekes at celletetthet og tørrstoff per liter kultur i disse forsøkene har vært mye høyere enn hva man normalt finner i klekkerier.

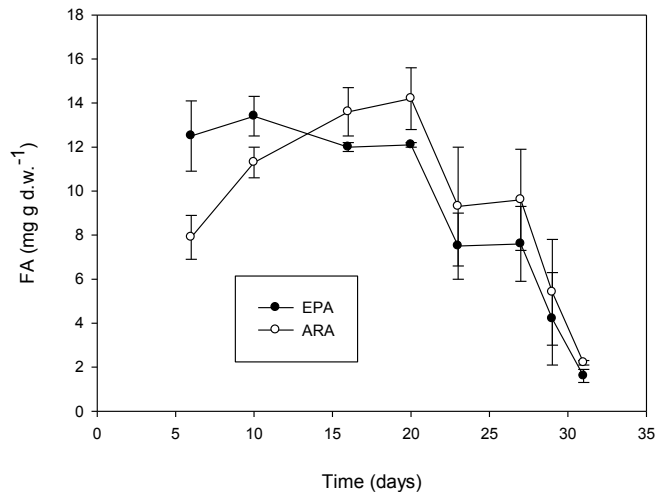
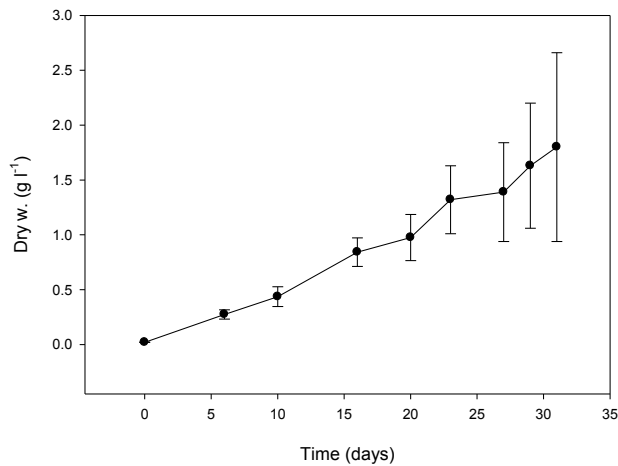




Figur 12. Celletetthet, tørstoff per liter kultur og innhold av DHA hos *Isochrysis T-iso*.



Figur 13. Celletetthet, tørstoff per liter kultur og innhold av EPA og DHA hos *Pavlova*.



Figur 14. Tørstoff per liter kultur og innhold av ARA og EPA hos *C. muelleri* dyrket i ca. 1 måned. Etter 20 dager var det ikke mulig å telle cellene som nok delvis hadde gått i stykker.

#### Tilvekst og fettsyrer ved dyrking i ulike næringsmedier:

Vi gjennomførte noen enkle forsøk hvor et næringsmedium basert på f/2 + Na-silikat ble sammenlignet med bruk av vanlig gartnergjødning som Superba Red og Superba Plus (Yara) i konsentrasjoner på 2g/liter kultur. I tillegg ble det tilført 1,0 g Calcinit per liter samt Na-silikat. Forsøket ble gjennomført i 0,9 liters plastflasker ved 20°C. Ved f/2 (uten ekstra N og P tilførsel) stoppet veksten opp etter ca. 3 dager ved en konsentrasjon på ca. 0,2 g tørrstoff (ts) per liter hos både *Chaetoceros calcitrans* (CC) og *C. muelleri* (CM) sannsynligvis på grunn av N-mangel i mediet. Etter 7 dager var konsentrasjonen på 0,6-0,9 g ts per liter hos CC og CM når de ble dyrket i Superba Plus medium. Av ukjent årsak vokste algene godt (0,6 g ts/liter

kultur) kun i kunstig sjøvann (ferskvann + NaCl), men ikke i vanlig sjøvann når Superba Red ble brukt i forsøket. Med Superba Plus vokste algene godt i vanlig sjøvann, men ikke i kunstig sjøvann. Forsøkene her viste at vanlig kommersielt tilgjengelig gjødsel kan gi like god tilvekst hos disse algene som en mer sofistikert sammensatt næringsløsning. I f/2 medium vokste algene like godt som i Superba de første dagene. Skal man bruke spesielle næringsmedier i algedyrkingen er det svært viktig å tilpasse nitrat- og fosfatmengden i forhold til den algekonsentrasjonen man ønsker å oppnå. Skal man oppnå en algekonsentrasjon på 1,0 g ts/liter, og dersom algene inneholder 50% protein, må man tilføre ca. 80 mg nitrogen (i form av nitrat) per liter medium. I f/2 mediet er N-konsentrasjonen en brøkdel av dette (ca. 5 mg N/l), hvilket betyr at veksten fort vil stoppe opp før kulturen når ca. 0,1 g ts per liter (4-8 millioner celler per ml for CM og CC).

Uansett hvilket næringsmedium man bruker så må man passe på at det er tilstrekkelig av de ulike næringsstoffene. Dyrker man i sjøvann så trengs det i hovedsaken kun nitrat og fosfat samt silikat (for kiselalger) og i noen tilfeller vitaminer. I tillegg er kontinuerlig CO<sub>2</sub>-tilførsel innblandet i luft svært viktig (ca. 1%), og pH må holdes innenfor akseptable rammer (ca. pH 6,0-8,5). Kun styring av kulturen etter pH vil kunne føre til CO<sub>2</sub>-mangel og lett til en halvering av vekstraten hos algene.

Det ble utført en rekke fettsyreanalyser med hensyn til innholdet av EPA, DHA og ARA. Ut fra disse dataene kan man konkludere (til tross for noe sprikende resultater) med at de ulike næringsmediene ikke ga noen systematiske forskjeller i EPA hos CC og CM (ca. 2,0% av ts), DHA hos *Isochrysis* (ca. 2,0% av ts), eller ARA hos CM (1,0-2,0%).

#### Dyrking av *Tetraselmis suecica* ved ulike saliniteter og temperaturer:

Det kan ofte være gunstig å blande sjøvann med noe ferskvann for å redusere saliniteten.

*T. suecica* brukes i dietten til morøsters og østerslarver da den bidrar med energi. I et forsøk økte veksten markant ved fortykning av sjøvannet med ferskvann opp til den høyeste fortykningen på 50% (Tabell 4). I rent sjøvann var tilveksten størst ved 25-30°C. Dette betyr at en senking av saliniteten ved innblanding av ferskvann er gunstig for å øke produktiviteten. Dyrking i kunstig sjøvann (NaCl + ferskvann) ble sammenlignet med naturlig sjøvann, og det ble tilført næringsstoff slik at det ikke skulle begrense tilveksten. Vi ser at veksten ble like god i kunstig sjøvann som i naturlig sjøvann. Av resultatene ser vi også at pH langt ned på 5-tallet ikke ser ut til å hemme tilveksten

Tabell 4. Konsentrasjon av *Tetraselmis suecica* etter sju dagers dyrking (gjennomsnitt $\pm$ SD, n=3) ved ulike saliniteter (blanding sjøgvann og ferskvann) ved 20°C, samt ved ulike temperaturer i rent sjøvann. Start konsentrasjon av kulturen var 0.07 g tørrvekt per liter. Verdier etterfulgt av ulike bokstaver er signifikant forskjellige ved  $p=0.05$  (Duncan's multiple range test).

Temperatur (°C)	Sjøvann (%)	Ferskvann (%)	Salinitet etter 7 dager (%)	Tørrvekt (g l <sup>-1</sup> )	pH start	pH etter 7 dager
15	100	0	3.5	0.31d	5.6	5.4c
22	100	0	3.8	0.59cd	5.4	8.1ab
22	75	25	2.7	1.10bc	5.6	9.1a
22	50	50	1.8	3.50a	5.8	8.6a
25	100	0	3.5	1.13bc	5.6	8.1ab
30	100	0	3.7	1.62b	5.6	7.4b
22	+NaCl	100	3.2	0.61cd	6.0	7.2b

#### Dyrking av av mikroalger i Biofence i veksthus

Ved Hveem Forsøksgard på Toten (v/Anstein Freberg) ble det rigget opp en 1000 liters Biofence for produksjon av mikroalger i veksthus med tilleggslys (høytrykks-lamper) (Figur 15). Det ble brukt ferskvann tilsatt bordsalt (NaCl) tilsatt nødvendige næringsstoffer. Det ble levert en del alge-biomasse til morøsters ved Tjärnö. Dyrking i sommerhalvåret med store variasjoner i lysnivå og temperatur i kulturen skapte en del produksjons-problemer, men ga en del nyttig informasjon om utfordringer i en veksthusproduksjon av mikroalger. Stort innslag av bakterier som gjerne er et resultat av en ukontrollert algekultur ble registrert. Denne produksjonen ble avsluttet etter noen måneder da det heller ikke var særlig behov for mer alge-biomasse.

#### Utvikling av bioreaktor for mikroalgeproduksjon

I prosjektet har vi ønsket å få til en mer effektiv og mindre ressurskrevende produksjon av mikroalgene. Plastbager med store diametre og lite lys som er vanlig i klekkerier, har en svært lav produktivitet per liter sjøvann. Derfor trengs det store mengder rensset/rent sjøvann i slike produksjoner, og dertil følgende et relativt stort produksjonsareale for å få nok alger. Et alternativ har vært såkalte Biofence, et rørsystem hvor mikroalgene sirkulerer gjennom belyste rør til en tank hvor kulturen luftes for oksygenoverskudd og for tilsetning av CO<sub>2</sub>-gass (Figur 5). Tilsetning av CO<sub>2</sub>-gass styres som regel ut fra pH på kulturen. Dette betyr at er pH for høy tilsettes CO<sub>2</sub>-gass, hvis ikke så tilsettes ingenting. En biofence kan være et svært effektivt produksjonssystem, men problemet kan være at CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i kulturen fort blir for lav, og dette fører til en sterk vekstreduksjon. For noen mikroalger vil også pumpen som sirkulerer algekulture kunne ødelegge algene. Derfor lanserer vi en ny måte å dyrke mikroalgene på i klekkeriene:.

Erfaringsmessig vet vi at i ca. 1,5 m lange plastbager fylt med algekultur med diameter på 8-10 cm kan en oppnå svært god veksthastighet. Dette er blant

annet prøvd med *Isochrysis T-iso*, *Pavlova lutheri*, *Chaetoceros calcitrans* og *C. muelleri* med godt resultat (Figur 6).

I dette systemet blandes ønskelig CO<sub>2</sub>-konsentrasjon (ca. 1%) før lufta bobles gjennom kulturen fra bunn av plastbagen. I tillegg er kravet 100-200 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> lys i 24 timer (fra lysstoffrør eller høytrykks natriumdamp-lamper) og tilstrekkelig næringsstoff i kulturen. Det anbefales kun å bruke kunstlys (lysstoffrør eller høytrykks natriumdamp-lamper) i klekkeriene da varierende dagslys kan gjøre det svært vanskelig å opprettholde en effektiv algekultur. Med et optimalt dyrkingssystem vil det være et begrenset energiforbruk for å produsere opptil noen hundre g tørstoff per døgn (som det vel er behov for i et klekkeri vanligvis).

Med utgangspunkt i det enkle systemet vist i Figur 16, ble det bygd et system med plastbager som henger over en stang slik at det blir to dyrkingsbager – en på hver side av stanga (Figur 17A). I praksis ble en plastpølse på 290 cm delt i to (1,45 m på hver del) ved en sveis, og endene sveises med en plastfolie sveiseenhet. Den doble plastbag-enheten henges så over stanga langs midtsveisen. Til sammen er det plass til 10 bager med diameter 9,5 cm på dyrkingsenheten med bredde på 100 cm. Dersom bagene fylles opp til 120 cm høyde blir det ca. 8,0 liter i hver bag. Totalt gir dette 8,0 liter per bag ganger 20 bager som er lik 160 liter i en slik bioreaktor. En pumpe bobler CO<sub>2</sub>-anriket luft (ca. 1,0%) gjennom en slange som stikkes gjennom ved bunnen av plastbagen (Fig. 17B). CO<sub>2</sub>-gass (fra gassflaske) blandes inn i friskluft i en plastbeholder på et par hundre liter, og en CO<sub>2</sub>-måler styrer en magnetventil som åpner for CO<sub>2</sub> når konsentrasjonen faller under et gitt nivå (Fig. 17C). En luftpumpe blåser denne lufta gjennom en klar PVC slange (1,8 cm diameter) og lufta fordeles fra denne slangen via 20 justerbare ventiler som fører til slangene som stikkes inn i bunn av plastbagene. Etter at lufta har boblet seg gjennom algekulturen samles den inn ved toppen av bagene, og returneres så til blandebeholderen for CO<sub>2</sub>-anriket luft. Det sørges for en kontinuerlig liten innblanding av frisk uteluft i blandebeholderen.

En slange (med klemme) for avtapping av algekultur og påfylling av nytt næringsmedium stikkes gjennom i bunn av plastbagene (Fig. 17B). Alle disse slangene er koblet (limt) til en oppsamlingslange med større diameter på ca. 2 cm som fører til en plastdunk. Avtapping skjer ved å plassere plastdunken lavt. For påfylling av nytt næringsmedium plasseres plastdunken i den væskehøyden som man ønsker å ha i alle plastbagene. På den måten kan avtapping og påfylling av plastbagene skje på en enkel måte.

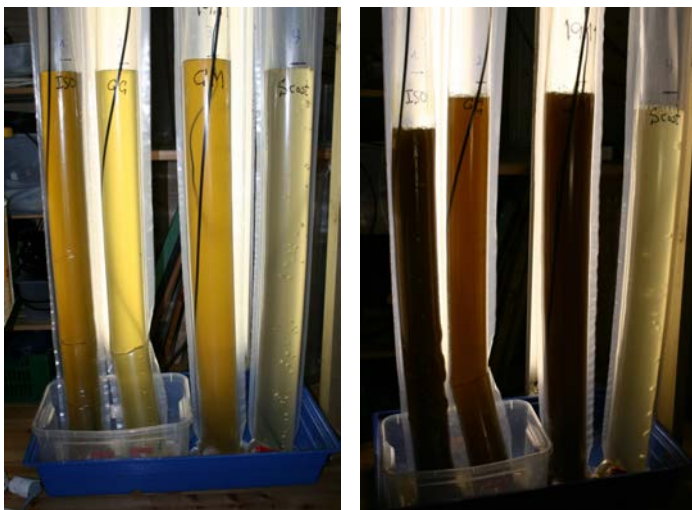
Dersom plastbagene fylles med sjøvann tilsatt nødvendig næringsstoffer og det bobler ca. 1,0% CO<sub>2</sub> kontinuerlig i pølsene er forholdene gode for algeveksten dersom lys- og temperatur –forholdene er innenfor angitt område. Kunstlys er å foretrekke når så begrensede mengder skal produseres som i et klekkeri. Svært viktig med en lysmengde på ca. 150-200 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (tilsvarer ca. 9500-12500 lux med lysstoffrør eller 11000-15000 lux med høytrykks- natriumdamp lamper) i 24 timer per døgn. Med vitale mikroalger

forventes en produksjon på ca. 0,25 g tørrstoff per liter per døgn eller ca. 40 g alger per døgn for reaktoren. Dyrker en *C. muelleri* produseres ca. 10 millioner celler per ml per døgn (10 mill. celler/ml x 1000 ml/l x 160 liter =  $1,6 \times 10^{12}$  celler per døgn for reaktoren).

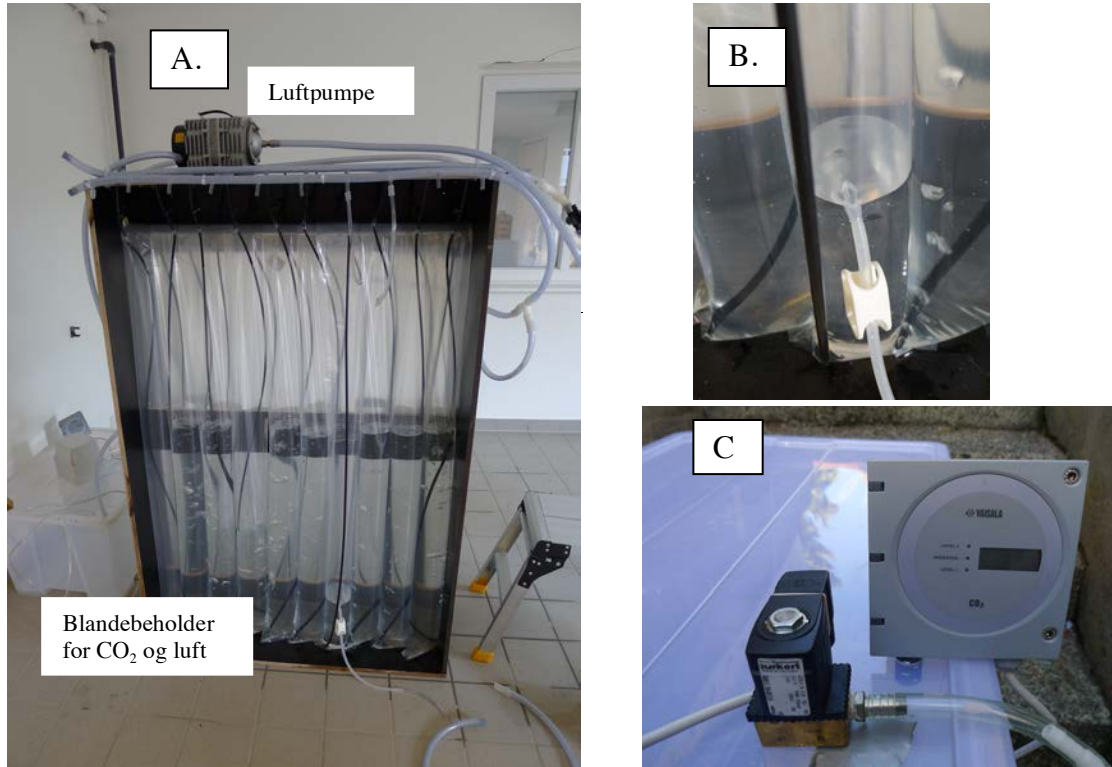
Fordelen med dette systemet er at nye plastbager lett kan lages (får plastbagene på ruller) og er enkle å skifte ut i bioreaktoren. Ved at høye cellekonsentrasjoner (1 g tørrvekt per liter eller ca. 30-90 millioner celler per ml) kan høstes et par ganger i uka trengs det begrensede dyrkingsvolum, og plassbehov og ressursbehov vil reduseres betydelig. Ved at returlufta fra dyrkingsbagerne føres tilbake til plastbeholderen hvor riktig CO<sub>2</sub>-konsentrasjon blandes, vil CO<sub>2</sub>-forbruket bli minimalisert. Vannforbruket med et slikt system blir så begrenset at ferskvann tilsatt bordsalt (NaCl) og veksthusgjødning (Superba + kalksalpeter + Na-silikat+vitaminer) vil kunne være et alternativ til kostbar rensing av store mengder sjøvann. Dyrking i dette kunstige sjøvannet har gitt god vekst på de aktuelle algene. Hovedkostnaden ved dette systemet er CO<sub>2</sub>-reguleringsenheten til ca. 15000 NOK. Av erfaring er et slikt system minst like effektivt som en kostbar biofence.



Figur 15. Biofence bygd opp på Hveem Forsøksgard i forbindelse med prosjektet



Figur 16. Plastbager med 9,5 cm diameter er effektive for oppdyrking av mikroalger som *Isochrysis*, *C. calcitrans* og *C. muelleri* (fra venstre mot høyre). Veksten av *Skeletonema costatum* (helt til høyre) var dårlig i dette forsøket. Bildet til venstre ved start av forsøket og til høyre tre dager senere



Figur 17. Prototyp bioreaktor (160 liter) for mikroalgeproduksjon til bruk i klekkeri (A) med opplegg for påfylling/avtapping (B) og blandebeholder for CO<sub>2</sub>-anriket luft (C).

#### 2.2.5. Industriell relevans

Det er viktig med mikroalger som inneholder EPA og DHA i oppdyrking av østerslarver. CC, CM og *Pavlova* er rike på EPA, mens *Pavlova* og *Isochrysis* er rike på DHA. Disse algene er derfor viktige å blande inn i menyen for østerslarvene. Det er et åpent spørsmål hvor viktig ARA er, men skal man tilføre denne fettsyren er det viktig å bruke CM. Generelt kan vi konkludere med at dyrkingsbetingelsene, iallfall innenfor de rammene som er anvendt i våre studier, har relativt liten innvirkning på innholdet av de viktige fettsyrene. Svært viktig er det også at selv om en dyrker algene opp i svært høye konsentrasjoner så ser ikke fettsyreinholdet ut til å bli særlig påvirket, men cellene må være intakte. Dette er viktig dersom man skal gå over til en høyeffektiv mikroalgeproduksjon hvilket betyr at algekonsentrasjonen må ligge mellom ca. 0,5 og 2,0 g ts per liter kultur sammenlignet med en vanlig konsentrasjon i klekkeriene i dag på maksimalt ca. 0,1 g ts per liter.





EUROPEISKA UNIONEN  
Europeiska regionala  
utvecklingsfonden



Interreg IVA  
ØRESUND - KATTEGAT - SKAGERRAK

Pilotanlegget som er utviklet vil forhåpentligvis være et incitament til å effektivisere algeproduksjonen i klekkeriene vesentlig, med følgende store reduksjoner i driftsomkostningene. Dette systemet er nå under uttesting ved DSC i Danmark.

#### 2.2.6. Fortsatta utmaningar för framtiden

Utfordringen nå er å effektivisere mikroalgeproduksjonen i klekkeriene, forhåpentligvis med hjelp av den kunnskap som blir frambragt ved pilotanlegget for mikroalgedyrking. Det forventes at det vil ta noe tid og ressursbruk for å få erfaring samt tilpasse en slik bioreaktor til driften i klekkeriet.

### 2.3. Underaktivitet 2.3 Havsbaserad odling

Målsättning: En utvecklad teknik för vidareodling av ostron i havet anpassad till de naturliga förutsättningarna inom vår region.

#### 2.3.1. Utmaningar och frågeställningar

Utmaningarna när det gäller den havsbaserade delen av ostronodling hänger samman med odlingsplacering, val av utrustning samt skötsel av odlingsutrustning och ostron. Ostronens tillväxt och överlevnad avgörs främst av odlingsplacering där faktorer som t.ex. vattendjup, födotillgång, temperatur, salinitet, exponeringsgrad och utsläppskällor påverkar.

Val av odlingsystem och korgtyper kan påverka tillväxt och överlevnad, men har också betydelse när det gäller påväxt av andra organismer på utrustningen, och hur mycket arbetstimmar som krävs för hantering och rengöring av ostron och utrustning. Vilket odlingsystem man bör välja påverkas av förutsättningarna hos odlingslokaliteten, t.ex. lokalens exponeringsgrad vad gäller strömmar och vind. Val av odlingsystem är också beroende av vilken övrig infrastruktur som finns tillgänglig för företaget.

Det finns gott om odlingsutrustning att tillgå på marknaden och även information om vad som kännetecknar en bra ostronodlingslokal. Men kunskap om odlingsystem och lokaler som kan fungera i våra egna områden saknas. Inom Nord-Ostron har vi valt ut två kommersiellt tillgängliga odlingsystem för att prova ut hur dessa fungerar och påverkar ostronens tillväxt, överlevnad och påväxt av andra organismer.

#### 2.3.2. Genomförda försök, metodik och analyser

Under perioden 2009-2010 har ett långtidsförsök genomförts för att utvärdera användbarheten av två olika korgsystem med avseende på skillnader i yngelöverlevnad, tillväxt, påväxt och hanterbarhet.

Försöken har genomförts i samarbete med företag och ostronvattenägarna i fyra lokaler längs Bohuskusten, där ostronodling kan komma att bli en verksamhet (fig. 18):

- Nycklebyviken, Tjärnö (musselodling)
- Kalvön, Hamburgsund
- Åbyfjorden
- Trälebergskile, Lysekil (musselodling)

De deltagande företagen har varit Orust Shellfish AB, Lysekils Musslor och Ostron, Tjärnö Vattenbruk, Familjen Hammarström på Kalvö/Hamburgsund och Familjen Markenbergs i Åbyfjorden.

Lokalerna som provats ut skiljer sig åt i flera avseenden gällande exponeringsgrad, strömförhållanden, primärproduktion, salthalt och temperatur. Dessa faktorer har inte mätts under försöken, men generellt kan sägas att lokalen Kalvön är mest exponerad mot havet och har goda

strömförhållanden, därefter följer Tjärnö och Trälebergskile. Åbyfjorden är en lokal inne i en fjord med ett mer begränsat utbyte mot havet, lägre strömhastigheter och salthalt.

De två korgsystemen som har utvärderats är (1). *Aquapurse* från ToolTech Pty Ltd, en australiensisk korg och (2). *Suspension 1000* från Dark Sea Enterprises Inc., ett kanadensiskt korgsystem (fig. 19).

Odlingskorgarna hängdes ut på ca 3 meters djup i befintliga long-line odlingar (Trälebergskile och Tjärnö) eller hängdes fritt i vattenmassan med förankring via boj och sänke (Kalvön). I Åbyfjorden hängdes korgarna från en brygga där maxdjupet var ca 5 m.



Figur 18. Försökslokaler från norr till söder: Nycklebyviken Tjärnö, Kalvön Hamburgsund, Åbyfjorden samt Trälebergskile Lysekil.

I försöket har vi utvärderat:

1. Skillnader mellan lokaler vad gäller tillväxt, överlevnad och påväxt

2. Skillnader mellan de två olika typerna av odlingskorgar vad gäller tillväxt, överlevnad, påväxt samt hanterbarhet (dvs vilken tid det tar att ex. väga, mäta och sortera ostron)
3. Skillnader i tillväxt och överlevnad mellan odlade och vildfångade ostron
4. Storleksberoende skillnader i överlevnad hos de odlade ynglen



Figur 19. Korgtyper för ostronodling. Aquapurse tv och Suspension 1000 th.

### 2.3.3. Metodik, analyser

För att analysera storleksberoende tillväxt och överlevnad sorterades odlade ostronyngel från Ostrea Sverige AB i fyra olika storleksklasser (I-IV) från 12-40 mm. Vilda yngel från naturliga ostronbankar plockades in och sorterades in två storleksklasser (30-50 mm) (tabell 5).

Stickprov för att skatta populationens medellängd och medelvikt (heldjur) togs innan försöket startade. Vid varje provtagningstillfälle togs sedan 20 ostron från varje korg för att mäta längdtillväxt, viktökning och överlevnad i varje korgtyp och för varje storleksklass.

Mängden påväxt har uppskattats genom att väga korgarnas våtvikt och jämföra med korgar utan påväxt.

Tabell 5. Medellängd, medelvikt och antal ostron/korg vid försökets start November 2009.

Nycklebyviken	Medellängd (mm)	Medelvikt (g)	Antal yngel/korg
Klass I	11.6	0.18	158
Klass II	19.0	0.59	106
Klass III	27.0	1.68	50
Klass IV	41.0	6.79	26
Vilda små	40.3	7.15	25
Vilda stora	53.0	22.8	30
Trälebergs kile			
Klass I	12.3	0.20	137
Klass II	19.1	0.75	90
Klass III	26.6	1.86	45
Vilda stora	56.4	24.8	27
Åbyfjorden			
Vilda stora	66.6	38.4	25
Kalvön			
Vilda stora	52.6	19.8	25

#### 2.3.4. Resultat

##### Tillväxt och överlevnad av vilda yngel, skillnad mellan korgsystem och lokaler (November 2009-November 2010)

När det gäller skillnaden mellan de två korgsystemen så var dessa likvärdiga både när det gällde tillväxthastighet (fig. 20) och överlevnad (fig. 21). Däremot kunde vi uppmäta skillnader mellan lokalerna. Snabbast tillväxt av ostronen uppmättes på Kalvön, följt av Tjärnö. Sämst tillväxt och betydligt sämre överlevnad uppmättes i Åbyfjorden, där överlevnaden var bara ca 50-60%. I de båda andra lokalerna var överlevnaden mycket god, mellan 85-95% av de vilda ostronynglena hade överlevt under de 12 månaderna som korgarna hängt ute. Vi kunde också observera en mycket snabb tillväxt mellan augusti-november 2010, då ostronens vikt mer än fördubblades i Tjärnö och Kalvön. Ostronynglena hade efter ett år i korgarna uppnått en medelvikt på ca 50 g eller högre i alla lokaler, vilket motsvarar cocktailostron-storlek (fig. 22).

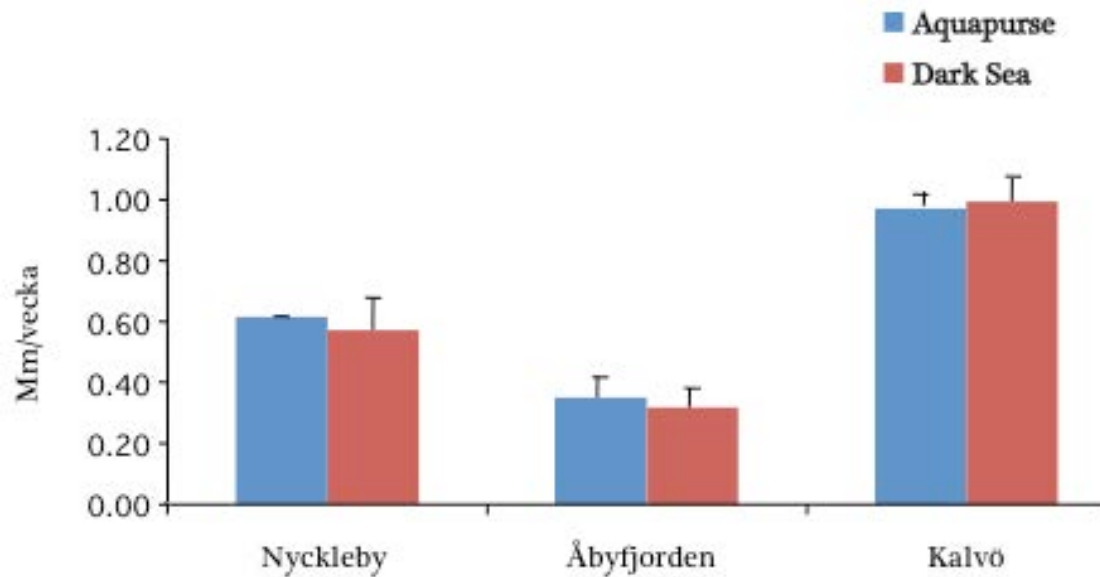


Fig. 20. Längdtillväxt (mm/vecka) av vilda ostronyngel i Aquapurse-systemet (blå) och Dark Sea (röd) i tre av försökslokalerna.

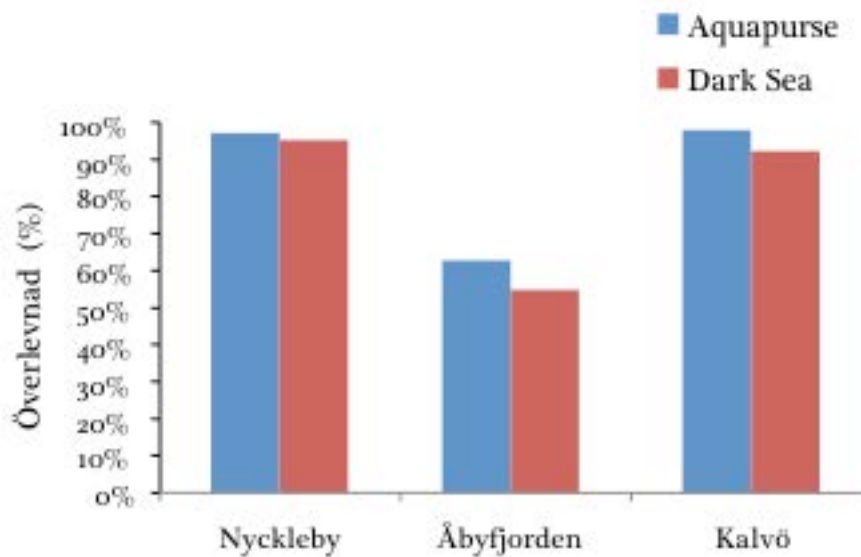


Fig. 21. Överlevnad (%) av vilda ostronyngel i Aquapurse-systemet (blå) och Dark Sea (röd) i tre av försökslokalerna.

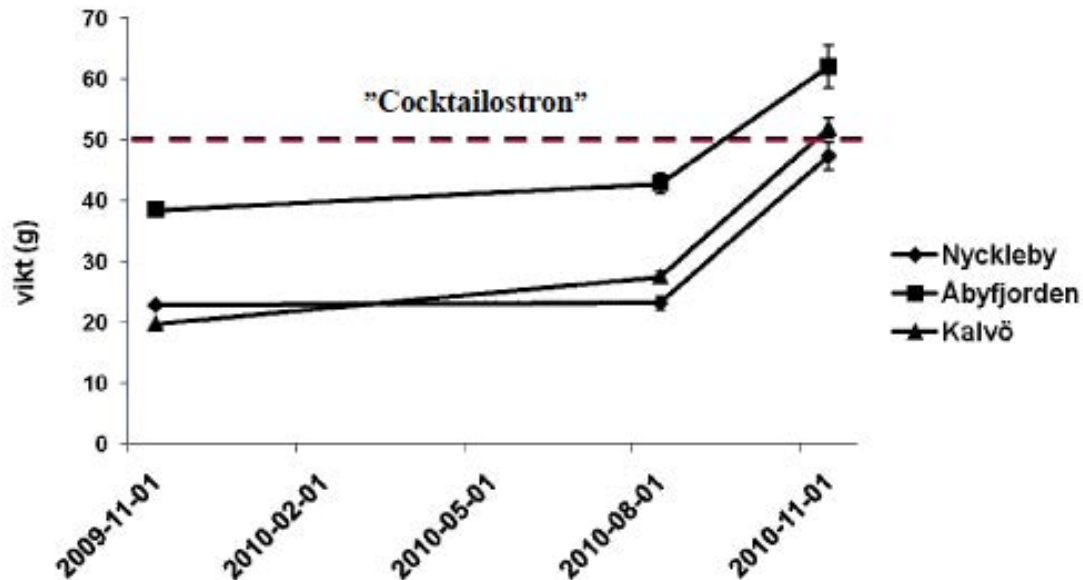


Fig. 22. Viktförändring (g) under 12 månader i tre av försökslokalerna.

#### Påväxt, skillnad mellan korgsystem och lokaler (November 2009-Juli 2010)

En betydlig skillnad mellan korgsystemen när det gäller mängden påväxt/korg uppmättes, där Aquapurse hade ca 50% mer påväxt jämfört med Dark Sea (fig 23). Havstulpaner och sjöpungar var dominerande påväxtorganismer (fig. 24). Förklaringen är att Aquapurse har en större yta/korg som gör att det finns mer substrat för påväxtorganismer att sätta sig fast. Som mest uppmättes ca 17 kg påväxtorganismer på en Aquapurse-korg. Även betydande påväxt av både havstulpaner och sjöpungar på ostronen observerades (fig. 24). Regelbunden skötsel och tvätt av ostronen under havsodlingsfasen är viktigt för att minska påväxten på ostronen. Vi kunde också observera att mängden påväxt var betydligt högre i Nyckleby-lokalen på Tjärnö jämfört med de andra lokalerna och det gällde båda korgtyperna. I Nyckleby dominerade sjöpungar på korgarna.

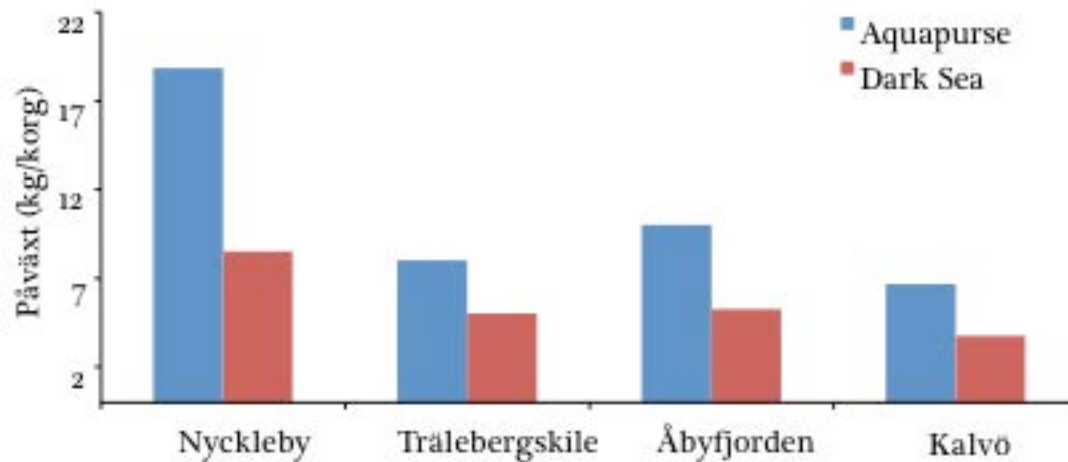


Fig. 23. Mängden påväxt (kg/korg) i Aquapurse-systemet (blå) och Dark Sea (röd) i dom fyra försökslokalerna.

#### 2.3.4.3. Tillväxt och överlevnad, jämförelse mellan odlade och vilda yngel (November 2009-Juli 2010)

I Tjärnölokalen jämfördes tillväxten hos odlade yngel av storleksklass IV (ca 40 mm) med vilda. Vikt och längdökningen var jämförbar mellan odlade och vilda ostron (fig. 25). Den stora skillnaden var dock överlevnaden, där dom odlade ostronen överlevde sämre än de vilda. Ca 98% överlevnad uppmättes hos de vilda ostronen jämfört med ca 86% av odlade ostron (fig. 26). Detta kan förklaras bl.a. av att vilda ostron har haft tid att anpassa sig till naturens växlingar och/eller att dom vilda ostronen var äldre än dom odlade trots samma storlek då dom hängdes ut.





Fig. 24. Påväxt av sjöpungar på Aquapurse korgar (t.v.) och på ostron (överst till höger). Ostron överväxtet av havstulpaner (nederst till höger).

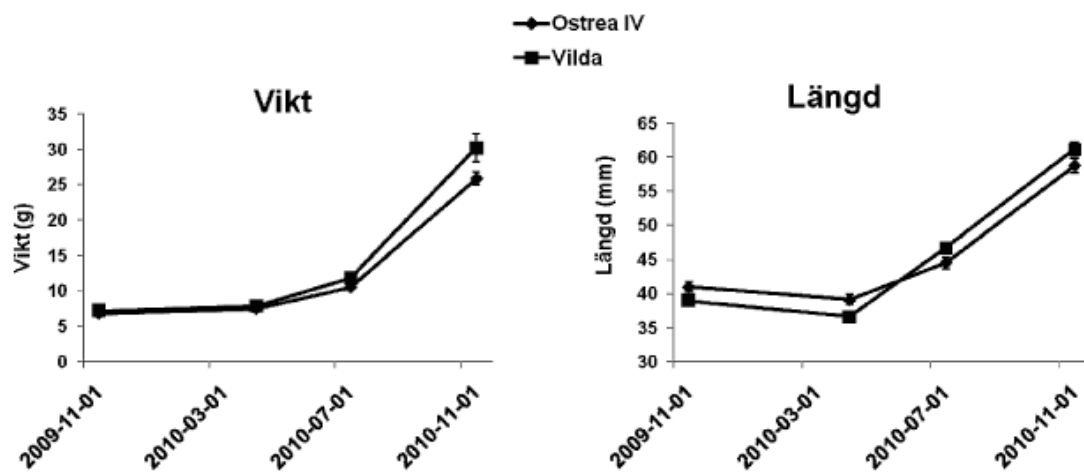


Fig. 25. Viktökning (g) och längdtillväxt (mm) hos odlade ostron av storleksklass IV (triangel) och vilda ostron (fyrkant) i Nycklebyviken, Tjärnö.

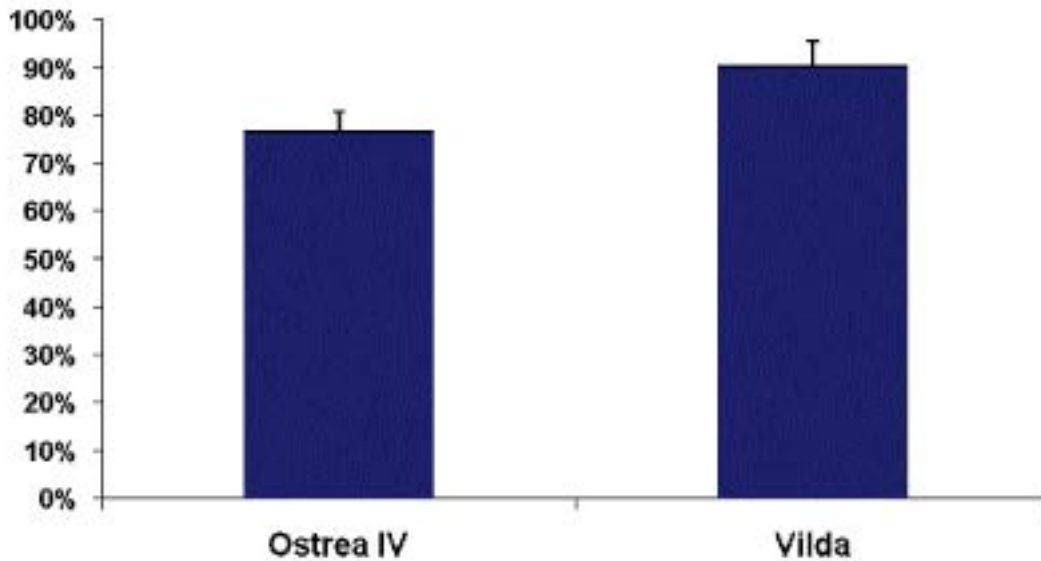


Fig. 26. Överlevnad (%) hos odlade ostron av storleksklass IV (triangel) och vilda ostron (fyrkant) i Nycklebyviken, Tjärnö.

Tillväxt och överlevnad hos odlade yngel av olika storleksfraktioner, Tjärnö (November 2009-November 2010)

Jämförelsen i vikt och längdförändring mellan odlade ostron av storleksklass I-IV visade på snabb tillväxt mellan fr.a. juli-november 2010 (fig. 27).

Viktklass IV dvs. de största ynglena vid utsättningen hade snabbare viktökning under denna perioden jämfört med de mindre ostronen. När det gäller storleksberoende överlevnad så hade den största storleksklassen (IV) 77% överlevnad efter ett år i korgarna vilket kan jämföras med endast 27% för storleksklass I (fig. 28). En slutsats av försöket är att det gäller att få fram stora och robusta odlade yngel innan utsättning sker på hösten för att öka överlevnaden eftersom små yngel överlevde sämre än större.

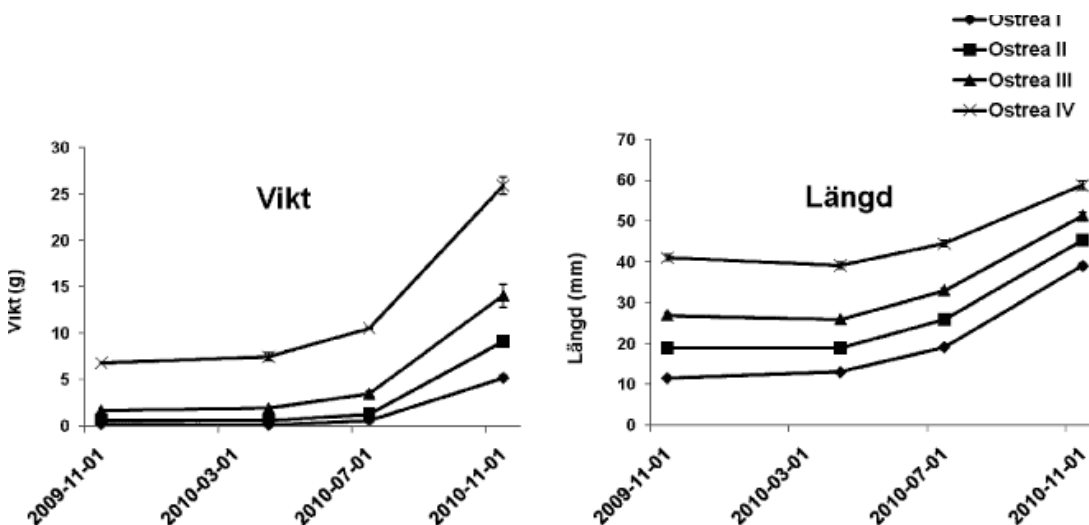


Fig. 27. Vikt och längförändring hos odlade ostron av olika storleksklasser (I-IV) mellan November 2009-November 2010 i Tjärnölokalen

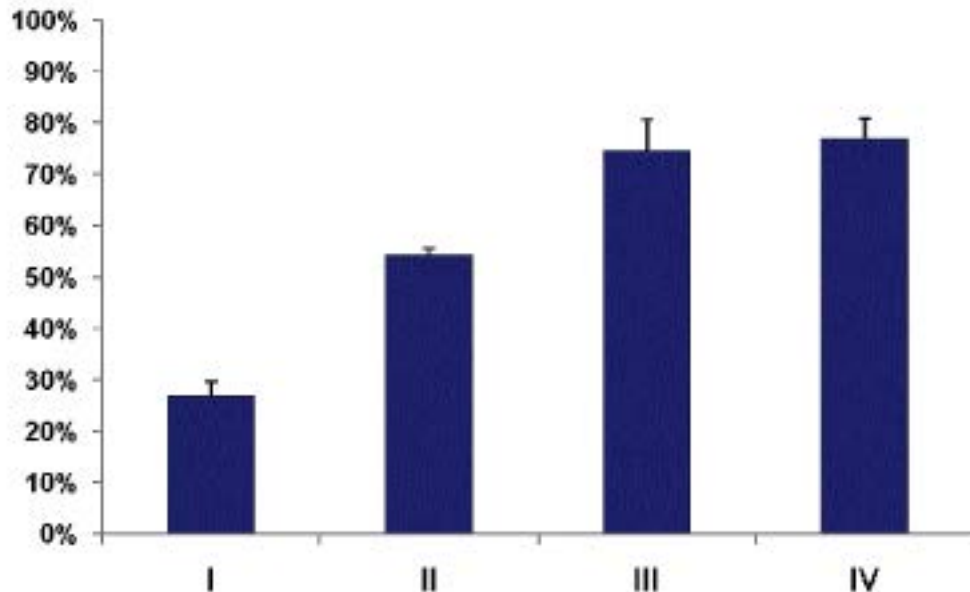


Fig. 28. Överlevnad hos odlade ostron av olika storleksklasser (I-IV) mellan November 2009-November 2010 i Tjärnölokalen

### 2.3.5. Industriell relevans

Under försöket framgick att båda korgarna är likvärdiga vad gäller överlevnad och tillväxt men att Aquapurse med sin större yta/ostron är mer utsatt för påväxt vilket också gör den tyngre att hantera. Ju mer noga påväxten hålls efter desto mindre betydelse har dock detta. Båda varianter går bra att hänga från såväl longline som odlingsflotte även om Aquapurse kan bli mer djupkrävande än Dark Sea-systemet beroende av hur många korgar man hänger under varandra.

Sammanfattningsvis kan vi dra följande slutsatser:

1. Stor skillnad i tillväxt och överlevnad beroende på lokalisering: Kalvö>Tjärnö>Åbyfjorden, Trälebergskile
2. Små, odlade yngel överlever sämre än stora-viktigt att man får fram större robusta yngel inför utsättning i korgar på hösten
3. Odlade yngel överlever sämre än vilda yngel av samma storlek-sammansättning med ålder?
4. Ingen skillnad i tillväxt och överlevnad beroende på korgtyp
5. Högre påväxt på Aquapurse jmf med Dark Sea, beror på större yta. Men, val av korgtyp beror på fler faktorer än påväxt- kostnad, hantering, lokaliseringsdjup etc.
6. Viktigt att veta mer om placering av odlingar baserat på påväxtsituationen