

## Blåmuslingeprojekt fase 3 - Integration og optimering af produktionsformer

**Tørring, Ditte; Gramkow, Mikael; Nielsen, Carsten Fomsgaard; Redeker, S.; Holtegaard, L.E.; Freudendahl, A.S.; Petersen, Jens Kjerulf; Carlsson, M.S.; Dolmer, Per; Christensen, Helle Torp; Kristensen, Per Sand**

*Publication date:*  
2008

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Tørring, D., Gramkow, M., Nielsen, C. F., Redeker, S., Holtegaard, L. E., Freudendahl, A. S., ... Kristensen, P. S. (2008). Blåmuslingeprojekt fase 3 - Integration og optimering af produktionsformer. Nykøbing Mors: Dansk Skaldyrcenter.

## DTU Library

Technical Information Center of Denmark

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

## Blåmuslingeprojekt fase 3

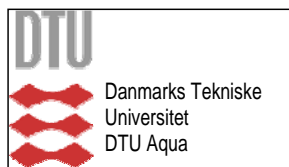
### *Integration og optimering af produktionsformer*



Februar 2008



DANSK SKALDYRCENTER



## Rapporten er forfattet af:

### Dansk Skaldyrcenter

Ditte Tørring  
Michael Gramkow  
Carsten Fomsgaard  
Sisse Redeker  
Lars Erik Holtegaard  
Anna Sofie Freudendahl

### Danmarks Miljøundersøgelser

Jens Kjerulf Petersen  
Marita S. Carlsson

### DTU – Aqua

Per Dolmer  
Helle Torp Christensen  
Per Sand Kristensen

## Forord

Denne rapport er et resultat af et samarbejde mellem Dansk Skaldyrcenter, Foreningen Dansk Skaldyropdræt, Danmarks Miljøundersøgelser og DTU-Aqua. Dansk Skaldyrcenter har været hovedansvarlig for projektets gennemførelse. Projektet er gennemført med finansiell støtte Fødevareministeriet og EU's fiskerisektorprogram FIUF.

Til rapporten har DTU-Aqua bidraget med Kapitel 5: Udlægningsforsøg med yngel fra lineopdræt på kulturbanker. Danmarks Miljøundersøgelser har leveret afsnit 6: Miljøundersøgelser. Resten af rapporten er udarbejdet af Dansk Skaldyrcenter med assistance af Danmarks Miljøundersøgelser.

I forbindelse med afviklingen af projektet blev der nedsat en arbejdsgruppe til faglig sparring og rådgivning. Arbejdsgruppen har været indkaldt til møde to gange i løbet af projektperioden og bestod af følgende medlemmer:

Jens Kjerulf Petersen (DMU)  
Per Dolmer (DTU-Aqua)  
Kaj-Lykke Larsen, Arne Bækgaard, Jens Anton Christensen (Opdrættere)  
Steffen Christensen (Centralforeningen for Limfjorden)  
Ditte Tørring (DSC)

En stor tak skal lyde til folkene på Limfjordskompagniet for hjælp i forbindelse med gennemførelse af forsøg med genudlægningsmuslinger fra industrien. Kaj Lykke Larsen fra Dansk Linemusling A/S takkes for at stille maskiner og arbejdskraft til rådighed i forbindelse med fremstilling af kontinuerte strømper til afviklingen af forsøg med omplantningsmuslinger og muslinger med lavt kødindhold fra fiskeriet. Folkene bag Limfjord Linemusling I/S takkes i forbindelse med hjælp til etablering af kontinuerte produktionslinier. Ligeledes skal der lyde en tak til fisker Svend Åge Poulsen i forbindelse med opfiskning af omplantningsmuslinger og muslinger med lavt kødindhold.

Alle offentliggjorte projektrapporter fra Dansk Skaldyrcenter kan, efter godkendelse, hentes i elektronisk form på Dansk Skaldyrcenters hjemmeside [www.skaldyrcenter.dk](http://www.skaldyrcenter.dk). Originale tekster og illustrationer fra denne rapport må gengives til ikke-kommercielle formål under forudsætning af tydelig kildeangivelse.

Henvendelse vedrørende denne rapport kan ske til:

Dansk Skaldyrcenter  
Øroddevej 80  
7900 Nykøbing Mors  
Tlf.: 96 69 02 83  
[post@skaldyrcenter.dk](mailto:post@skaldyrcenter.dk)  
[www.skaldyrcenter.dk](http://www.skaldyrcenter.dk)



Rapporten er finansieret af Fødevareministeriet og EU's fiskerisektorprogram FIUF.

Forfatterne, Nykøbing Mors, d. 29. februar 2008

## Indholdsfortegnelse

<b>Forord .....</b>	<b>3</b>
<b>Indholdsfortegnelse.....</b>	<b>4</b>
<b>Indledning.....</b>	<b>6</b>
Formål.....	8
<b>Effektmål.....</b>	<b>8</b>
<b>Sammenfatning og perspektivering.....</b>	<b>14</b>
<b>1. Udhængning af genudlægningsmuslinger fra industrien.....</b>	<b>16</b>
Undersøgelse af forskellige sorteringsmetoder.....	16
Overlevelseshforsøg.....	18
Udhængning af genudlægningsmuslinger.....	20
Materialer og metoder.....	20
Resultater.....	21
Diskussion.....	25
Konklusion.....	26
<b>2. Lineopdræt af bundmuslinger med lavt kødindhold.....</b>	<b>27</b>
Prøvefiskeri og pilotprojekt.....	27
Materialer og metoder.....	27
Resultater.....	28
Diskussion og konklusion.....	34
<b>3. Lineopdræt af omplantningsmuslinger.....</b>	<b>36</b>
Indledning.....	36
Materialer og metoder.....	36
Resultater.....	37
Diskussion og konklusion.....	42
<b>4. A Forlænget yngelindsamling.....</b>	<b>44</b>
Indledning.....	44
Materialer og metoder.....	44
Resultater.....	48
Diskussion og konklusion.....	54
<b>4. B Lineopdræt – Nedsænkingsforsøg til krabber.....</b>	<b>57</b>
Indledning.....	57
Materialer og metoder.....	58
Resultater.....	60
Diskussion og konklusion.....	64
<b>4. C Vinter-, forår-, sommer- og efterårsstrømper.....</b>	<b>66</b>
Introduktion.....	66
Materialer & metoder.....	67
Resultater.....	68
Diskussion.....	73
<b>4. D Dobbeltstrømper af enkelthængende strømper.....</b>	<b>75</b>
Indledning.....	75
Materialer og metoder.....	76
Resultater.....	78

Diskussion og konklusion .....	83
<b>4. E Tre dyrkningssystemer – et sammenligningsstudie .....</b>	<b>85</b>
Indledning .....	85
Materialer og metoder .....	85
Resultater .....	87
Diskussion.....	91
Konklusion.....	92
<b>5. Udlægningsforsøg med yngel fra lineopdræt på kulturbanker .....</b>	<b>94</b>
5A. Prædation på bundmuslinger og linemuslinger af strandkrabber.....	94
Resultater .....	98
Konklusion .....	103
5 B. Sammenligning af linemuslinger og bundmuslingers vækst og produktion på bunden .....	104
Resultater .....	104
Sammenfatning af vækstofforsøg 1 og 2.....	108
Samlet diskussion.....	108
<b>6. Miljøundersøgelser.....</b>	<b>110</b>
6.1. Målestationer og måletidspunkter .....	110
6.2. Strømforhold og lagdeling .....	113
6.3. Faldhastigheder .....	120
6.4. Sedimentation.....	123
6.5. Iltforbrug af fækalier i vandsøjlen .....	128
6.6. Sedimentforandringer.....	129
6.7. Udveksling mellem sediment- og vandfasen .....	138
6.8. Bundfauna .....	150
6.9. Sammenfatning .....	152
Referencer .....	153

**Bilag A - Oversigt over opdrætskoncepter og systemer omtalt i projektet.**

**Bilag B - Oparbejdningssystemer.**

**Bilag C - Opdrætsområder i Færker Vig, Sallingsund og Lysen Bredning.**

**Bilag D - Pilotprojekt i forbindelse med lineopdræt af bundmuslinger med lavt kødindhold.**

**Bilag E - Størrelsesintervaller i forbindelse med forlænget yngelindsamling.**

**Bilag F - Hydrografiske og meteorologiske data.**

## Indledning

Markedet for blåmuslinger kan i hovedtræk deles i to: Ferskvaremarkedet, som udelukkende handler med levende muslinger, og markedet for forarbejdede produkter, omfattende kogte muslinger (uden skal) der sælges som frostvare eller konserver. Muslinger produceres hovedsageligt enten ved fiskeri eller i opdræt. Fiskede muslinger er i sammenligning med opdrættede karakteriseret ved en kraftigere skal og et lavere kød indhold og anvendes fortrinsvis til forarbejdede produkter. Opdrættede muslinger er karakteriseret ved et væsentligt højere kødindhold, og en meget ”ren” skal og sælges fortrinsvis på ferskvaremarkedet. Der er en betydelig forskel i afregningspris for producenterne, idet fiskede muslinger til industrien indbringer fiskerne 1-1,50 kr. pr kg, men kan indbringe højere priser ved højt kødindhold, og opdrættede muslinger afregnes til 7-11 kr. pr kg.

Den danske produktion af blåmuslinger har gennem mange år været en af de største i Europa med en årlig produktion på omkring 100.000 t. Denne produktion har så godt som udelukkende bestået af fiskeri på vilde bestande og har haft sit centrum i Limfjorden. På en række områder har der imidlertid gennem de senere år været en udvikling, som peger i retning af større mangfoldighed i produktionsformen:

- Der har været en nedgang i blåmuslingebestandene i Limfjorden som følge af iltsvind og ændring af bundforhold.
- Konkurrence fra især oversøiske producenter har medført et fald i priserne på forarbejdede produkter.
- Der har været en eksplosivt stigende interesse for at opdrætte blåmuslinger i vandfasen.
- Med DSC i spidsen er der igangsat en udvikling og tilpasning af forskellige opdrætsformer til danske forhold.
- Der har været en øget efterspørgsel efter kvalitetsprodukter til fersk konsum.

I forlængelse af de forskellige markeder og de forskellige produktionsmetoder har man traditionelt opfattet fiskeri og opdræt som helt adskilte produktionsformer med potentielle konflikter mellem de to former. Men denne potentielle modsætning behøver ikke være reel, fordi produktion af blåmuslinger snarere bør ses som et kontinuum af forskellige produktionsformer med hhv. fiskeri og opdræt, med hele produktionen i vandfasen, som de to yderpunkter. De forskellige elementer i dette kontinuum omfatter:

- Fiskeri med skrabende redskaber
- Genudlægning af undermålsmuslinger med henblik på senere fangst
- Fiskeri efter muslinger til omplantning til kulturbanker og efterfølgende genfangst
- Fiskeri efter undermålsmuslinger eller muslinger med lav kødprocent til slutvækst frit i vandsøjlen
- Opdræt af muslinger med henblik på efterfølgende udlægning på kulturbanker
- Opdræt med hele forløbet fra rekruttering til slutvækst i vandsøjlen

I den igangværende udvikling af erhvervet - fra hver sin side af spektret af produktionsformer - mangler der aktiviteter i den midterste del, hvor fiskeri og opdræt bliver integreret fuldt ud. Der er i

dag ingen produktion i danske farvande, hvor vilde blåmuslinger bliver fisket med henblik på slutvækst i vandfasen og det uanset om det drejer sig om undermålsmuslinger eller blåmuslinger med for lav kødprocent. Netop brug af strømper og langliner under forskellige former til slutvækst af indsamlede blåmuslinger er ellers en af de dominerende produktionsformer i Europa, hvor store producentlande som Spanien og Italien i vid udstrækning betjener sig af denne metode. Princippet er simpelt og bygger på indsamling med skrabende redskaber af yngel i størrelsen fra 10-25 mm. Ynglen sorteres og hænges ud i strømper af variabel type der hænges fra langliner eller flåder. Med de omfattende erfaringer i det eksisterende fiskeri i håndtering af undermålere og med ekspertisen i håndtering af langline-anlæg, er der i Danmark et stort potentiale i denne metode. En sådan produktionsform vil yderligere kunne stimulere samvirke indenfor erhvervet mellem fiskere og opdrættere. Yngelproduktionen i dele af Limfjorden er meget stor og vil kunne understøtte en kvalitativ og kvantitativ betydelig produktion af muslinger, der både omfatter omplantninger og, som her foreslået, undersøgt ved udhængning på langlinesystemer.

På tilsvarende vis er der ingen erfaring i brug af blåmuslinge yngel indsamlet i vandfasen til udlægning på kulturbanker. I et tidligere projekt (Tørring og Petersen, 2005) blev det vist, at der ofte er en rekruttering af yngel som langt overstiger behovet i forbindelse med udhængning i strømper. Denne yngel går i dag i vid udstrækning til spilde, fordi der ikke er kapacitet til at udnytte denne ressource. Ved at udlægge overskudsproduktion af yngel på kulturbanker vil opdrætteren få reduceret nedfald af blåmuslinger under langlinerne. Dermed reduceres potentielle iltproblemer og fiskerierhvervet som sådan vil få tilgang til en ressource som ellers ville gå til spilde.

De foreløbige resultater med opdræt af muslinger på langliner viser, at det er muligt at dyrke blåmuslinger i Limfjorden efter de kendte principper, men at der er en række omstændigheder ved dyrkning i danske farvande, som kræver modifikationer og optimeringer for at fungere praktisk og økonomisk. Der er især behov for at udvikle en mere hensigtsmæssig udnyttelse af arbejdskraften og dermed undgå perioder med spidsbelastning og behov for ekstra arbejdskraft. Det gælder både for yngelopsamling, strømpning og høst.

Med disse nye perspektiver for integrerede produktionsformer og i forbindelse med den store interesse for etablering af opdrætsanlæg, er der et stort behov for undersøgelser af miljøeffekter. Produktion af blåmuslinger har en række positive effekter på miljøet, primært i form af de næringssalte som ved produktionen bliver fjernet fra vandområderne. Fjernelse af næringssalte ved produktion af muslinger blev belyst og kvantificeret i fase 2. Imidlertid har miljømyndighederne i forbindelse med udstedelse af tilladelser til nye opdræt fokuseret på (negative) miljøeffekter på bunden under opdræt med produktionsfasen i vandsøjlen. Dette har medført, at de nye opdræt er blevet pålagt at foretage undersøgelser af bundforhold før igangsætning af opdrættene og løbende under produktionen med 1-2 års intervaller. Disse undersøgelser vil dog ikke nødvendigvis i sig selv give entydige svar på miljøeffekter på bunden af opdrætsområdet, idet sådanne effekter vil afhænge af mange forskellige forhold og vil kræve en omfattende prøvetagning for at have tilstrækkeligt statistisk materiale. En samlet større undersøgelse vil derimod kunne tilvejebringe den nødvendige viden og omsætte resultaterne til målrettede og kosteffektive overvågningsprogrammer. Følgelig har ”Muslingeudvalget” nedsat af fødevarerministeren da også anbefalet i sine konklusioner, at der iværksættes undersøgelser af effekten af muslingeopdræt på bundforholdene.



## Formål

Blåmuslingeprojektet fase 3 har som overordnede formål at:

- Teste og udvikle integrerende former for produktion af blåmuslinger ved opdræt i vandfasen af undermålsmuslinger eller blåmuslinger med lav kødprocent (indsamlet med skrabende redskaber) samt udlægning af yngel på kulturbanker indsamlet på langliner (**Kapitel 1,2,3 og 5**).
- Afprøvning af ny opdrætsteknik samt udvikle og optimere de eksisterende principper for dyrkning af blåmuslinger med hele produktionsfasen i vandsøjlen, især med henblik på at forlænge den periode hvor der kan strømpes (**Kapitel 4**).
- Etablere kvantitative og kvalitative beskrivelser af effekter af muslingefækalier fra langliner på vandmiljøet (**Kapitel 6**).

## Effektmål

Indenfor rammerne af projektet blev der opstillet en række effektmål, som skulle være opfyldt senest ved afslutningen af det samlede projekt:

### 1. Effektmål:

*”Udvikling af sorteringsmetode til frasortering af levende muslinger fra industriens genudlægningsmateriale.”*

Der blev i alt undersøgt 2 forskellige metoder til frasortering af muslinger fra industriens genudlægningsmateriale: a) Opdriftssortering og b) Traditionel tromlesortering. Af de afprøvede metoder havde kun den traditionelle declumpning med sorteringstromle tilstrækkelig effektivitet som sorteringsmetode. Denne metode var dog samtidigt den mindst skånsomme metode, da knivadskilleren beskadigede en betydelig del af muslingerne. I den periode, hvor sorteringsundersøgelserne fandt sted, var det ikke muligt at finde en metode som både var effektiv og skånsom mod de sorterede muslinger. Imidlertid blev der i projektet ”Nye Opdrætsteknikker”, ligeledes finansieret af Fødevarerministeriet og EU, udviklet en sorteringsmaskine der, efter de første testundersøgelser med linemuslinger, udviste samme effektivitet som den traditionelle tromle, men med en højere grad af skånsomhed. Denne maskine er ikke testet på industriens genudlægningsmateriale.

Effektmålet er delvist opfyldt.

### 2. Effektmål:

*”Undersøgelse af overlevelse, vækst, udbytte samt kødindhold for genudlægningsmuslinger dyrket på langliner.”*

Forud for samtlige udhængningsforsøg af genudlægningsmuslinger blev der, for at teste udgangsmaterialet, gennemført sammenlignende overlevelsesforsøg med linemuslinger som kontrolgruppe. For samtlige udhængningsperioder var der lavest overlevelse for

genudlægningsmuslingerne og overlevelsen var lavest i sommerperioden. Generelt var den individuelle vækst hos de udhængte genudlægningsmuslinger som forventet og muslingerne opnåede konsumstørrelse indenfor den forventede periode svarende til vækstperioden for linemuslinger. I ingen af de 14 delforsøg blev der opnået udbytter svarende til normale udbytter i lineopdræt med hele væksten i vandfasen og gennemsnitligt udbytte for genudlægningsmuslingerne var 50 % af lineopdræt. Bedst udbytte blev opnået i de delforsøg, hvor strømpningen fandt sted i november eller december måned. De delforsøg hvor strømpningen fandt sted i den varme årstid havde lavest udbytter.

Effektmålet er opfyldt.

### **3. Effektmål:**

*”Afprøvning af forskellige skraberedskaber med henblik på at finde en hensigtsmæssig opfiskningsmetode af omplantningsmuslinger samt muslinger med lavt kødindhold.”*

I 2005 blev der gennemført en forundersøgelse, som bestod af et forsøgsfiskeri med tre forskellige skraberedskaber. Forundersøgelsen havde til formål at klarlægge om redskabsvalg har indflydelse på kvaliteten af muslingerne som produktionsmateriale. På baggrund af undersøgelserne kunne det konkluderes, at muslinger til langlinedyrkning kan fiskes hensigtsmæssigt med alle de undersøgte skraber, og at valg af skraber ikke har indflydelse på vækst og udbytte efter udhængning, eller kvalitet ved høst.

Effektmålet er opfyldt.

### **4. Effektmål:**

*”At undersøge om bundmuslinger med lav kødprocent kan anvendes til dyrkning på langliner med henblik på hurtig udvikling af stor kødfylde.”*

Der blev i alt lavet 3 forsøgsudhængninger af bundmuslinger med lavt kødindhold. Alle med det formål at undersøge om kødindholdet i bundmuslinger kan hæves ved at strømpe og udhænge dem på et lineanlæg. Det blev dokumenteret, at bundmuslinger med en lav kødprocent kan øge deres kødindhold betragteligt ved at blive løftet op i vandsøjlen. Resultaterne indikerer imidlertid, at der er en række forudsætninger, som skal være opfyldt for at denne produktionsform kan blive rentabel. Disse forudsætninger omfatter blandt andet udvikling af mere velegnede strømpetyper, at der kun anvendes udgangsmateriale af meget høj kvalitet og at dette håndteres skånsomt.

Effektmålet er opfyldt.

### **5. Effektmål:**

*”At undersøge om muslinger, bevidst fisket med henblik på omplantning, kan anvendes til dyrkning på langliner med fokus på overlevelse, hurtig skalvækst og udvikling af stor kødfylde.”*

Der blev gennemført forsøg med udhængning af fiskede muslinger i strømper i perioden januar-august 2007. De fiskede muslinger blev desuden teste på 2 forskellige sorteringsmaskiner og med

forskellige strømpesystemer. Resultaterne indikerer at opdræt af omplantningsmuslinger fra områder med meget lav vækst med fordel kan dyrkes på line, men at tidspunkt for udhængning og omplantningsmaterialet beskaffenhed kan være afgørende for om opdræt af omplantningsmuslinger er rentabelt. Hvis denne produktionspraksis kan opskaleres og optimeres, vil der være et klart potentiale for at skabe en merværdi for produktet. Der bør dog laves flere forsøg til at understøtte resultaterne.

Effektmålet er opfyldt.

## 6. Effektmål:

*”At undersøge længden af blåmuslingers rekrutteringsperiode samt ynglens overlevelse og vækspotentiale.”*

For at belyse muslingelarvers overlevelse og vækst i forbindelse med rekruttering til opdræt, blev der blevet gennemført forsøg med udsætning af yngelopsamlere fra april til september 2005. Overordnet står forekomsten af spat i omvendt forhold til forekomsten af især rurer. Den normale periode for indsamling af yngel i april og maj var i 2005 mest udbytterig, og det kan på baggrund af resultaterne generelt tilrådes at starte udhængningen af yngelopsamlere tidligt på året, omkring april måned. Ved forlænget yngelindsamling frem til juli kan man i nogen grad stadig opnå yngel til strømpning, men der vil i stigende grad være konkurrence om pladsen på yngelopsamlerne fra uønskede påvækstorganismer. Sen yngelopsamling i august-september kan være succesfuld, idet der det efterfølgende forår er stor forekomst af småt yngel, der potentielt kan vokse sig høstklar eller udnyttes til strømpning. Sen yngelopsamling vil ikke blive påvirket af påvækstorganismer i væsentlig grad.

Effektmålet er opfyldt.

## 7. Effektmål:

*”At teste om nedsækning af liner til krabber påvirker udbyttet af muslinger samt mængden af påvækstorganismer, herunder mængden af nysettlet muslinge yngel.”*

Betydningen af nedsækning af næsten høstklare eller fuldt høstklare muslingestrømper til krabber for mængden af yngel, konsummuslinger og affald blev undersøgt på 3 forsøgsliner i løbet af sommeren 2006. Kort tid efter bundkontakt blev der fjernet betydelige mængder nysettlet yngel fra de nedsænkede strømper, og krabbernes aktivitet bidrog signifikant til rensning af produktionsstrømperne over hele forsøgsperioden. Den mest effektive afrensning af yngel blev opnået med en bundtid på 1-4 døgn. Nedsækningen af linerne og krabbernes aktivitet på strømperne havde i indeværende forsøg ikke nogen indflydelse på hverken mængden af konsummuslinger og affald på muslingestrømperne.

Effektmålet er opfyldt.

## 8. Effektmål:

*”At undersøge om sæsonen for strømpning af blåmuslinger kan udvides til også at strække sig over forårs- og sommerperioderne uden tab af mængde og kvalitet.”*

Der blev gennemført 5 forsøg med strømpning i henholdsvis april, maj, juli, september og november 2006. Resultaterne viste, at strømpningsperioden i efteråret giver højest udbytte. Muslinger fra denne udhængningsperiode oplever begrænsede problemer med påvækst af foulingorganismer og sekundære spatnedslag, hvilket letter håndtering og sortering af muslingerne ved høst. Strømpning i forårs månederne gav et mere variabelt udbytte, med forholdsvis store udbytter, hvis muslingerne blev høstet inden efteråret. Der må for denne udhængningsperiode påregnes større problemer med påvækst og især sekundære spatnedslag, som kan gøre høst og sortering problematisk. Muslinger fra sommerudhængningen gav lave udbytter og strømperne var udsat for store tab i løbet af efteråret. På baggrund af disse undersøgelser kan det ikke anbefales at udhænge strømper om sommeren.

Effektmålet er opfyldt.

## 9. Effektmål:

*”At undersøge betydningen og rentabiliteten af dobbeltstrømpnings-processen for høstudbyttet af muslinger dyrket i enkelthængende strømper.”*

Der blev gennemført forsøg med dobbeltstrømpning i foråret og sommeren 2006. Resultaterne tyder på, at dobbeltstrømpning af enkelthængende strømper kan være en rentabel proces og en udmærket løsning til at holde på konsummuslingerne henover de perioder af året, hvor tabet af muslinger er stort. I den sidste halvdel af forsøgsperioden, som strakte sig fra juni til december 2006, var der signifikant flere konsummuslinger i dobbeltstrømperne, og høstudbyttet viste, at der kunne høstes ca. 2,5 gange flere muslinger fra dobbeltstrømperne i forhold til kontrolstrømperne. Med den koniske declumper fra Franken er der fundet en maskine, der kan håndtere høstprocessen af dobbeltstrømper, hvilket i særdeleshed gør denne proces interessant for opdrættere som benytter enkelthængende muslingestrømper.

Effektmålet er opfyldt.

## 10. Effektmål:

*”At teste rentabiliteten af tre forskellige dyrkningssystemer”*

Tre forskellige dyrkningssystemer blev testet i samarbejde med Foreningen Dansk Skaldyropdræt: Dyrkning med mellemhåndtering i single strømper, dyrkning med mellemhåndtering i kontinuerte strømper og dyrkning uden mellemhåndtering. Rentabiliteten blev bedømt på baggrund af en sammenstilling af arbejdsindsats og nettoudbytte. Den samlede vurdering viste, at det kontinuerte system var mest rentabelt. På grund af det lave nettoudbytte var rentabiliteten af opdræt uden mellemhåndtering meget lav. En række forudsætninger og forbehold ligger dog til grund for disse rentabilitetsberegninger og er omtalt nærmere i Kapitel 4 E.

Effektmålet er opfyldt.

### 11. Effektmål:

*”At undersøge om muslinge yngel indsamlet på langliner kan anvendes til etablering af bundkulturer.”*

Med henblik på at teste hvorledes linemuslinger klarer sig ved udlægning på kulturbanker blev der gennemført to eksperimenter, hvor både linemuslinger og bundmuslinger blev udlagt på udvalgte bundarealer i Limfjorden. Resultaterne viste, at muslinger opdrættet i vandsøjlen havde samme eller større produktion på bunden end bundmuslinger. Linemuslingernes evne til at etablere tætte banker og deres høje vækst indikerede, at disse muslinger ville være egnede til udlægning i bundkultur.

Effektmålet er opfyldt.

### 12. Effektmål:

*”At undersøge forskellen mellem bund- og linemuslinger med hensyn til lukkemuskel, fasthæftelse og prædationsrate, samt hvordan tilstedeværelsen af strandkrabber påvirker de to muslingetyper.”*

Linemuslingerne havde en signifikant bedre fasthæftelse end bundmuslinger og denne fasthæftelse blev styrket, når der var krabber til stede. Bundmuslingerne havde en større lukkemuskel end linemuslingerne. Diameteren af lukkemusklen hos linemuslinger var signifikant større, når der var krabber til stede. Linemuslinger dannede signifikant tættere bankestruktur end bundmuslinger, hvilket blev mere tydeligt ved tilstedeværelsen af krabber.

Der kunne ikke ses en signifikant forskel i prædationsraten på bund- og linemuslinger.

Effektmålet er opfyldt.

### 13. Effektmål:

*”At estimere effekt af muslingebrug på omsætning af næringssalte og ilt i havbunden.”*

Optag og frigivelse af ilt og næringssalte blev målt ved et opdrætsanlæg på flere årstider og på flere anlæg på samme årstid. Generelt var der en tydelig effekt af opdrætsanlæg på sediments iltoptagelse og flukse af ammonium og fosfat fra sedimentet til vandfasen. Der var imidlertid forskelle mellem årstider og mellem anlæg. Forskellene mellem anlæg kan delvis være forårsaget af forskelle i produktionens størrelse.

Effektmålet er opfyldt

### 14. Effektmål:

*”At beregne omsætning af muslingefækalier i vandsøjlen under sedimentation.”*

Faldhastighed af muslingefækalier blev bestemt i laboratoriet og på baggrund af produktions- og strømforhold i Limfjorden blev det beregnet, at fækalierne opholder sig fra 10-70 minutter i vandsøjlen inden de når bunden. Iltoptag af enkelte muslingefækalier blev målt både i fækalier

suspenderet i vandfasen og for fækaliier sedimenteret til bunden. Der blev konstateret et sammenfald i fækaliernes indhold af kulstof og iltforbruget af den enkelte fækalie. Omsætningen af fækaliierne var langsommere i vandsøjlen end på sedimentet. Det viste sig ikke at være teknisk muligt at måle frigivelse af næringsalte fra enkelte fækaliier.

Effektmålet er delvist opfyldt.

### **15. Effektmål:**

*”At beregne sedimentation under muslingebrug.”*

Sedimentation blev målt ved et opdrætsanlæg på flere årstider og på flere anlæg på samme årstid. Generelt var der ingen effekt af opdrætsanlæg på den målte sedimentation hvad angår mængde eller det sedimenterende materiales indhold af kulstof, kvælstof eller fosfor. Den manglende effekt kan tilskrives den alment høje sedimentation i Limfjorden, som er et resultat af stor primærproduktion og høj grad af resuspension. Der kunne dog konstateres en signifikant effekt af opdrætsanlæg på antallet af fækaliier i det sedimenterende materiale. En simpel beregning viste, at selv de største målte mængder fækaliier i fælderne kun i begrænset omfang bidrager til den samlede sedimentation.

Effektmål opfyldt.

### **16. Effektmål:**

*”At estimere effekter af muslingebrug på bundfauna under brugene.”*

Der blev taget prøver på 6 opdrætsanlæg ved start af produktion i 2004/2005 og i 2007 på stationer under anlæggene og på tilhørende referencestationer. Bundfaunaen var på alle stationer karakteriseret ved få arter og et lavt antal individer. Der kunne for opdrætsanlæggene samlet konstateres en signifikant effekt på både antal arter og antal individer af opdræt af muslinger i vandsøjlen, idet faunaen i 2007 var fattigere under anlæggene sammenlignet med referencestationerne.

Effektmål opfyldt.

## Sammenfatning og perspektivering

Denne undersøgelse omfatter mange forskellige aspekter af produktion af muslinger. Et hovedfokus har været udvikling af nye produktionsformer i zonen mellem klassisk fiskeri på vildtlevende bestande og opdræt af muslinger på line med gennemførelse af hele processen i vandsøjlen. De undersøgte produktionsformer har været:

1. Brug af genudlægningsmateriale fra industrien, det vil sige strømpning af undermålere som efter sortering ellers ville blive genudlagt.
2. Udhængning af muslinger i strømper med lav kødprocent med henblik på at øge kødprocenten.
3. Udhængning af omplantningsmuslinger i strømper til slutvækst i vandsøjlen.
4. Udlægning af opdrætternes overskud af yngel på bunden i kulturbanker.

Tre af de undersøgte produktionsformer er variationer over samme tema, nemlig at øge muslingernes kvalitet ved at flytte dem fra bunden til vandsøjlen, men med udgangspunkt i traditionel fiskeriindsats og med kun en mindre del af produktionsperioden i vandfasen. Den sidste form tager udgangspunkt i lineproduktion, men fører muslingerne til slutvækst på bunden. Udnyttelse af muslinger frasorterede i industrien viste sig at være mindst succesfuld. Selvom overlevelse af denne type muslinger var forholdsvis høj på alle andre tidspunkter end om sommeren, indeholdt materialet så meget affald i form af byssus, tomme skaller m.m., at en sortering af materialet er nødvendig. Den mest effektive sorteringsform medførte en betydelig grad af beskadigelse og der var desuden et betydeligt tab fra strømperne. Som følge af den tilstand materialet har, når det forlader industrien, er det ikke sandsynligt med den nuværende teknologi, at dette kan blive en lønsom produktionsform. For de andre to produktionsformer, hvor muslingerne føres direkte fra fiskeriet til strømper uden at have passeret industrien, var resultaterne mere lovende. Begge gav overvejende positive resultater og kan blive attraktive, men det vil kræve udvikling af udstyr, specielt strøpemateriale, og yderligere udvikling af god produktionspraksis at gøre disse produktionsformer rentable. Vi anbefaler derfor igangsættelse af yderligere udviklingsarbejde. De umiddelbart mest succesfulde forsøg var udlægning på bunden af overskud af spat fra lineopdræt, som viste god overlevelse og vækst på bunden. Der er et stort skridt fra disse forsøg til en egentlig fuldskala produktion, men med erfaringer fra dette og et parallelt projekt om etablering af kulturbanker er der skabt et grundlag for etablering af denne produktionsform. Yderligere udvikling vil være nødvendig, og også her anbefaler vi igangsættelse af supplerende udviklingsarbejde.

Med de udfordringer, som i disse år rammer fiskeriet i form af nedgang i bestande, øgede krav fra miljømyndigheder i forbindelse med implementering af Miljømålsloven og stigende udenlandsk konkurrence, vil produktion af kvalitetsmuslinger på en bæredygtig måde være en vigtig konkurrenceparameter. Med de positive resultater for 3 af 4 nye produktionsformer, der peger i retning af netop øget produktkvalitet og bedre udnyttelse af ressourcerne med deraf følgende lavere påvirkning af miljøet, er der skabt grundlag for yderligere integration af produktionsformer og udvikling af det traditionelle fiskeri. Enten ved at flere fiskere går ind i opdrætserhvervet og derigennem tager vare på de ressourcer, der findes på bunden, eller ved at der etableres mere formaliseret samarbejde mellem opdrættere og fiskere.

Et andet hovedfokus i undersøgelserne var optimering af den nuværende produktionsform i lineopdræt. I projektet blev der arbejdet med forlængelse af yngelopsamling, udvidelse af strømpningsæson, anvendelse af dobbeltstrømper og nedsænkning af linerne til krabber. De gennemførte forsøg har haft fokus på en bedre udnyttelse af arbejdskraften i erhvervet, ved at sprede arbejdsopgaverne over en længere tidsperiode og på en forlængelse af høstperioden så erhvervet kan levere friske muslinger med den rette størrelse i en større del af året. Netop en bedre udnyttelse af den forholdsvis dyre arbejdskraft og en mere kontinuerlig forsyning til markedet er vigtig for en lønsom udvikling i erhvervet. Generelt viste forsøgene, at der er potentiale i at udvide sæsonen for både yngelopsamling og strømpning og at dobbeltstrømpning og nedsænkning til krabber kan være vigtige delelementer i en sådan strategi. Operationalisering af de opnåede resultater vil kræve yderligere udviklingsarbejde, men ikke mere end erhvervet selv kan gennemføre. Optimering af klassisk opdræt med kendt produktionspraksis ved nedsænkning og dobbeltstrømpning kan ligeledes anbefales. Det er vores vurdering, at disse resultater sammen med de resultater, der er opnået i et parallelt projekt om udvikling af nye opdrætsteknikker (Tørring og Petersen, 2008), kan danne grundlag for den konsolidering af opdrætserhvervet og forøgelse af produktionsvolumen, som er nødvendig for erhvervets overlevelse. Der vil i den nærmeste fremtid kun i begrænset omfang være behov for yderligere test og udvikling af opdrætsteknikker og metoder, idet det er vores opfattelse, at de senere års udviklingsprojekter omkring teknik, metoder og udstyr kan være basis for erhvervets konsolidering.

Endelig har der været gennemført omfattende undersøgelser af miljøeffekter af lineopdræt. Lineopdræt anses generelt for at være den mest miljøskånsomme produktionsmetode, og fortsat eller øget produktion af muslinger i Limfjorden har af regionale miljømyndigheder været knyttet til lineproduktion. Vores undersøgelser dokumenterer en betydelig, men meget lokal, effekt af lineopdræt i vandsøjlen. Sedimentets sammensætning, iltoptag og frigivelse af næringssalte påvirkes sammen med bundfaunaen alle negativt under brugene. Forsøgene viste endvidere, at med de generelle strømforhold og de normal vanddybder for opdrætsanlæggenes placering vil effekterne af opdræt i vandsøjlen være meget lokale og primært lige under brugene. Imidlertid har der i undersøgelsesperioden kun været drevet fuldskala opdræt i meget begrænset omfang. Ligeledes har det af samme årsag ikke været muligt at bedømme mulige additive effekter af mange anlæg i samme område. Det er derfor vores anbefaling, at der foretages supplerende undersøgelser på et senere tidspunkt, når der gennem en periode har været fuld udnyttelse af produktionskapaciteten og gerne på flere anlæg. Derimod viser undersøgelserne, at den nuværende strategi for opdrætternes egenkontrol næppe er hensigtsmæssig til dokumentation af effekter, specielt ikke med den nuværende produktionsvolumen. Det skal endvidere bemærkes, at undersøgelserne har fokuseret på effekter af muslingernes fækalier. Andre miljøeffekter som regenerering af næringssalte i vandsøjlen og stærkt forøget græsningstryk i vandsøjlen er ikke blevet belyst.



## 1. Udhængning af genudlægningsmuslinger fra industrien

Ved blåmuslingefiskeri er det tilladt at lande fangster med op til 30 % af muslingerne under mindstemålet (45mm). Disse landinger skal dog ske til virksomheder, som er i stand til at frasortere de små muslinger og genudlægge dem. Med en årlig produktion af genudlægningsmuslinger i industrien på ca. 11.000 t og med en relativ lav udnyttelse i form af genfangst på ca. 4.400 t (Kristensen, 2004) er der et stort potentiale for bedre udnyttelse af denne ressource. Tidligere forsøg (Kristensen, 1991) har vist, at årstid og især vandtemperatur kan have betydning for overlevelsen, men der findes kun sparsom dokumentation af effekten af den håndtering, som muslingerne udsættes for i perioden fra fangst over sortering til genudlægning (Kristensen, 1991). I de senere år er der gjort en betydelig indsats for at øge udbyttet af genudlægningen. Forbedrede genudlægningsmetoder og et øget fokus på at gøre håndteringen mere skånsom, kan derfor forventes at medføre en bedre udnyttelse af genudlægningsmaterialet.

Det er imidlertid også muligt, at genudlægningsmuslingerne kan anvendes til linedyrkning. Da det er alment kendt, at vækstforholdene er væsentligt bedre i vandsøjlen end på bunden, kan linedyrkning potentielt bidrage til en bedre udnyttelse af genudlægningsmaterialet. Denne metode kan yderligere højne kvaliteten af produktet og dermed skabe en merværdi.

Det overordnede formål med denne arbejdsopgave er at belyse mulighederne for at anvende undermålsmuslinger fra muslingefabrikkerne genudlægningsmateriale til linedyrkning i vandsøjlen. Herunder at vurdere mulige sorteringsmetoders egnethed til at adskille de levende muslinger fra det medfølgende skalmateriale. Yderligere er formålet at udføre forsøg med en konkret anvendelse af genudlægningsmuslinger til strømpning og udhængning på langlineanlæg.

### Undersøgelse af forskellige sorteringsmetoder

Genudlægningsmateriale er et produkt, som opstår efter industriens frasortering af de store konsummuslinger. Genudlægningsmaterialet indeholder herefter små muslinger samt en stor andel af skaller mm. (figur 1.1). Op til 50-60 % af genudlægningsmaterialet kan bestå af andet end levende muslinger (Kristensen, 2004). Det er derfor nødvendigt at foretage endnu en sortering af dette materiale, inden muslingerne kan udnyttes til dyrkning på liner.



**Figur 1.1.** Billedet til venstre viser genudlægningsmaterialet fra industrien inden sortering i DSC's sorteringsanlæg. Billedet til højre viser de producerede strømper og her ses det, at der selv efter sortering er en lille mængde tomme skaller i strømperne.

Den bedst egnede sorteringsmetode til adskillelse af blåmuslinger og skalaffald blev undersøgt ved forskellige frasorteringsforsøg. Der blev i alt undersøgt 2 forskellige sorteringsmetoder:

- opdriftssortering i havvand og højsalint vand
- traditionel tromlesortering

Forsøgene bestod af en lang række praktiske småforsøg, hvor der blev foretaget sorteringer af mindre partier genudlægningsmateriale fra industrien. Forsøgene blev bedømt kvalitativt, da formålet med undersøgelserne var at vurdere sorteringsmetodernes anvendelighed, virkemåde og potentiale for opskalering til kommerciel skala. Der er derfor ikke foretaget kvantitative opgørelser af sorteringsresultaterne.

### Opdriftssortering i havvand

Det er kendt, at muslinger, der har været tørlagt en periode, kan tabe en vis mængde vand fra kappehulen. Dette vand bliver erstattet med luft, og muslingerne vil derfor, i modsætning til skalaffald, flyde på vandet. Et tilsvarende princip gør sig gældende for anvendelse af højsalint vand, der øger vandets massefylde og dermed øger opdriften af de levende muslinger i vandet.

For begge varianter af opdriftssortering blev det konkluderet, at dels er processen meget tidkrævende, dels består en meget stor del af det frasorterede bundmateriale af andet end levende muslinger. De levende muslinger fæster sig i stor stil til skaller og sten, hvilket gør sorteringen meget vanskelig. Selvom de levende muslinger er luftfyldte, eller har lavere massefylde end det højsaline vand, bliver de tynget ned af den øgede vægt som skalmaterialet og stenene udgør. Begge varianter af opdriftssortering blev derfor vurderet som værende uegnede til adskillelse af levende muslinger fra skalmateriale.

### Traditionel declumpning og sorteringstromle

Metoden er almindeligt anvendt ved traditionelt muslingeopdræt, og anlægget består af en knivadskiller samt en sorteringstromle, der sorterer muslingerne i forskellige størrelseskategorier

(figur 1.2). Skaller og andet materiale bliver frasorteret ved tromlens mindste frasorteringsafsnit, og muslingerne frasorteres som én eller flere sorteringer senere i tromlen. I bilag A er der givet en mere detaljeret gennemgang af sorteringstromlen. Metoden blev vurderet til at være effektiv, men ikke specielt skånsom. Declumpning med knivadskiller bevirkede, at en stor andel af muslingerne blev beskadigede.



**Figur 1.2.** Knivadskiller med efterfølgende sorteringstromle.

## Sammenfatning

Af de afprøvede metoder havde kun den traditionelle declumpning med sorteringstromle tilstrækkelig effektivitet som sorteringsmetode. Denne metode var dog samtidigt den mindst skånsomme metode, da knivadskilleren beskadigede en ikke ubetydelig del af muslingerne. Da beskadigede muslinger kan forventes at have en højere dødelighed end intakte muslinger, og samtidig påvirke overlevelsen af de resterende muslinger vil en høj andel af beskadigede muslinger have negative konsekvenser for produktionens rentabilitet. Der bør derfor udvikles en mere skånsom metode til sortering af genudlægningsmaterialet, hvis det skal anvendes som råmateriale til lineopdræt. I mangel af bedre blev den traditionelle declumpning med efterfølgende sortering valgt som sorteringsmetode i det videre arbejde, da denne metode var den mest effektive af de tre testede.

## Overlevelsesforsøg

Inden udførelsen af storskala udhægningsforsøg i fjorden, blev der udført kontrollerede overlevelsesforsøg på Dansk Skaldyrcenter. Undersøgelserne skulle vise, hvor stor en skadepåvirkning der var af den valgte sorteringsmetode, samt belyse hvorvidt strømpningstidspunkt havde betydning for genudlægningsmuslingernes overlevelse. Undersøgelsen skulle yderligere give et fingerpeg om bundmuslingernes overlevelsessevne sammenlignet med opdrættede linemuslinger.

Der blev udført tre overlevelsesforsøg:

- Et forårsforsøg (21/3 2006)
- Et sommerforsøg (8/6 2006)
- Et efterårs-/vinterforsøg (15/11 2006)

Overlevelsesforsøgene blev udført i upwellingbeholdere (figur 1.3) udstyret med en løbende forsyning af fjordvand, hvorved der sikres hurtig vandudskiftning og temperatur og fødegrundlag i upwellingbeholderne i det naturligt fjordvand. Forsøget blev udført på triplikater á 100 muslinger fra genudlægningsmaterialet. Som kontrolgruppe blev anvendt linemuslinger, som nænsomt blev taget af strømperne, og derfor ikke blev udsat for samme behandling som muslingerne fra genudlægningsmaterialet. Kontrolforsøgene blev ligeledes udført på triplikater á 100 muslinger. Forsøget løb over 7 døgn og overlevelsen blev løbende registreret. Hvis muslingen ikke lukkede sig ved fysisk forstyrrelse, blev den registreret som død og fjernet fra forsøgsbeholderen.



**Figur 1.3.** Billedet til venstre viser hallen med karrene til upwellingbeholderne. Billedet til højre viser muslinger placeret i en upwelling-beholder til overlevelsesforsøg.

Overlevelsesforsøgene viste en generel høj grad af overlevelse og i særdeleshed var der høj overlevelse af genudlægningsmuslinger udtaget før sortering (tabel 1.1). Der var således i forsøget d. 8/6 2006 en signifikant lavere overlevelse hos de muslinger som blev underkastet declumping med knivadskiller og efterfølgende sortering (t-test,  $P=0,006$ ). De to andre forsøg viste ingen signifikante forskelle.

**Tabel 1.1.** Overlevelse i % for forskellig type muslinger og sorteringsmetode samt tidspunkt for forsøget. En vandret streg angiver at kategorien ikke indgik i det konkrete forsøg.

	21/3-06	8/6-06	15/11-06
Genudlægningsmuslinger	97	95	99
Linemuslinger, håndsorteret	100	100	100
Genudlægningsmuslinger efter sortering med sorteringstromle	-	84	97
Linemuslinger efter sortering med sorteringstromle	-	-	99

## Sammenfatning

I alle overlevelsesforsøgene var der en lavere overlevelse af genudlægningsmuslingerne end af linemuslingerne i kontrolgruppen. Genudlægningsmuslingerne var således generelt mere sårbare end linemuslingerne, hvilket formentligt alene skyldtes forskellene i fangst- og opbevaringsmetoder. Overlevelsen var lavest i sommerforsøget, hvor højere temperaturer stressede muslingerne yderligere og dermed medførte en lavere overlevelse. For de genudlægningsmuslinger, som blev underkastet en declumping med knivadskiller og efterfølgende sortering i sorteretromle, blev der observeret en lavere overlevelse. Der var derfor en klar indikation af, at knivadskiller og

sorteringstromle påførte muslingerne kritiske skader. Det samme fald i overlevelse genfandtes ikke i vinterforsøget, og dette underbygger teorien om, at der i sommerperioden kan være en større stressfaktor for muslingerne på grund af højere temperaturer og at en sortering dermed mindsker overlevelsen.

## Udhængning af genudlægningsmuslinger

For at undersøge om genudlægningsmaterialet fra industriens sortering kan anvendes i lineopdræt, blev der gennemført en række forsøg med frasorterede muslinger som råmateriale til lineopdræt i strømper.

## Materialer og metoder

Genudlægningsmateriale fra industrien blev afhentet i plastikkar med ca. 350 kg genudlægningsmateriale i hver. Inden afhentning var genudlægningsmaterialet kørt igennem industriens sorteringsanlæg, hvor de store konsummuslinger var blevet frasorteret. Materialet blev ved hver forsøgsgang afhentet umiddelbart efter denne sortering. Tidsperioden, fra muslingerne blev landet af fiskerne til industriens sortering, varierede fra 1- 24 timer.

For at undersøge kvaliteten af materialet blev der udtaget spandeprover efter forskriften i bilag B. I de tilfælde hvor kvaliteten af genudlægningsmaterialet var tilfredsstillende, blev materialet kørt igennem sorteringstromlen, hvorefter der, alt efter mængde, blev produceret mellem 7 og 26 strømper til udhængning i fjorden. Der blev, så vidt muligt, arbejdet med to forskellige sorteringsstørrelser pr. prøvegang, og der blev produceret strømper med såvel små muslinger (sortering A – ribbeafstand på 1,6 cm, svarende til muslinger med længder på 28,8-36,2 mm) som store muslinger (sortering B - fra enden af sortertromlen, svarende til muslinger over 36,2 mm). Inden udhængning blev der foretaget en opgørelse af antal, mængde, størrelse og kødprocent af de udhængte muslinger som foreskrevet ved en udvidet strømpeprøve (bilag B). Prøvetagningen blev gentaget en måned efter udhængning, samt ved forsøgets afslutning når muslingerne havde nået konsumstørrelse. Ved den afsluttende prøvetagning blev mængden af muslinger kun bestemt som nettoudbytte, det vil sige for muslinger med en skallængde større end 45 mm. Alle strømper i alle delforsøg blev udhængt på DSC's opdrætsområde i Lysen Bredning (Bilag C).

Der blev i alt hentet genudlægningsmateriale fra industrien fjorten gange. Materialet var meget svingende i kvalitet, og det var derfor ikke muligt at producere et tilstrækkeligt antal strømper til forsøg i alle tilfælde. Der blev derfor kun udhængt strømper med genudlægningsmateriale 8 gange i løbet af forsøgsperioden, som løb fra den 27/9 2005 til den 13/12 2006. Udhængningerne var jævnt fordelt henover efteråret 2005 samt foråret, sommeren og vinteren 2006. I 6 tilfælde var der tilstrækkeligt materiale til at foretage udhængning af begge sorteringer. Der var således i alt 14 delforsøg (tabel 1.2).

**Tabel 1.2.** Start og sluttidspunkt for udhængning, samt sorteringsstørrelse for udhængning af genudlægningsmuslinger fra industrien. I delforsøg 3 var udhængningsmaterialet en blanding af sortering A og B.

Forsøgsnummer	Start	Afslutning	Sortering nr.	Dage i fjorden
1	27/9 2005	9/6 2006	A	255
2	27/9 2005	9/6 2006	B	255
3	4/11 2005	9/6 2006	A+B	217
4	23/3 2006	9/6 2006	A	78
5	23/3 2006	9/6 2006	B	78
6	8/6 2006	23/4 2007	A	319
7	8/6 2006	23/4 2007	B	319
8	16/11 2006	18/6 2007	A	214
9	16/11 2006	18/6 2007	B	214
10	24/11 2006	18/6 2007	A	206
11	5/12 2006	18/6 2007	A	195
12	5/12 2006	18/6 2007	B	195
13	13/12 2006	18/6 2007	A	187
14	13/12 2006	18/6 2007	B	187

## Resultater

Tabel 1.3 viser antallet af levende muslinger ved start, efter en måned og ved afslutning af de 14 forskellige delforsøg. Som det fremgår af tabel 1.3, var der i alle delforsøg et fald i antallet af muslinger fra udhængningsperiodens start til dens slutning. Antallet var signifikant forskellig fra start til slut for de fleste udhængninger med 24/11 2006, 5/12 2006 B, 13/12 2006 A og 13/12 2006 B som undtagelser (ANOVA, Bonferroni,  $P > 0,05$ ). På enkelte tidspunkter var der flere muslinger i prøven taget efter en måned end ved udhængningen., hvilket er et udtryk for variationen mellem strømper ved strømpningen af et meget uhomogent råmateriale. Der var i alle tilfælde et relativt større tab af mindre muslinger (sortering A) sammenlignet med større muslinger (sortering B). Der var en betydelig andel af tomme skaller i strømperne. Denne andel steg fra første til sidste prøvetagning og reduktionen i antallet af muslinger er derfor ikke udelukkende et resultat af tab fra strømperne, men skyldes også dødelighed i løbet af forsøget.

**Tabel 1.3.** Antal levende muslinger pr. m strømpe for forskellige tidspunkter for udhængning samt den relative tilbageholdelse af muslingerne over hele udhængningsperioden.

Nummer	Startdato	Antal af muslinger pr. meter ved forsøgsstart	Antal af muslinger pr. meter ved prøvetagning efter 1 måned	Antal af muslinger pr. meter ved afslutning af forsøget	Procentvis tilbageholdelse af muslinger i forsøgsperioden
1	27/9 2005 A	400	234	97	24
2	27/9 2005 B	242	144	128	53
3	4/11 2005 A+B	448	-	250	56
4	23/3 2006 A	442	242	258	58
5	23/3 2006 B	326	166	198	61
6	8/6 2006 A	320	144	126	39
7	8/6 2006 B	140	120	64	46
8	16/11 2006 A	346	278	186	54
9	16/11 2006 B	300	232	164	55
10	24/11 2006 A	296	326	222	75
11	5/12 2006 A	269	215	197	73
12	5/12 2006 B	260	278	222	85
13	13/12 2006 A	321	270	232	72
14	13/12 2006 B	286	356	211	74

I flere tilfælde faldt muslingebiomassen fra forsøgsstart til prøvetagningen efter en måned, men steg i de fleste tilfælde efterfølgende i den sidste del af vækstperioden, hvilket indikerer en betydelig individuel vækst hos de tilbageværende muslinger. Som det fremgår af tabel 1.4 varierede udbyttet fra ca. 1 kg til over 4 kg muslinger pr. m strøpemateriale.

**Tabel 1.4.** Biomasse af levende muslinger pr. m strømpe til forskellig tid i fjorden og for forskellige udhængningsdatoer. I opgørelsen ved afslutningen af forsøget er kun medtaget muslinger med en skallængde på 45 mm eller derover.

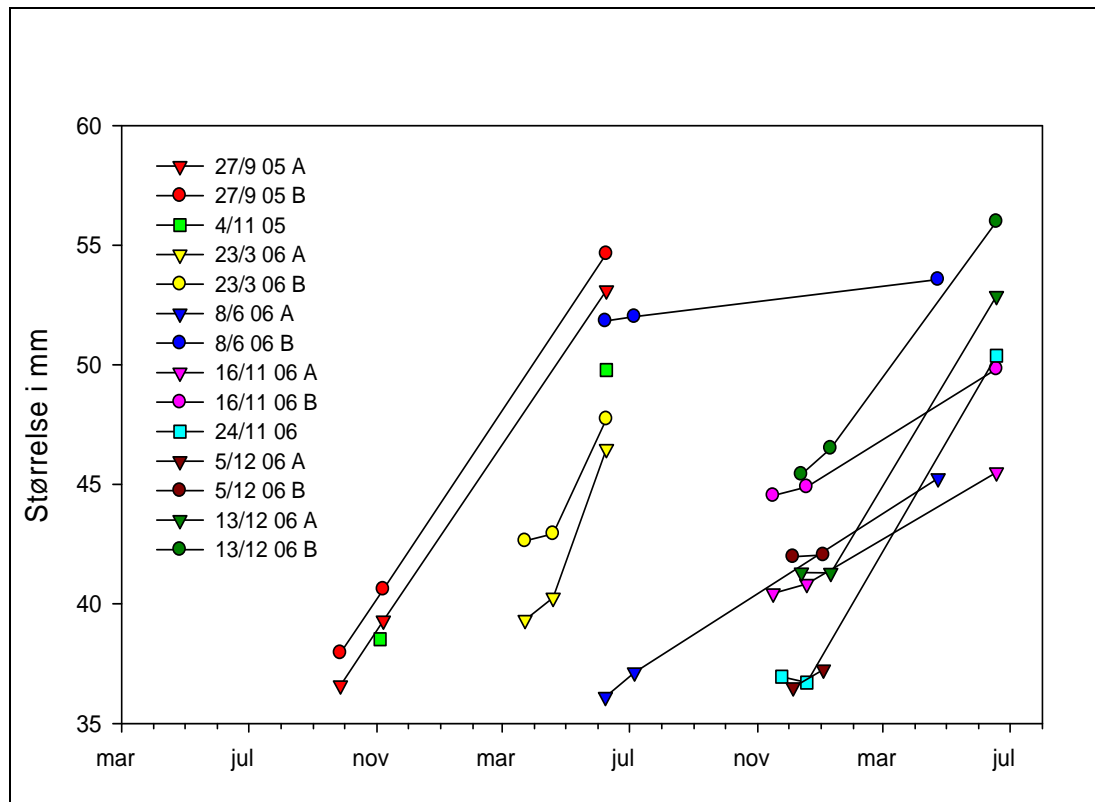
Nummer	Startdato	Startvægt (kg pr. m)	Vægt efter 1 måned (kg pr. m)	Vægt ved afslutning af forsøg (kg pr. m)
1	27/9 2005	1,66	1,24	1,69
2	27/9 2005	1,17	0,93	2,10
3	4/11 2005	2,47	-	3,17
4	23/3 2006	2,14	1,44	2,44
5	23/3 2006	1,92	1,28	2,16
6	8/6 2006	1,13	0,77	1,39
7	8/6 2006	1,67	1,65	1,07
8	16/11 2006	2,21	1,78	2,95
9	16/11 2006	2,49	1,87	3,07
10	24/11 2006	1,18	1,56	3,47
11	5/12 2006	1,07	1,12	2,80
12	5/12 2006	1,59	2,19	3,89
13	13/12 2006	1,87	1,75	4,36
14	13/12 2006	2,12	3,11	4,48

Som det fremgår af tabel 1.5 og figur 1.4, voksede muslingerne i alle prøveudhængningerne. Der var signifikant forskel i middellængde ved forsøgsstart sammenlignet med afslutningen for alle udhængninger undtagen 8/6 2006 (Kruskal-Wallis,  $P=0,280$ ), som var en udhængning af store muslinger (sortering B). Generelt var længdeforøgelsen af de store muslinger (sortering B) i forsøget dog ikke væsentligt forskellige fra længdeforøgelsen af de mindre muslinger (sortering A). For de fleste af prøverne var der en vis lag-fase efter udhængningen. Dette manifesterede sig ved en lavere væksthastighed i den første måned efter udhængning end i resten af forsøgsperioden.

**Tabel 1.5.** Middellængde af levende muslinger til forskellig tid i fjorden og for forskellige tidspunkter for udhængning.

Nummer	Startdato	Længde af muslinger ved forsøgsstart	Længde af muslinger efter 1 måned	Længde af muslinger ved afslutning af forsøg
1	27/9 2005	36,59	39,31	53,11
2	27/9 2005	37,95	40,61	54,64
3	4/11 2005	38,53	-	49,78
4	23/3 2006	39,33	40,26	46,48
5	23/3 2006	42,63	42,93	47,73
6	8/6 2006	36,11	37,14	45,25
7	8/6 2006	51,84	52,01	53,56
8	16/11 2006	40,44	40,84	45,50
9	16/11 2006	44,53	44,89	49,82
10	24/11 2006	36,95	36,71	50,38
11	5/12 2006	36,51	37,25	-
12	5/12 2006	41,97	42,04	-
13	13/12 2006	41,31	41,30	52,88
14	13/12 2006	45,42	46,50	55,99





**Figur 1.4** Middel længde af levende muslinger som funktion af udhængningstidspunkt og tid i fjorden. Bemærk at muslingerne i prøve nummer 7 og 14 allerede var store nok til konsum ved udhængning.

Køindholdet af muslingerne er i tabel 1.6 opgjort både som et relativt køindhold (kødprocent) og absolut størrelse af kødklumpen. I alle delforsøg var der ændringer i det relative køindhold. Denne ændring var procentvis ikke så høj som ændringer af den absolutte størrelse af kødklumpen (tabel 1.6). I de delforsøg hvor muslingernes absolutte køindhold på udhængningstidspunktet var ca. 1 g eller derunder, skete der en fordobling eller mere over forsøgsperioden. I de delforsøg hvor muslingernes absolutte køindhold på udhængningstidspunktet var omkring 2 g, skete der kun små ændringer i køindholdet i enten positiv eller negativ retning.

**Tabel 1.6.** Kødtype og absolut vægt af kødklumpen (bløddelene) af levende muslinger til forskellig tid i fjorden og for forskellige udhængningstidspunkter.

Nr.	Startdato	Kød% start	Kød% slut	Ændring i kødtype	Kødklump start (g)	Kødklump slut (g)	Ændring i kødklump
1	27/9 2005	15,0	18,52	3,52	2,30	2,75	0,45
2	27/9 2005	15,0	13,45	-1,55	2,30	1,93	-0,37
3	4/11 2005	17,1	19,81	2,71	2,00	2,28	0,28
4	23/3 2006	25,6	21,68	-3,92	2,40	2,11	-0,29
5	23/3 2006	25,6	23,43	-2,17	2,40	2,12	-0,28
6	8/6 2006	24,4	20,76	-3,67	0,81	2,16	1,35
7	8/6 2006	19,1	14,82	-4,30	2,13	2,72	0,59
8	16/11 2006	18,8	20,62	1,84	0,83	1,94	1,11
9	16/11 2006	20,4	27,37	6,99	1,12	2,97	1,84
10	24/11 2006	20,5	20,25	-0,20	0,78	2,67	1,88
11	5/12 2006	17,2	-	-	0,65	-	-
12	5/12 2006	17,9	-	-	0,99	-	-
13	13/12 2006	14,7	18,64	3,95	0,80	2,73	1,93
14	13/12 2006	18,1	20,19	2,14	1,18	3,43	2,25

## Diskussion

Et af de væsentligste problemer ved strømpning af genudlægningsmateriale var materialets uensartethed og store mængde af tomme skaller og ikke levedygtig muslinger også efter sorteringen. Det gjorde det vanskeligt at fremstille optimale strømper med ca. 600-800 jævnt pakkede muslinger pr. Meter af nogenlunde ens størrelse. Forekomst af enkelte meget store muslinger kan desuden have påvirket dødeligheden, hvis disse muslinger ikke har formået at bevæge sig ud til strøpematerialets yderside og er blevet fanget ind i strømpen. En anden afgørende faktor er muslingernes almene tilstand ved udhængningen. Når muslingerne har stået længe i containere, evt. ved høje temperaturer, svækkes de og der blev observeret særlig stor dødelighed i de øverste lag af muslinger i containere, der har været anbragt i solen.

Der blev i ingen af de 14 delforsøg opnået udbytter på niveau med det, der normalt ses i forbindelse med opdræt af linemuslinger. Udbyttet fra genudlægningsforsøgene var i gennemsnit ca. det halve af udbyttet ved almindeligt lineopdræt af muslinger. Der var ikke et entydigt mønster for betydning af strømpningstidspunktet for udbyttet, dog var der generelt bedre udbytte for strømpning i november eller december måned, hvorimod strømpningen i den varme årstid generelt gav lavest udbytter. Lave udbytter ved strømpning om sommeren skyldes bl.a. ringere overlevelse som dokumenteret i overlevelsesforsøgene. Øget stofskifte ved højere temperaturer og gonadeudvikling/gydning kan være årsager til, at muslingerne er svækkede om sommeren.

Den væsentligste årsag til de lave udbytter er den store reduktion i antal muslinger i strømperne i løbet af forsøgsperioden, både i form af muslinger der blev tabt og i form af øget dødelighed af de tilbageværende muslinger. Den individuelle vækst af muslingerne var nemlig som forventet og muslingerne opnåede konsumstørrelse svarende til vækst hos linemuslinger. Tilfredsstillende vækst hos de overlevende muslinger kunne konstateres for både længde og størrelse af kødklumpen og

eneste undtagelser var for muslinger, der var store allerede på udhængningstidspunktet. Denne forskel kan både skyldes naturlig forskel i vækst mellem store og små muslinger og kan indikere, at små muslinger bedre end store muslinger evner at tilpasse sig nye livsbetingelser.

Tabet af muslinger fra strømperne er betinget af to faktorer: Muslingerne formår ikke af hæfte sig i tilstrækkelig grad og dødeligheden er høj. Det meget uensartede materiale, den hårde behandling fra muslingerne er blevet skrabet af bunden, over transport fra fiskefartøjet til fabrikken og efterfølgende opbevaring og sortering på fabrikken til de sidste processer med yderligere sortering og strømpning vil givetvis påvirke dødeligheden af muslingerne. Men det fortsat høje indhold af tomme skaller og andet affald også efter sidste sortering før strømpning vil givetvis også påvirke muslingernes mulighed for solid fasthæftning og mobilitet i strømperne. Endelig kan det valgt strøpemateriale for enkelte af de største muslinger have været uegnet og forhindret, at de har kunnet kravle ud på ydersiden af strømperne.

## Konklusion

Disse undersøgelser har vist at udnyttelse af genudlægningsmuslinger til linedyrkning med nuværende kvalitet af udgangsmateriale og sorteringsmetode ikke kan gennemføres med tilfredsstillende udbytteresultater. Det er i dag ikke muligt at sortere genudlægningsmaterialet tilstrækkeligt fint og skånsomt. Det lave udbytte står ikke mål med tiden brugt på sortering samt tiden brugt på tilsyn af strømperne i den lange udhængningsperiode. Der skal således tages højde for, at det afhængigt af årstiden og muslingernes størrelse på udhængningstidspunktet kan tage fra 2 måneder til 1 år at udvikle genudlægningsmuslinger til konsummuslinger. For at denne produktionsmetode kan blive rentabel vil det som minimum kræve en bedre og mere skånsom sortering af udgangsmaterialet.

## 2. Lineopdræt af bundmuslinger med lavt kødindhold

Ved fiskeri efter bundmuslinger er der i visse områder og i visse perioder af året et relativt lavt kødindhold i de fiskede muslinger. Det betyder at det ikke er rentabelt at lande muslingerne til trods for, at der er tale om muslinger i konsumstørrelse. Lavt kødindhold er som regel udtryk for dårlige vækstbetingelser i form af ringe fødetilgængelighed eller højt stressniveau, fx i form af iltsvind. Et højere kødindhold kan opnås ved at omplante muslingerne til andre områder med bedre forhold, som beskrevet i et parallelt projekt om udvikling af kulturbanker (Dolmer *et al.* 2007). Alternativt kan de fiskede muslinger indgå i produktionen på et lineopdrætsanlæg. I lineopdræt er væksthastigheden større end hos bundmuslinger og linemuslingerne har endvidere ofte et højere kødindhold end muslinger, der lever på bunden. Den hurtige vækst og det høje kødindhold skyldes den generelt bedre fødetilgængelighed og fraværet af iltsvind i vandfasen. Hvis bundmuslinger med lavt kødindhold strømpes og udhænges på et lineanlæg vil den høje fødetilgængelighed i vandsøjlen derfor kunne antages at bevirke en hurtig forøgelse af kødindholdet.

Formålet med projektet var at undersøge, om det er muligt at øge kødindholdet hos bundmuslinger med lavt kødindhold ved udhængning på opdrætsliner i vandfasen. Der blev gennemført 3 forsøg, hvor bundmuslinger blev strømpet og hængt ud på et muslingeopdrætsanlæg. Under udhængningen blev der jævnlige udtaget prøver for at følge udviklingen i primært kødindhold og biomasse af muslinger. Undersøgelserne blev indledt med en forundersøgelse af forskellige skraberedskabers egnethed med henblik på at finde en hensigtsmæssig opfiskningsmetode af bundmuslingerne til forsøget.

### Prøvefiskeri og pilotprojekt

I 2005 blev der gennemført en forundersøgelse, som bestod af et forsøgsfiskeri med tre forskellige skraberedskaber (1 + 2 meter muslingeskraber og østersskraber). Forundersøgelsen havde til formål at klarlægge om opfiskningsmetoden har indflydelse på kvaliteten af muslingerne som produktionsmateriale. Herunder blev det undersøgt hvilke effekter fiskeriet og den efterfølgende sorteringsproces måtte have på muslingernes korttidsoverlevelse. Forundersøgelsen er afrapporteret i bilag D. På baggrund af undersøgelserne blev det konkluderet, at muslinger til langlinedyrkning kan opfiskes hensigtsmæssigt med de undersøgte skraber, og at valg af skraber ikke har indflydelse på muslingens vækst eller overlevelse efter udhængning i strømper på opdrætsliner.

### Materialer og metoder

Muslinger til forsøgene blev opfisket med muslingeskraber fra produktionsområde 24, 26 eller 38 og blev hentet direkte ude ved fiskefartøjet. Muslingerne blev efterfølgende sorteret på én af 2 forskellige sorteringsmaskiner: Canadisk tromlesorterer (Can-sorterer) med knivadskiller hos Dansk Skaldyrcenter og kloakrørssorterer (KR) med adskiller af gummifingertypen. Begge maskiner er beskrevet nærmere i bilag A.

Muslingerne blev strømpet som ved almindelig lineopdræt og er nærmere beskrevet i ”Blåmuslingeprojekt fase II” (Tørring og Petersen, 2005). I dette forsøg var muslingerne dog større end de muslinger, der normalt bruges til strømpning. Normalt anvendes muslinger på omkring 25

mm, der kommes i en strømpe af en passende størrelse, så den kan rumme mellem 600 og 800 muslinger pr. meter strømpe. Da det i dette forsøg ikke var muligt at benytte strømper, som var tilstrækkeligt store i forhold til den anvendte muslingestørrelse, blev antallet af muslinger pr. meter strømpe derfor lavere end ved normal strømpning af linemuslinger. Muslinger fra Can-sorteringen blev strømpet i enkelthængende canadiske strømper (Can-enkelt), mens muslinger fra KR-sorteringen blev strømpet i enten enkelthængende (KR-enkelt) eller kontinuerede strømper (KR-kontinueret). Sidstnævnte med en kerne af kokostov. Detaljerede beskrivelser af de omtalte strømpetyper findes i bilag A.

Efter sortering blev strømperne hængt ud på en opdrætsline i DSC's opdrætsområde i Lysen Bredning (området er beskrevet i bilag C), der var reserveret til forsøgene, så de forskellige forsøgsstrømper kunne komme til at hænge på den samme line, og dermed være underlagt de samme dyrkningsforhold. Der blev i alt gennemført 3 forsøg. I tabel 2.1 ses en oversigt over de tre forsøg med angivelse af starttidspunkt, sorteringstype og valg af strømpemateriale.

Ved alle forsøg blev der udtaget prøver med henblik på at følge udviklingen i biomasse, antal muslinger, kødindhold, kødprocent og størrelse. Prøvetagningen bestod i alle tilfælde af tripplikater af hvert udhængsmedie. Prøverne blev oparbejdet efter retningslinierne for en standard strømpprocedure, som findes beskrevet i bilag B, og derudover blev der udført en kogeprøve, som findes beskrevet i bilag B.

**Tabel 2.1.** Oversigt over de 4 forskellige forsøg med opstartsdate, sorteringstype, strømpetyper og antallet af prøvetagninger. Hvert forsøg sluttede ca. samtidig med at det næste startede.

Forsøg	Start	Sortering	Strømpetype	Prøvetagninger inkl. startprøve
1	30-08-2006	Can-sortering 3 Can-sortering 4	8 XXL enkeltstrømpe 8 XXL enkeltstrømpe	5
2	23-03-2007	Can-sortering 4 KR-sortering KR-sortering	8 XXL enkeltstrømpe 8 XXL enkeltstrømpe Kontinuerlig Kokosreb	4
3	28-06-2007	Can-sortering 3 KR-sortering KR-sortering	8 XXL enkeltstrømpe 8 XXL enkeltstrømpe Kontinuerlig Kokosreb	3

## Resultater

Da muslingerne til de 3 forsøg blev sorteret på forskellig vis og i forskellige sorteringsmaskiner, blev der anvendt forskellige muslingestørrelser i de respektive forsøg. Forsøgene er derfor ikke direkte sammenlignelige og resultaterne for de forskellige forsøg vil derfor blive behandlet særskilt.

### Forsøg 1

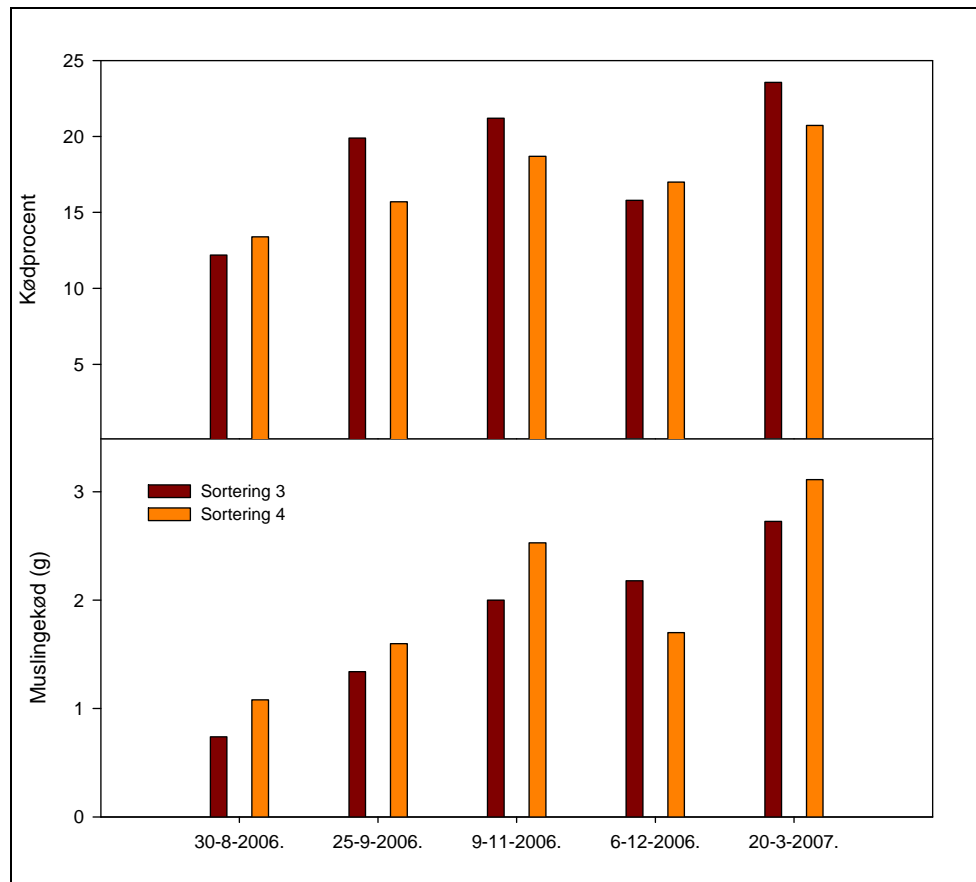
Dette forsøg blev startet i august 2006 og blev afsluttet og løb frem til marts 2007, med muslinger sorteret og strømpet hos DSC (Can-sortering 3 og 4). Både kødprocenten og den absolutte vægt af muslingernes bløddel steg fra start til slutningen af forsøgsperioden i begge sorteringer (tabel 2.2 og figur 2.1). Kødindholdet pr. musling var generelt større i muslinger fra Can-sortering 4, men

disse muslinger var også større ved forsøgets start. For både Can-sortering 3 og 4 steg kødindholdet med omkring 2 gram pr. musling i løbet af prøvetagningsperioden. Væksten i størrelsen af kødklumpen blev også afspejlet i længdevæksten, idet den gennemsnitlige skallængde steg signifikant for begge sorteringer fra start til afslutningen af forsøget (3+4, ANOVA, Bonferroni,  $P < 0,001$ ). Hos muslingerne i begge sorteringer var der en lavere væksthastighed i den første måned af forsøgsperioden end i den øvrige del af perioden.

**Tabel 2.2.** Gennemsnitlig ( $\pm$  S.D) antal og vægt (i kg) pr meter strømpe samt længde, kødprocent og kødindhold (i g) af individuelle muslinger i forsøg 1.

Prøvetagning	Sortering	Antal pr m	Vægt (kg) pr m	Længde (mm)	Kødprocent	Kødindhold (g)
30-8-2006.	3	452 $\pm$ 21	-	41,5 $\pm$ 4,3	12,2	0,74
25-9-2006.	3	446 $\pm$ 32	3,01 $\pm$ 0,23	41,1 $\pm$ 3,5	19,9	1,34
9-11-2006.	3	378 $\pm$ 30	3,44 $\pm$ 0,24	-	21,2	2,00
6-12-2006.	3	487 $\pm$ 47	4,69 $\pm$ 0,44	46,3 $\pm$ 4,2	15,8	2,18
20-3-2007.	3	279 $\pm$ 54	3,72 $\pm$ 0,51	49,5 $\pm$ 4,6	23,6	2,73
30-8-2006.	4	301 $\pm$ 21	-	45,8 $\pm$ 3,9	13,4	1,08
25-9-2006.	4	339 $\pm$ 34	3,57 $\pm$ 0,35	45,7 $\pm$ 3,5	15,7	1,60
9-11-2006.	4	280 $\pm$ 43	3,43 $\pm$ 0,44	-	18,7	2,53
6-12-2006.	4	291 $\pm$ 15	3,95 $\pm$ 0,16	50,9 $\pm$ 3,6	17,0	1,70
20-3-2007.	4	345 $\pm$ 31	4,00 $\pm$ 0,51	52,7 $\pm$ 4,7	20,7	3,11

Da der blev anvendt den samme strømpestørrelse til begge sorteringer, var antallet af muslinger pr. meter udhængningsmateriale størst i strømperne med de mindste muslinger (Can-sortering 3). For Can-sortering 3 var der et signifikant fald i antallet af muslinger fra starten til slut (ANOVA, Bonferroni,  $P = 0,003$ ), men dette fald blev primært konstateret i sidste prøvetagning. Der blev ikke observeret et fald i antallet ved sortering 4. Udbyttet, målt som kg pr meter strømpe, steg i takt med, at kødindholdet steg for de strømper, hvor antallet af muslinger ikke faldt, men stigningen var ikke statistisk signifikant.



**Figur 2.1.** Den tidlige udvikling i muslingernes kødindhold for de 2 sorteringer udtrykt som kødprocent (øverst) og som mængden af muslingekød pr. musling (nederst).

Samlet viste dette forsøg tydeligt produktionsmetodens potentiale. Således skete der hos muslingerne i begge sorteringer ca. en tredobling af vægten af muslingernes bløddede over forsøgsperiodens forløb på ca. 7 måneder, hvoraf hovedparten var om vinteren. Udover en generel tilvækst hos muslingerne, steg kødprocenten også signifikant. Resultaterne for udbytte var mere variabelt. For Can-sortering 3 var der ikke nogen signifikant forandring af biomassen, hvilket er et resultat af en kombination af nedgang i antal muslinger og stigning i den individuelle størrelse/vægt af muslingerne. Muslingernes individuelle vækst kunne altså kompensere for faldet i antal, men dette fald i antal skete i slutningen af forsøget og kunne måske have været undgået ved mere intensiv overvågning af linerne. For Can-sortering 4 var der heller ikke en signifikant stigning i udbyttet, men her var der en tilbageholdelse af muslinger på strømperne, så det ikke skete et fald i antal muslinger. I samme periode voksede muslinger signifikant og kødindholdet steg også. Den manglende målbare forøgelse i udbytte skyldes sandsynligvis, at muslingerne dels var store ved udhængstidspunktet. Det medfører, at selv betydelige forøgelser af kødklumpens størrelse vil være sværere at detektere, fordi skallen vejer meget og udgør en væsentlig del af den samlede vægt. Udbyttet var dog for begge sorteringer på et acceptabelt niveau set i forhold til ”normale” linemuslinger, hvor 5 kg pr. meter anses for et godt resultat.

## Forsøg 2

Forsøg 2 blev udført fra marts til september 2007. I dette forsøg blev der sorteret med forskelligt udstyr og anvendt forskellige strømpe typer. Det gav mulighed for at undersøge om det forskellige udstyr ville have indflydelse på resultatet. Kødprocenten ændrede sig ikke væsentligt gennem størstedelen af forsøget, men var på tidspunktet for sidste prøvetagning faldet for alle tre sorteringer af muslinger (tabel 2.3 og figur 2.2). Kødindholdet steg derimod jævnt i den første del af forsøgsperioden, men var ligesom kødprocenten faldet i alle tre strømpe typer på tidspunktet for sidste prøvetagning. Som for kødindhold, var der også for længde en signifikant forøgelse fra start til slut (ANOVA, Bonferroni; Can-enkelt & KR-enkelt,  $P < 0,001$ , KR-Kontinuert  $P = 0,003$ ). Tilvæksten i Can-enkelt var lavere end i KR-enkelt og den KR-kontinuerte strømpe. I den første måned af forsøgsperioden var der hos muslingerne i alle tre strømpe typer en lavere væksthastighed end i den øvrige del af perioden.

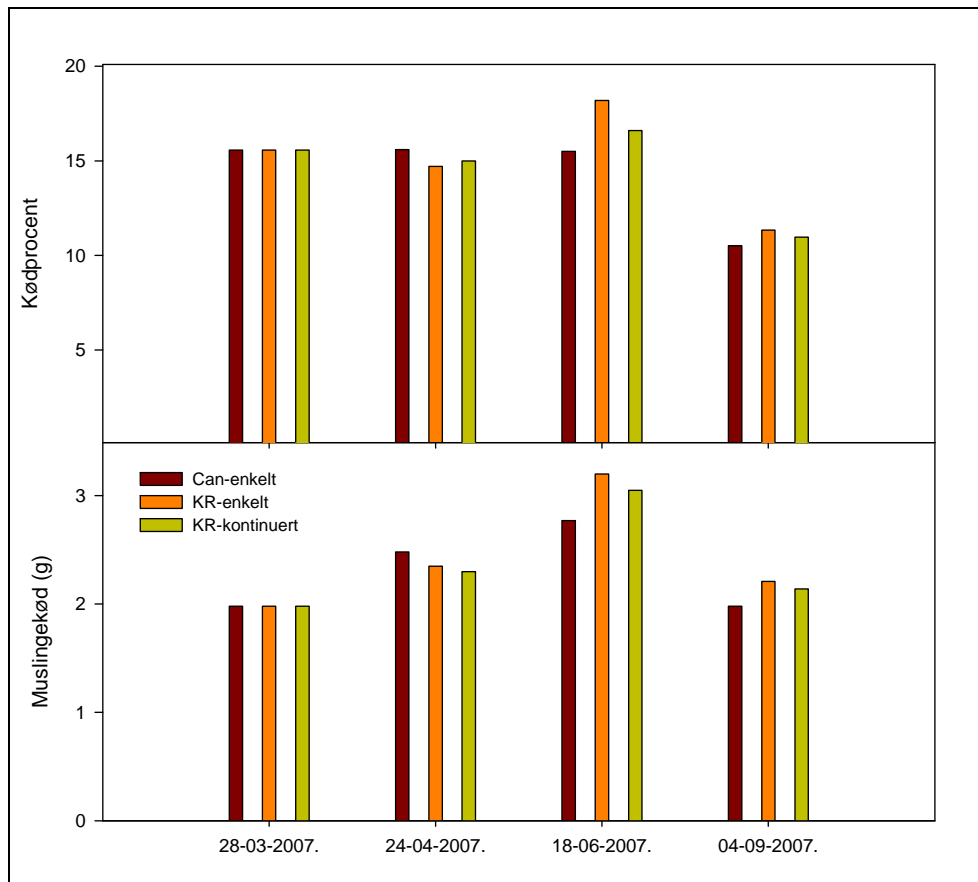
**Tabel 2.3.** Gennemsnitlig ( $\pm$  S.D) antal og vægt (i kg) pr meter strømpe samt længde, kødprocent og kødindhold (i g) af individuelle muslinger i forsøg 2.

Startdato	Sortering	Strømpe	Antal pr m	Vægt (kg) pr m	Længde (mm)	Kød%	Kødindhold (g)
28-3-2007	Can	Enkelt	195 $\pm$ 6	2,55 $\pm$ 0,10	52,9 $\pm$ 4,9	15,6	1,98
24-4-2007	Can	Enkelt	200 $\pm$ 14	2,80 $\pm$ 0,24	52,3 $\pm$ 4,2	15,6	2,48
18-6-2007	Can	Enkelt	166 $\pm$ 14	3,08 $\pm$ 0,24	54,6 $\pm$ 4,4	15,5	2,77
4-9-2007	Can	Enkelt	53 $\pm$ 5	0,92 $\pm$ 0,14	55,5 $\pm$ 4,6	10,5	1,98
28-3-2007	KR	Enkelt	203 $\pm$ 19	2,61 $\pm$ 0,24	53,3 $\pm$ 4,2	15,6	1,98
24-4-2007	KR	Enkelt	191 $\pm$ 16	2,75 $\pm$ 0,18	53,6 $\pm$ 4,4	14,7	2,35
18-6-2007	KR	Enkelt	169 $\pm$ 12	3,20 $\pm$ 0,29	56,1 $\pm$ 4,3	18,2	3,20
4-9-2007	KR	Enkelt	77 $\pm$ 8	1,56 $\pm$ 0,30	57,7 $\pm$ 4,0	11,3	2,21
28-3-2007	KR	Kontinuert	193 $\pm$ 33	2,57 $\pm$ 0,44	53,3 $\pm$ 4,2	15,6	1,98
24-4-2007	KR	Kontinuert	215 $\pm$ 23	3,12 $\pm$ 0,39	53,2 $\pm$ 4,4	15,0	2,30
18-6-2007	KR	Kontinuert	45 $\pm$ 59	1,28 $\pm$ 1,24	56,2 $\pm$ 4,5	16,6	3,05
4-9-2007	KR	Kontinuert	2 $\pm$ 2	0,08	57,1 $\pm$ 3,6	11,0	2,14

For alle tre strømpe typer er muslinge biomassen signifikant lavere ved afslutningen end ved begyndelsen af forsøget (Can-enkelt og KR-kontinuerte: ANOVA, Bonferroni,  $P < 0,001$ . KR-enkelt: ANOVA, Bonferroni,  $P = 0,006$ ). Dette fald i udbytte var korreleret til fald i antallet af muslinger pr. meter strømpe, som faldt voldsomt og der var en signifikant forskel for alle 3 strømpe typer fra start til slut i forsøget (ANOVA, Bonferroni,  $P < 0,001$ ). Antallet af muslinger var stabilt i perioden 28/3 2007 til 18/6 2007 for både Can-enkelt og KR-enkelt (ANOVA, Bonferroni,  $P > 0,05$ ). I forsøget indtrådte det kraftige fald ikke før ved prøvetagningen den 18/6 2007 for den kontinuerte strømpe og først ved afslutningen for muslingerne i enkeltstrømperne. Tabet var særligt stort i den kontinuerte strømpe, da der stort set ikke var nogen muslinger tilbage ved afslutningen af forsøget.

Der blev ikke observeret nogen systematiske forskelle mellem de 3 strømpe typer i nogen af de målte parametre.





**Figur 2.2.** Den tidlige udvikling i muslingernes kødindhold for de 3 sorteringer udtrykt som henholdsvis kødprocent (øverst) og som mængden af muslingekød pr. musling (nederst).

Den sammenfaldende reduktion i både kødprocent og kødindhold ved sidste prøvetagning viste, at der skete en reel tilbagegang i bløddelens størrelse på dette tidspunkt. Da det ikke er sandsynligt at muslingerne har været fødebegrænset i denne periode, kan reduktionen snarere skyldes, at der fandt en efterårsgydning sted forud for den sidste prøvetagning. Ved sidste prøvetagning var antallet af muslinger imidlertid også reduceret kraftigt og dermed også udbyttet dog således, at antallet muslinger pr meter allerede var reduceret i juni i den kontinuerte strømpe. Sidste prøvetagning lå efter sommerperioden og der kan være mange forklaringer på, at der fandt en reduktion i antal sted. Umiddelbart inden sommeren havde muslingerne dog øget størrelsen af kødklumpen betragteligt (ca. 1 gr) på trods af, at muslingerne var meget store allerede ved tidspunktet for udhængning, og forsøget viser produktionsformens potentiale så længe producenten er opmærksom på at følge udviklingen på strømperne nøje, ikke lader strømperne hænge for længe og høster på det rette tidspunkt. Dette forsøg viser tilsyneladende, at de kontinuerte strømper ikke egner sig til denne produktionsform, men forskellen mellem strømpe type er ikke entydig som følge af den lavfrekvente prøvetagning. Vi må samtidig konkludere, at muslinger i den størrelse som blev afprøvet i dette forsøg, var for store til at strømpe i de strømper, som normalt bruges til produktion af linemuslinger. En udhængning med en tæthed på 200 muslinger pr. meter vil altid, selv uden tab, give et for dårligt udbytte i forhold til den arbejdsindsats som bruges på at strømpe og efterfølgende høste muslingerne.

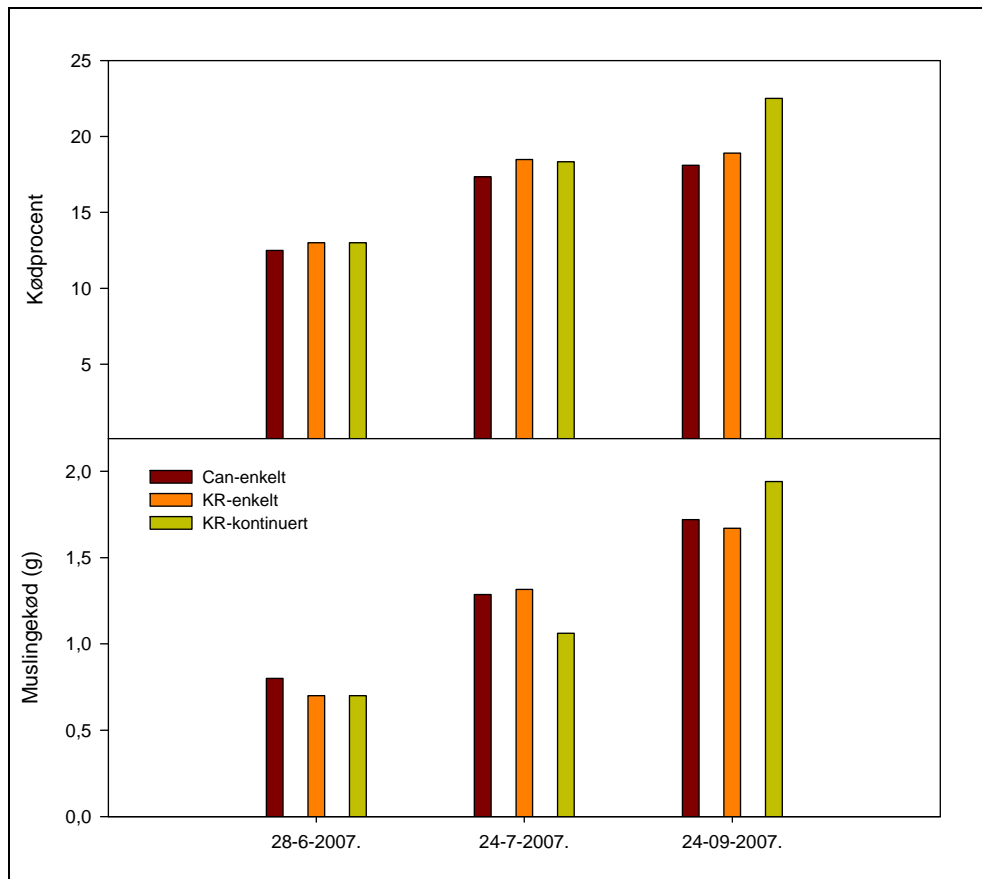
### Forsøg 3

Det tredje og sidste forsøg blev lavet i perioden juni-september 2007. Dette forsøg blev udført på samme måde som forsøg 2, men med mindre muslinger. Kødprocenten steg i løbet af forsøgsperioden hos muslingerne i alle tre strømpe typer (tabel 2.4 og figur 2.3). Stigningen var størst for muslingerne i de kontinuerede strømper, hvor den steg fra 13 til 22 % i løbet af 3 måneder. Kødindholdet steg ligeledes med 0,9-1,2 gram i løbet af forsøgsperioden på 3 måneder, men nåede ikke over 2 gram pr. Musling. muslingerne var signifikant længere ved afslutningen af forsøget end de var ved forsøgsstart ved alle sorteringer (ANOVA, Bonferroni,  $P < 0,001$ ).

**Tabel 2.4.** Gennemsnitlig ( $\pm$  S.D) antal og vægt (i kg) pr meter strømpe samt længde, kødprocent og kødindhold (i g) af individuelle muslinger i forsøg 3.

Startdato	Sortering	Strømpe	Antal pr m	Vægt (kg) pr m	Længde (mm)	Kød %	Kødindhold (g)
28-6-2007	Can	Enkelt	606 $\pm$ 49	3,67 $\pm$ 0,45	40,9 $\pm$ 4,9	12,5	0,80
24-7-2007	Can	Enkelt	523 $\pm$ 52	3,74 $\pm$ 0,31	42,4 $\pm$ 4,6	17,3	1,29
24-9-2007	Can	Enkelt	247 $\pm$ 16	2,41 $\pm$ 0,36	46,3 $\pm$ 4,8	18,1	1,72
28-6-2007	KR	Enkelt	623 $\pm$ 17	2,96 $\pm$ 0,10	39,1 $\pm$ 4,3	13,0	0,70
24-7-2007	KR	Enkelt	489 $\pm$ 85	3,57 $\pm$ 0,27	41,7 $\pm$ 4,2	18,5	1,32
24-9-2007	KR	Enkelt	267 $\pm$ 38	2,45 $\pm$ 0,38	45,7 $\pm$ 3,7	18,9	1,67
28-6-2007	KR	Kontinuert	970 $\pm$ 741	2,51 $\pm$ 0,51	39,1 $\pm$ 4,3	13,0	0,70
24-7-2007	KR	Kontinuert	662 $\pm$ 69	4,08 $\pm$ 0,07	39,3 $\pm$ 4,8	18,3	1,06
24-9-2007	KR	Kontinuert	29 $\pm$ 17	0,29 $\pm$ 0,17	44,9 $\pm$ 4,3	22,5	1,94

Antallet af muslinger pr. meter strømpe faldt voldsomt fra start til slut og der var en signifikant forskel for alle tre strømpe typer i forsøget fra opstart til afslutning (ANOVA, Bonferroni,  $P < 0,001$ ). I dette forsøg faldt antallet af muslinger i hele forsøgsperioden, men specielt i den sidste del af perioden. Tabet var særligt stort i strømpe typen KR-kontinuert, da den efter at have haft det højeste antal muslinger pr. meter ved udhængningen endte med at have det laveste antal ved afslutningen af forsøgsperioden, hvor der var meget få muslinger tilbage. Der var følgelig et signifikant fald i biomasse fra start til slut for strømpe typerne Can-enkelt og KR-kontinuert, men ikke KR-enkelt. (ANOVA, Bonferroni; Can-enkelt  $P=0,033$ , KR-enkelt  $P=0,195$ , KR-kontinuert  $P < 0,001$ ). Fra start til første prøvetagning var der en stigning i biomasse i de KR-kontinuert (ANOVA, Bonferroni,  $P=0,003$ ). På samme tidspunkt var kødindholdet stadig meget lavt.



**Figur 2.4.** Den tidlige udvikling i muslingernes kødindhold for de 3 sorteringer udtrykt som henholdsvis kødprocent (øverst) og som mængden af muslingekød pr. musling (nederst).

Dette forsøg strakte sig over 3 måneder fra juni til september. I denne del af året er fødegrundlaget for muslinger i vandfasen meget højt. I forsøget skete der også i stor stigning i kødindhold, som endte på 1,7-1,9 gram pr. musling. Her skal det dog også understreges at muslingerne med forsøget afslutning kun var omkring 45mm. Som i de andre forsøg faldt antallet af muslinger i strømperne, denne gang dog mere kontinuert gennem forsøgsperioden. I modsætning til forsøg 2 var der således ikke en tydelig effekt af sommerperiode på overlevelse/fastholdelse af muslinger gennem sommeren. Derimod blev tendensen fra forsøg 2 vedrørende strømpetype bekræftet, idet de kontinuerte strømpere igen tabte flest muslinger.

## Diskussion og konklusion

Der er blevet gennemført 3 forsøg med meget forskelligt udgangspunkt både hvad angår størrelse af muslingerne og tidspunkt på året. Hvis man udelukkende fokuserer på slutresultatet af de tre gennemførte forsøg er ”opfedning” af bundmuslinger med lavt kødindhold ikke en specielt hensigtsmæssig produktionsform. Generelt steg især størrelsen af kødklumpen i alle forsøg, men ved afslutning af forsøgene var udbyttet lavt, fordi der var sket et tab af muslinger fra strømperne. Dog var der i forsøg 1 en tilfredsstillende tilbageholdelse af muslinger på strømperne igennem hele forsøgsperioden, mens der i de 2 andre forsøg var et betydeligt tab i slutningen af forsøgene. En

mere nuanceret analyse af data giver imidlertid et andet billede. Så fremkommer et billede af et stort potentiale for denne produktionsform, for udover at øge muslingernes kødindhold, var det i lang tid muligt at forhindre tab af muslinger fra strømperne og dermed fastholde udbyttet. Netop forsøg 2 og 3 viser, at tidspunktet for høst af muslingerne er kritisk for produktionsformens succes og især, at sommermånedene ikke er velegnede til denne produktionsform med det nuværende strøpemateriale. Endvidere tyder forsøgene på, at kontinuerede strømper med kokosreb som kerne ikke er et egnet medie til strømpningen.

En forudsætning for at opnå en rentabel produktion af denne type er, at der er overensstemmelse mellem tidsforbrug til sortering, strømpning, udhængning og det udbytte man får ud af høsten. Resultaterne peger på forskellige strategier: a) Store muslinger med lavt kødindhold vil kun øge biomassen marginalt fordi den samlede relative biomasse i forvejen er stor. Derfor ligger fortjenesten alene i merprisen for et produkt med højere kvalitet. Det har som konsekvens, at der enten skal udvikles strøpetyper, der kan holde flere store muslinger og dermed sikre et udbytte omkring 5 kg pr meter, eller man accepterer et lavere udbytte, da den samlede arbejdsindsats er mindre for specielt korte udhængninger. b) Alternativt satser man på mindre muslinger som udgangsmateriale, men det vil kræve en længere vækstsæson og dermed en øget overvågning af produktionslinerne. Fælles for de to strategier er, at det er vigtigt at følge udviklingen på linerne nøje og at undgå sommerperioden, indtil mere effektive strømper er udviklet. Yderligere vil det være et krav for fornuftig rentabilitet, at omkostningerne til udgangsmaterialet (muslinger med lavt kødindhold) er små, hvilket peger på, at der skal være en tæt relation mellem fisker og opdrætter, evt. at det er en og samme virksomhed.

### 3. Lineopdræt af omplantningsmuslinger

#### Indledning

I en del områder i Limfjorden er der enten en lav naturlig vækst for blåmuslinger på bunden, som følge af hyppig lagdeling og ringe opblanding af vandmasserne, eller en meget stor naturlig dødelighed som følge af iltsvind. Herved forsvinder ikke bare et stort produktionspotentiale, men muslinger, der dør under iltsvindet vil yderligere bidrage til iltforbruget på bunden samt frigive store mængder næringssalte i løbet af deres forrådnelse. I visse områder er vækstbetingelserne så ringe, at muslingerne aldrig når en konsumstørrelse på 45 mm.

I muslingefiskeriet anvendes en del af disse muslinger som råmateriale til omplantninger. Muslinger fra iltsvindsramte områder og områder med begrænset fødemængde føres til områder med god fødetilgængelighed og ingen eller lav risiko for iltsvindshændelser. Efter ca. et år med tilvækst danner de omplantede muslinger grundlag for et rentabelt fiskeri.

Bundmuslinger er, sammenholdt med linemuslinger, primært karakteriseret ved lavere vækstrater, lavere kødindhold samt tykkere skaller. Disse produktforskelle afspejles i prisen som for hhv. bund- og linemuslinger ligger mellem 1-2 dkk/kg og 8-10 dkk/kg. Hvis bundmuslinger med en lav vækst kan omplantes til strømper, der hænger i vandfasen, vil den høje fødetilgængelighed formentlig kunne resultere i en forøget tilvækst og en stigning i kødindhold. Dermed er der potentiale for at øge produktets værdi med flere hundrede procent.

Formålet med denne del af projektet var at undersøge hvorvidt undermålsmuslinger, bevidst fisket med henblik på omplantning, hensigtsmæssigt kunne anvendes som råmateriale til dyrkning på langlinesystemer. I perioden januar til august 2007 blev der udført forsøg med lineopdræt af bundmuslinger på et opdrætsanlæg i Lysen Bredning i Limfjorden, og der blev udhængt omplantningsmateriale 3 gange i løbet af forsøgsperioden. For at undersøge betydningen af udhængningstidspunktet for muslingernes vækst og overlevelse, blev udhængningerne fordelt med ca. tre måneders mellemrum henover forsøgsperioden. For at finde frem til den mest effektive dyrkningsform for omplantningsmaterialet blev dette afprøvet på to forskellige sorteringsmaskiner og efterfølgende udhængt i forskellige strømpesystemer.

#### Materialer og metoder

Selve udhængningsforsøgene blev udført på DSC's opdrætsområde i Lysen Bredning (bilag C) og omplantningsmuslingerne blev forinden fisket med muslingeskraber fra produktionsområderne 20, 24 og 38. For at optimere og ensrette behandlingen af omplantningsmaterialet inden strømpning, blev det sikret, at opholdstiden på fiskefartøjet var så kort som mulig, og muslingerne blev hentet direkte ved kajen når fiskefartøjerne lagde til. Umiddelbart efter hjemkomst til Dansk Skaldyrcenter blev muslingerne sorteret, strømpet og opbevaret i rindende saltvand til genudhængning den følgende dag.

Strømpning foregik som for fremstilling af canadiske enkelt-strømper (Bilag A, samt Tørring og Petersen, 2005). Under strømpningsprocessen blev der anvendt 2 forskellige maskiner til

størrelsessorteringen af omplantningsmuslingerne. Den traditionelle canadiske sorteringsmaskine (Can-sortering) og en dansk produceret kloakrørs-maskine (KR-sortering). En detaljeret beskrivelse af begge sorteringsmaskiner findes i bilag A. I projektet blev muslinger fra 2. sortering fra begge sorteringsmaskiner anvendt i den videre strømpeproces. Omplantningsmuslinger fra Can-sorteringen blev strømpet i enkelthængende canadiske strømper (Can-enkelt), mens muslinger fra KR-sorteringen blev strømpet i både enkelthængende (KR-enkelt) og kontinuerte strømper (KR-kontinuert) med en kerne af kokosreb. Beskrivelser af de omtalte strømpetyper findes i bilag A.

Tabel 3.1 viser en samlet oversigt over de 3 udhængningsforsøg. Efter fremstilling blev muslingestrømperne lagt i kar med rindende saltvand natten over. Den efterfølgende dag blev strømperne udhængt på en opdrætsline i Lysen Bredning.

**Tabel 3.1.** Samlet oversigt over de 3 forsøgsudhængninger af omplantningsmuslinger med angivelse af sorteringsform, udhængningsdato, strømpetype og antallet af prøvetagninger (inkl. Startprøve) i de respektive forsøg.

Forsøg	Sortering	Strømpetype	Udhængningsdato	Antal prøvetagninger
1	Can	Enkelthængende	31/1 2007	5
2	Can KR KR	Enkelthængende Enkelthængende Kontinuert kokosreb	28/3 2007	4
3	Can KR KR	Enkelthængende Enkelthængende Kontinuert kokosreb	28/6 2007	3

Der blev ved hver prøvetagning tilfældigt udtaget 3 enkelthængende strømper samt 3 x 2 meter af de kontinuerte strømper. Efter udhængning blev der udtaget prøver med 1-3 måneders mellemrum. I denne undersøgelse blev der gennemført prøvetagninger indtil muslingerne var omkring 45 mm, hvilket defineres som markedsstørrelsen for ferske muslinger. I flere tilfælde fortsatte forsøgene dog efter de havde nået konsumstørrelse, dog blev forsøg 3 afsluttet før muslingerne havde nået konsumstørrelse. I alt blev der gennemført mellem 3 og 5 prøvetagninger for hver udhængning. Ved hver prøvetagning blev prøverne oparbejdet ved hjælp af en standard strømpeprocedure (bilag B). For hver delprøve blev der udtaget 60 muslinger til opgørelse af middellængden. Derudover blev der udtaget 1 kg muslinger (puljet fra de 3 delprøver) til beregning af muslingernes kødindhold. Metoden til bestemmelse af kødindhold er beskrevet i bilag B.

## Resultater

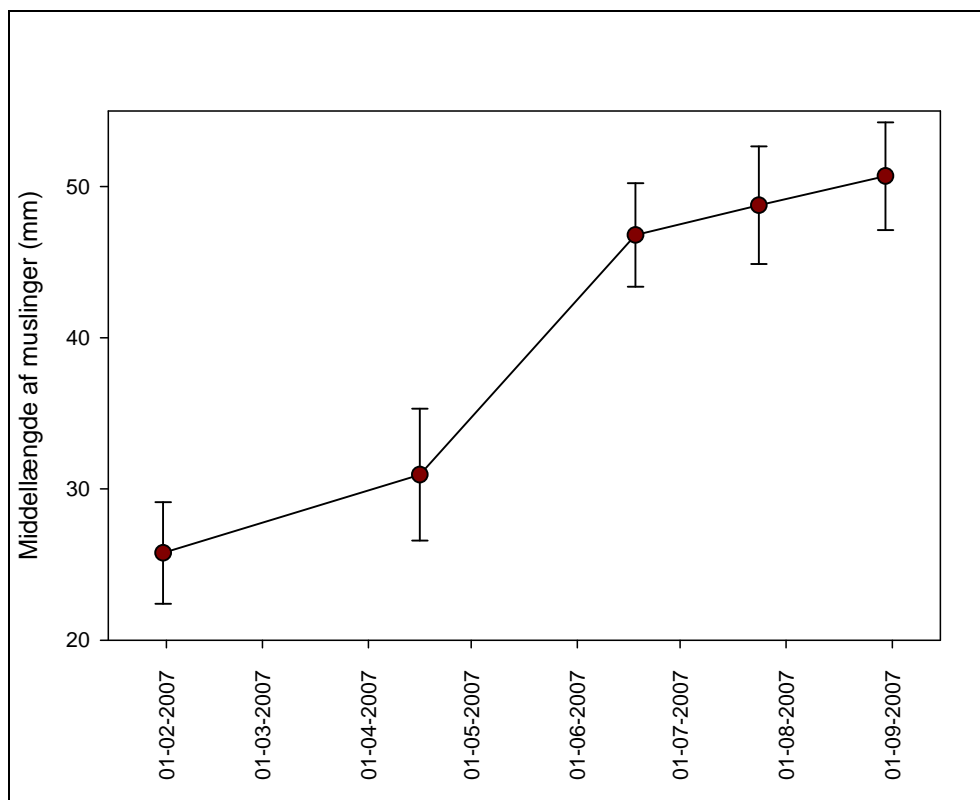
### Forsøg 1

Som det fremgår af tabel 3.2 voksede muslingerne i længde igennem hele forsøget. Denne længdevækst er illustreret i figur 3.1, hvor det fremgår, at den største vækst var i perioden 16-4 til 18-6 2007, hvilket også faldt sammen med den store stigning i vægten af muslinger pr. meter (tabel 3.2). I denne periode voksede muslingerne 15 mm i gennemsnit. Til sammenligning var muslingerne i den foregående periode på 2,5 måned vokset omkring 6 mm. Muslingerne fra forsøg 1 opnåede konsumstørrelse mindre end 5 måneder efter, at de var udhængt i fjorden.

**Tabel 3.2.** Gennemsnit ( $\pm$ SD) af muslingernes individuelle skallængde, kødprocent og kødindhold samt vægt og antal muslinger pr.meter strømpe i forsøg 1.

Prøvetagning	Skallængde (mm)	Vægt (kg)	Antal ind. pr. m	Kødprocent (%)	Kødindhold (g)
31-1 2007	25,8 $\pm$ 3,4	0,92 $\pm$ 0,04	640 $\pm$ 54	18,4	0,25
16-4 2007	31,4 $\pm$ 4,4	1,55 $\pm$ 0,42	459 $\pm$ 88	31,0	0,94
18-6 2007	46,8 $\pm$ 3,4	5,16 $\pm$ 0,54	491 $\pm$ 29	22,5	2,11
24-7 2007	48,8 $\pm$ 3,9	4,56 $\pm$ 0,62	346 $\pm$ 45	21,4	2,20
30-8 2007	50,7 $\pm$ 3,6	1,81 $\pm$ 1,06	131 $\pm$ 76	16,4	1,89

Vægten af muslingerne pr. meter strømpe var fra forsøgsstart og frem til prøvetagningen i juni stigende (ANOVA, Bonferroni;  $p < 0,001$ ). Fra juni måned og frem til forsøgets afslutning kunne der registreres et betydeligt fald i biomasse af muslinger. Tabet var størst fra næstsidste prøvetagning til sidste prøvetagning, og biomassen ved sidste prøvetagning var signifikant lavere end ved prøvetagningerne den 18/6 (ANOVA, Bonferroni,  $P < 0,001$ ) og 24/7 (ANOVA, Bonferroni,  $P = 0,003$ ). Udbyttet på under 2 kg pr. meter ved afslutningen den 30/8 var langt fra tilfredsstillende. Resultatet var ligeledes meget forskelligt fra udbyttet ved de 2 foregående prøvetagninger.



**Figur 3.1.** Middellængde (SD) af individuelle muslinger som funktion af udhængningstid i forsøg 1.

Antallet af muslinger var korreleret til biomassen, idet der i løbet af forsøgsperioden var et fald i antallet af muslinger (tabel 3.2). Der var således et signifikant lavere antal muslinger pr. meter ved

afslutningen af forsøget sammenlignet med alle øvrige prøvetagninger (ANOVA,  $p < 0,001$ ). Ved den afsluttende prøvetagning den 20/8 2007 var det gennemsnitlige antal muslinger 131 pr. meter.

Henover forsøgsperioden var der en forholdsvis jævn forøgelse i muslingernes kødindhold (tabel 3.2). Således havde muslingerne et 7 gange så højt kødindhold ved afslutningen af forsøget i forhold til kødindholdet ved forsøgsstart. Den beregnede kødprocent varierede end kødindholdet. Der kunne mellem første og anden prøvetagning registreres en betydelig stigning i kødprocenten, denne faldt dog hen mod slutningen af forsøget.

## Forsøg 2

Som det fremgår af tabel 3.3 var der en generel skaltilvækst for muslingerne for alle 3 strømpetyper. Denne tilvækst er illustreret i figur 3.2, hvor det ses, at muslingerne med de forskellige strømpetyper havde ensartede væksthastigheder, selvom muslingerne var af forskellig størrelse ved udhængning. Muslingerne i de 2 strømpetyper KR-enkelt og KR-kontinuert opnåede konsumstørrelse allerede den 18/6 2007 (figur 3.2), mens muslingerne i Can-enkelt først opnåede konsumstørrelse den 30/8 2007. Ved næstsidsste prøvetagning var muslingerne i strømpetyperen KR-kontinuert dog lige på grænsen til konsumstørrelse. Med det store tab af muslinger, der fandt sted i den sidste periode af forsøget, kunne muslingerne med fordel være blevet høstet på tidspunktet for den næstsidsste prøvetagning, eller kort efter.

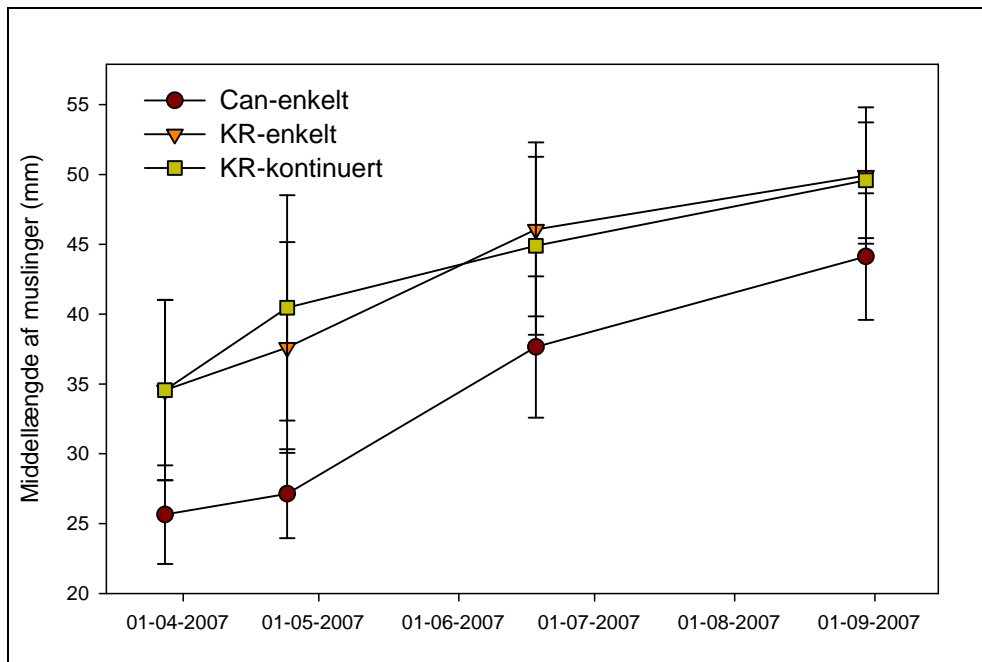
**Tabel 3.3.** Gennemsnit ( $\pm$ SD) af muslingernes individuelle skallængde, kødprocent og kødindhold samt vægt og antal muslinger pr.meter strøpe i forsøg 2. "-" angiver ingen prøvetagning.

Prøvetagning	Sortering og strømpetype	Skallængde (mm)	Vægt (kg)	Antal ind. pr. m	Kødprocent (%)	Kødindhold (g)
28-3 2007	Can-enkelt	25,6 $\pm$ 3,5	0,85 $\pm$ 0,12	615 $\pm$ 47	29,40	0,59
28-3 2007	KR-enkelt	34,6 $\pm$ 6,5	1,85 $\pm$ 0,08	477 $\pm$ 68	29,40	0,59
28-3 2007	KR-kontinuert	34,6 $\pm$ 6,5	1,08 $\pm$ 0,35	215 $\pm$ 61	29,40	0,59
24-4 2007	Can-enkelt	27,1 $\pm$ 3,2	0,99 $\pm$ 0,13	545 $\pm$ 73	-	-
24-4 2007	KR-enkelt	37,6 $\pm$ 7,6	2,09 $\pm$ 0,74	413 $\pm$ 209	21,20	1,29
24-4 2007	KR-kontinuert	40,5 $\pm$ 8,1	1,13 $\pm$ 0,06	179 $\pm$ 11	19,70	1,30
18-6 2007	Can-enkelt	37,7 $\pm$ 5,1	2,8 $\pm$ 0,22	567 $\pm$ 59	24,90	1,30
18-6 2007	KR-enkelt	46,1 $\pm$ 6,2	3,08 $\pm$ 0,11	329 $\pm$ 27	21,10	2,10
18-6 2007	KR-kontinuert	44,9 $\pm$ 6,4	1,07 $\pm$ 0,34	119 $\pm$ 14	19,60	1,90
30-8 2007	Can-enkelt	44,1 $\pm$ 4,5	1,35 $\pm$ 0,89	171 $\pm$ 110	19,35	1,42
30-8 2007	KR-enkelt	50 $\pm$ 4,9	0,72 $\pm$ 0,17	61 $\pm$ 16	18,77	2,01
30-8 2007	KR-kontinuert	49,2 $\pm$ 4,1	0,75 $\pm$ 0,24	62 $\pm$ 27	13,01	1,50

Der var et fald i antallet af muslinger pr. meter igennem forsøget og dette var gældende for alle 3 strømpetyper. Faldet i antal muslinger pr. meter var signifikant fra begyndelsen til afslutningen af forsøget for Can-enkelt (ANOVA, Bonferroni,  $P < 0,001$ ) og for muslingerne i KR-kontinuert (Tukey,  $P < 0,05$ ). For KR-enkelt var der et signifikant lavere antal muslinger ved afslutningen sammenlignet med antallet ved næstsidsste prøvetagning den 18/6 2007 (Kruskal-Wallis, Dunn's,  $P < 0,05$ ). Biomassen følger antal af muslinger dog således, at der var en tydelig stigning i vægten af muslinger pr. meter fra start og frem til juni-prøvetagningen for strømpetyperne Can-enkelt og KR-enkelt (T-test,  $P < 0,001$ ), men ikke for muslingerne i KR-kontinuert (T-test,  $P = 0,973$ ). Ved afslutningen af forsøget kunne der ikke påvises en forskel i vægten af muslinger pr. meter imellem de enkelte strømpetyper.



Kødprocenten var i løbet af forsøget aftagende i takt med, at muslingerne voksede (tabel 3.3). Det modsatte var tilfældet for det mere direkte mål for muslingernes kødindhold (g kød/musling), hvor der blev observeret en klar forøgelse. Mængden af muslingekød steg til omtrent det 3-dobbelte fra begyndelsen af forsøget til afslutningen. Muslingerne i KR-enkelt opnåede det højeste kødindhold på 2,01 g kød/musling.



**Figur 3.2.** Middellængde ( SD) af individuelle muslinger som funktion af udhængningstid i forsøg 2.

### Forsøg 3

Skaltilvæksten var i forsøgsperioden høj for alle 3 udhængningstyper (tabel 3.4 og figur 3.3). Ved muslingerne fra Can-enkelt og KR-kontinuert var der signifikant forøgelse af skallængden fra start til slut (ANOVA, Bonferroni,  $P < 0,001$ ). For KR-enkelt var der ligeledes en signifikant forøgelse fra juni-juli 2007 (t-test,  $P = 0,001$ ). Der kunne på intet tidspunkt i forsøgsperioden påvises en forskel i muslingernes størrelse eller længdeforøgelse imellem KR-kontinuert, KR-enkelt og Can-enkelt.

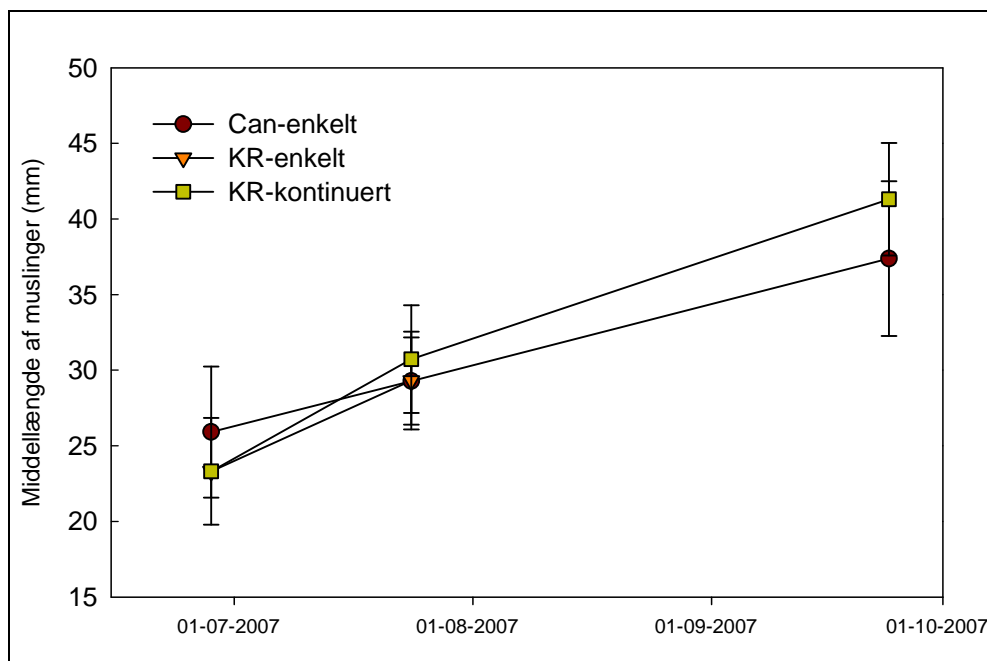
I forsøgsperioden var der en stigning i både kødprocent og kødindhold (Tabel 3.4). Stigningen var dog mest markant for kødindholdet, hvor der ved sammenligning af kødindholdet fra start til afslutning var en 4-9 ganges stigning. Ved sammenligning af de forskellige strømpningstyper ved en bestemt prøvetagningsdato var der i de fleste tilfælde ikke væsentlig forskel i kødprocenten. KR-kontinuert havde dog højere kødprocent ved afslutningen af forsøget. Ligeledes var kødindholdet pr. musling 60 % højere for muslingerne i KR-kontinuert sammenlignet med muslingerne i Can-enkelt ved sidste prøvetagning.

**Tabel 3.4.** Gennemsnit ( $\pm$ SD) af muslingernes individuelle skallængde, kødprocent og kødindhold samt vægt og antal muslinger pr.meter strømpe i forsøg 2. "-" angiver ingen prøvetagning.

Prøvetagning	Sortering og strømpe type	Skallængde (mm)	Vægt (kg)	Antal ind. pr. m	Kødprocent (%)	Kødindhold (g)
28-6 2007	Can-enkelt	25,9 $\pm$ 4,3	0,86 $\pm$ 0,03	596 $\pm$ 16	16,3	0,27
28-6 2007	KR-enkelt	23,3 $\pm$ 3,5	0,84 $\pm$ 0,09	817 $\pm$ 84	15,1	0,18
28-6 2007	KR-kontinuert	23,3 $\pm$ 3,5	2,11 $\pm$ 0,12	1901 $\pm$ 72	15,1	0,18
24-7 2007	Can-enkelt	29,2 $\pm$ 2,9	1,35 $\pm$ 0,12	533 $\pm$ 54	21,6	0,52
24-7 2007	KR-enkelt	29,3 $\pm$ 3,2	1,29 $\pm$ 0,18	572 $\pm$ 107	23,1	0,54
24-7 2007	KR-kontinuert	30,7 $\pm$ 3,6	3,07 $\pm$ 0,64	1315 $\pm$ 271	24,9	0,57
24-9 2007	Can-enkelt	37,4 $\pm$ 5,1	2,01 $\pm$ 0,21	421 $\pm$ 32	21,9	1,03
24-9 2007	KR-enkelt	-	-	-	-	-
24-9 2007	KR-kontinuert	41,3 $\pm$ 3,7	2,92 $\pm$ 0,47	509 $\pm$ 101	28,5	1,69

Der var en signifikant forskel på gennemsnitlig biomasse for Can-enkelt fra opstart til slut (ANOVA, Bonferroni,  $P < 0,001$ ). I løbet af forsøgets 3 måneder skete der mere end en fordobling af vægten pr.meter af muslingerne for Can-enkelt, mens forøgelsen kun var omkring 50% for muslingerne fra KR-kontinuert (tabel 3.4).

Som det fremgår af tabel 3.4 var der henover hele forsøgsperioden et fald i antallet af muslinger fra alle udhængningstyper. Der var således et signifikant lavere antal muslinger pr. meter ved afslutningen af forsøget sammenlignet med antallet ved opstart for Can-enkelt og KR-kontinuert (ANOVA, Bonferroni,  $P = 0,004$ ; ANOVA, Bonferroni,  $P < 0,001$ ). For KR-enkelt var der et signifikant fald i perioden 28/6 - 24/7 2007 (T-test,  $P = 0,036$ ). Ved afslutning af forsøget havde muslingerne ikke opnået konsumstørrelse, men antallet af muslinger lå mellem 400-500 muslinger pr. meter. Hvis dette antal kunne bibeholdes til muslingerne opnåede konsumstørrelse, ville udbyttet svare til minimum 5 kg pr. meter.



**Figur 3.2.** Middellængde ( $\pm$ SD) af individuelle muslinger som funktion af udhængningstid i forsøg 3.

## Diskussion og konklusion

Den individuelle vækst af omplantningsmuslingerne var som forventet, og der kunne ikke påvises væsentlige væksthforskelle imellem de enkelte strømpningstyper. Omplantningsmuslingerne voksede sig i løbet af ca. 5 måneder op til konsumstørrelse, og taget i betragtning, at de ved udhængningstidspunkterne var væsentlig større end det yngel der normalt anvendes til dyrkning af linemuslinger, opnåede de samme væksthastigheder som typisk ses for linemuslinger udhængt i sammen perioder af året (data fra kapitel 4C). Kødindholdet voksede ligeledes og i flere tilfælde relativt mere end længden. Det forøgede kødindhold er udover væksten af muslingerne et tegn på den forbedrede tilgang af føde i vandsøjlen. Væksten af muslingerne steg således, som følge af, at de blev flyttet fra bunden til vandsøjlen og demonstrerer, at der er et biologisk potentiale for denne produktionsform.

Til trods for den relative høje tilvækst af både skal og kødmængde for samtlige forsøgsudhængninger, var der dog meget store forskelle på udbyttet af konsummuslinger. I det første forsøg blev der, efter 5 måneders udhængning, målt et udbytte på omkring 5 kg muslinger pr. meter, hvorimod udbyttet i de efterfølgende forsøg til gengæld aldrig kom over 3,1 kg muslinger pr. meter for nogen af udhængningstyperne. Den væsentligste årsag til de lave udbytter er den store reduktion i antal muslinger i strømpene i løbet af forsøgsperioden. Et mindre fald i antallet mellem første og anden prøvetagning var forventeligt, da det er erfaringen, at en vis mængde af muslingerne ikke når at hæfte sig fast efter strømpningen og dermed falder af under udhængning. Desuden vil en mindre andel af muslingerne blive beskadiget under sorteringen, hvilket ligeledes resulterer i et fald i antallet, da disse muslinger kort tid efter udhængningen vil dø. Det observerede fald i antal muslinger og dermed udbyttet henover den varme periode var også forventet, da tidligere undersøgelser har vist lignende resultater. Dette tab kan blandt andet skyldes store forekomster af yngel og anden biofouling. Ynglen kan i mange tilfælde sætte sig mellem konsummuslingerne og dermed skubbe de større muslinger af i takt med at ynglen vokser.

Et udbytte ved "normalt" lineopdræt, på omkring 5 kg pr. meter konsummuslinger pr. meter betragtes som værende acceptabel, men som diskuteret i kapitel 2 vil udbytte være betinget af både muslingernes evne til at hæfte sig og blive i det anvendte materiale og tidspunkt for udhængning. Muslingerne blev i første forsøg hængt ud tidligt på året og har således haft en lang periode til akklimatisering og vækst inden den varme sommerperiode, som ofte er forbundet med et betragteligt tab af muslinger, indtræder. Muslingerne i dette forsøg var desuden relativ små hvilket som oftest gør at de i udhængningsperioden fordeler sig jævnt på strømpen og derved sikrer en optimal position i forhold til fødeoptag. Desuden blev muslingerne strømpet i en kold periode af året, hvor muslinger erfaringsmæssigt fæstner sig relativt godt. I det efterfølgende forsøg blev muslingerne udhængt i forårsperioden, og har derved ikke haft samme periode til akklimatisering og vækst. Succesen med tidlig udhængning viser, at denne produktionsform også teknisk har et potentiale. Tendensen fra forsøget med muslinger med lavt kødprocent, hvor den kontinuerte line var mindst egnet som strømpetype, blev kun delvist genfundet i disse forsøg.

Samlet viser resultaterne, at omplantningsmuslinger fra bundområder med meget lav vækst, med fordel kan dyrkes på line, men at blandt andet tidspunktet for udhængning, omplantningsmaterialets beskaffenhed, muslingernes størrelse m.m. kan være afgørende for, om opdræt af undermålsmuslinger er rentabel. De positive resultater fra første forsøg viser en klar produktforbedring og dermed er der både biologisk og teknisk potentiale. Rentabilitet af

produktionsformen vil afhænge af, at der kan udvikles et materiale, der bedre kan holde på muslingerne og evt. øge det antal muslinger, der kan pakkes pr. meter. Alternativt skal producenten kunne få rentabilitet med et lavere udbytte pr. meter, fx som følge af færre og mindre intensive arbejdsgange. Som for muslinger med lav kødprocent er det også for undermålere vigtigt, at omkostningerne til udgangsmaterialet ikke bliver for store. Endelig vil det være en forudsætning for produktionsformen, at der kan åbnes for fiskeri af undermålere i udvalgte områder.

## 4. A Forlænget yngelindsamling

### Indledning

Med den nuværende produktionspraksis er yngelindsamling i forbindelse med lineopdræt af blåmuslinger begrænset til en kortere periode fra midten af maj til slutningen af juni. Det er i opdrætserhvervet velkendt, at der i denne periode af året forekommer mange muslingelarver i vandet, og en succesfuld settling i den tidlige sommer gør, at muslinge ynglen er klar til en eventuel videre mellemhåndtering i det tidlige efterår. Da den optimale størrelse af yngel ligger mellem 2-3 cm, er det vigtigt, at yngelen ikke vokser sig ud af dette størrelsesinterval inden det mellemhåndteres, og arbejdsperioden er derfor begrænset til 6-8 uger, hvor høst af yngel, strømpning og efterfølgende udhængning skal finde sted. Størstedelen af de danske opdrættere vælger i dag at mellemhåndtere deres yngel. Da det kan være problematisk at finde kvalificerede sæsonarbejdere og da efterårssæsonen typisk byder på mange dage med blæst, kan det være problematisk for de danske opdrættere at nå mellemhåndteringen mens yngelen stadig har en optimal størrelse.

Hvis yngelopsamlingen kunne foregå på flere tider af året, kunne arbejdsbelastningen med stor fordel blive fordelt henover en længere periode. En forlænget yngelopsamling ville ikke alene forlænge perioden for mellemhåndtering, men samtidig gøre de danske muslingeopdrættere i stand til at levere muslinger over en længere periode af året. Fra Limfjordsamternes overvågning ved man, at der er larver i vandet fra slutningen af april til midt i september, men dog med forskelle mellem årene. Det er derfor interessant, om der med fordel kan foretages yngelindsamling i en forlænget periode hen over sommeren. Der eksisterer dog ingen data for larvernes overlevelse og vækstpotentiale på de forskellige årstider.

For at belyse muslinge yngels overlevelse og vækst i forbindelse med en forlænget rekruttering til blåmuslinge anlæg, er der gennemført forsøg med udsætning af yngelopsamlere fra april til september 2005 på 3 opdrætsanlæg i Limfjorden.

### Materialer og metoder

#### Etablering af yngelindsamlere

For at kunne påvise eventuelle lokalitetsbestemte variationer i rekrutteringen af yngel udover de årstidsbestemte, fandt udhængningen af yngelopsamlere sted på DSC's anlæg i Salling, Lysen og Færker Vig (områdebeskrivelse – Bilag C). Tabel 4A-1 til 4A-3 viser detaljerne for udhængning og prøvedatoer for hvert anlæg. Som opsamlingsmateriale blev anvendt svenske bændler, bestående af 5 cm brede vævede nylonbånd af 2 meters længde, der er lyse i farven. For at sikre, at bændlet blev holdt nede, blev der nederst på hvert bændel fastgjort 300 g tentorstål. De enkelthængende bændler blev etableret på langliner med en afstand på 60 cm.

Prøvetagning og udhængning af bændler fandt sted hver 14. dag. For hver udhængningsdato blev der i hvert område etableret ca. 75 bændler. Prøvetagning af bændler fra de enkelte udhængningsdatoer blev påbegyndt 14 dage efter etableringen og afsluttet, når ynglen havde nået en længde på ca. 2 cm (defineret som klar til mellemhåndtering), eller når der efter flere måneder ikke kunne konstateres settling på de udhængte bændler. Det blev besluttet ikke at indsamle prøver i december 2005 og januar 2006 pga. en forventet lav vækst hos muslingerne. Desuden var det på grund af islæg i størstedelen af februar 2006 ikke muligt at indsamle bændelprøver som planlagt. Prøvetagningen blev derfor først genoptaget i marts 2006. For to udhængninger, 7. og 20. juli i Lysen, blev forsøget forlænget til maj 2006 for at få et billede af rekrutteringen gennem en hel prøvesæson.

**Tabel 4A-1.** Lysen: Oversigt over datoer for etablering af yngelopsamlere og tilhørende datoer for prøvetagningerne.

Udhængningsdato	Prøvetagning																	
	12.05.05	25.05.05	09.06.05	23.06.05	07.07.05	20.07.05	03.08.05	17.08.05	01.09.05	13.09.05	27.09.05	11.10.05	26.10.05	21.11.05	16.03.06	03.04.06	19.04.06	02.05.06
28.04.05	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
12.05.05		X	X	X	X	X	X	X	X									
25.05.05			X	X	X	X	X	X	X									
09.06.05				X	X	X	X	X	X									
23.06.05					X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			
07.07.05						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
20.07.05							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
03.08.05								X	X	X	X	X	X	X	X			
17.08.05									X	X	X	X	X	X	X			
01.09.05										X	X	X	X	X	X			
13.09.05											X	X	X	X	X			
27.09.05												X	X	X	X			

**Table 4A-2.. Salling:** Oversigt over datoer for etablering af yngelopsamlere og tilhørende datoer for prøvetagningerne.

Udhængningsdato	Prøvetagning													
	12.05.05	26.05.05	08.06.05	23.06.05	06.07.05	19.07.05	04.08.05	16.08.05	30.08.05	13.09.05	28.09.05	10.10.05	24.10.05	21.11.05
28.04.05	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
12.05.05		X	X	X	X	X	X	X	X					
26.05.05			X	X	X	X	X	X	X					
08.06.05				X	X	X	X	X	X					
23.06.05					X	X	X	X	X	X	X	X	X	
06.07.05						X	X	X	X	X	X	X	X	X
19.07.05							X	X	X	X	X	X	X	X
04.08.05								X	X	X	X	X	X	X
16.08.05									X	X	X	X	X	X
30.08.05										X	X	X	X	X
13.09.05											X	X	X	X
28.09.05												X	X	X

**Table 4A-3. Færker Vig:** Oversigt over datoer for etablering af yngelopsamlere og tilhørende datoer for prøvetagningerne.

Udhængningsdato	Prøvetagning													
	12.05.05	25.05.05	08.06.05	22.06.05	06.07.05	21.07.05	02.08.05	18.08.05	31.08.05	15.09.05	26.09.05	10.10.05	24.10.05	21.11.05
28.04.05	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
12.05.05		X	X	X	X	X	X	X	X					
25.05.05			X	X	X	X	X	X	X					
08.06.05				X	X	X	X	X	X					
22.06.05					X	X	X	X	X	X	X	X		
06.07.05						X	X	X	X	X	X	X	X	X
21.07.05							X	X	X	X	X	X	X	X
02.08.05								X	X	X	X	X	X	X
18.08.05									X	X	X	X	X	X
31.08.05										X	X	X	X	X
15.09.05											X	X	X	X
26.09.05												X	X	X

## Oparbejdning af bændelprøver

Ved prøvetagningerne hver 14. dag, blev der udtaget tre bændler (delprøver) fra hver udhængningsdato og område. Bændlerne blev fragtet til Dansk Skaldyrcenter, hvor de blev bredt ud ved siden af hinanden og identificeret med oprindelsesdato, prøvedato, delprøvenummer og område. Til fotodokumentation af bændlerne blev der af en tommestok fremstillet en rektangulær ramme, som dannede fikspunkt for fire fotos langs de tre bændler. Efter fotografering af bændlerne blev der foretaget en visuel vurdering og beskrivelse mht. belægning, rumlig fordeling af muslingerne og forekomst af andre organismer. Bændlernes samlede længde blev opmålt og tre udsnit på 10 cm blev taget af hver bændel:

- Næstøverste 10 cm (altid 10 cm fra knudepunktet)
- Midterste 10 cm
- Næstnederste 10 cm (altid 10 cm fra tentorstålet)

Alle udsnit blev individuelt frosset ned i plastposer og identificeret med hensyn til bændelprøve, oprindelsesdato, prøvedato og anlægsområde. Inden nedfrysning af de midterste bændelstykker, blev de visuelt inspiceret under stereomikroskop for andre organismer end blåmuslinger. Disse blev beskrevet i forsøgsprotokollen og i visse tilfælde fotodokumenteret.

## Analyse af bændelstykker

De midterste stykker af hver bændel blev efter fryseopbevaring anvendt til yderligere undersøgelser af antal og størrelse af muslinge ynglen. Efter optøning blev muslingerne skilt fra bændlet og skyllet igennem en sigtesøjle, bestående af sigter på 300, 500, 700, 1.000, 2.250, 4.500, 7.400, 10.000 og 15.000  $\mu\text{m}$  (1000  $\mu\text{m}$  svarer til 1 mm). Yngel, der ikke umiddelbart faldt af bændelstykket, blev forsigtigt frigjort med en blød tandbørste. Sigterne blev skyllet igennem med rigelige mængder vand for at sikre korrekt sortering. Produktet fra hver sortering blev overført til et bægerglas til senere bestemmelse af antal. Valget af 300  $\mu\text{m}$  som mindste sigtestørrelse skyldtes, at det herunder var svært at sortere yngel fra alger og andet materiale, der sad på bændlerne. En størrelse på 300  $\mu\text{m}$  vil ligeledes være omkring den størrelse hvor muslingelarver settler. I flere tilfælde blev der også udtaget en prøve fra sigtestørrelsen 300  $\mu\text{m}$  for at bekræfte, at der virkelig var tale om muslinger (vha. stereolup). Bændelstykket blev undersøgt for at sikre, at al yngel var skyllet af, og eventuel forekomst af andre organismer, herunder rurer, blev noteret med størrelse og antal.

Da antallet af yngel var meget højt blev der til estimering af antallet af muslinger i hver størrelseskategori for hvert størrelsesinterval etableret en standardkurve, der beskrev forholdet mellem længde og hhv. tørvægt og volumen af hele muslinger (skal + kød). For hver sigtestørrelse fra 300-4.500  $\mu\text{m}$  blev tørvægten bestemt for forskellige kendte antal muslinger. Ved bestemmelse af tørvægten, blev de optalte muslinger overført til et foliebæger og sat i tørreovn i 1 døgn ved 90 °C. En test viste, at 1 døgn var tilstrækkeligt til fuldstændig tørring. For hver sigtestørrelse i intervallet 4.500-10.000  $\mu\text{m}$  blev et kendt antal muslinger fyldt i måleglas, og volumen aflæst. Opmåling blev foretaget mindst tre gange for samme antal yngel. Forskelligt antal yngel blev opmålt, til regressionsdata var tilfredsstillende. Muslinger i størrelsen 1,0-1,5 cm og >1,5 cm blev optalt manuelt.



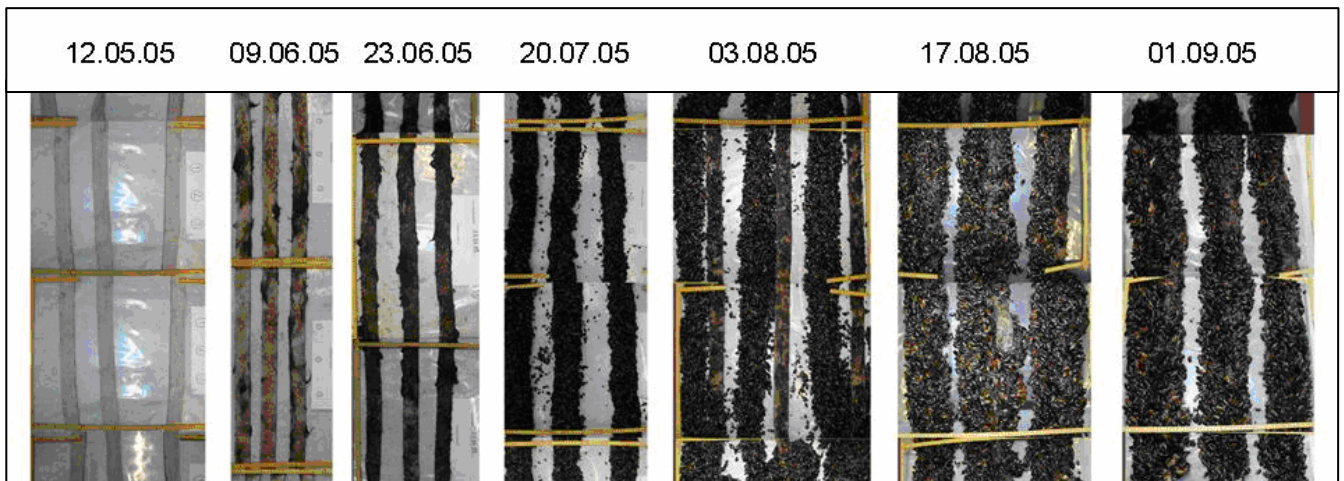
## Resultater

### Visuelle undersøgelser

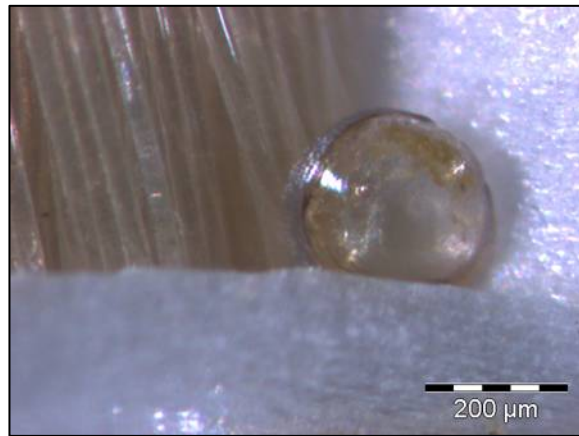
Forløbet for bænderne udhængt i april og starten af maj viser det klassiske forløb for yngelopsamling, hvor yngelnedslag i foråret leder til sorteringsklare muslinger i efteråret. Figur 4A-1 sammenfatter billedserien for bænderne fra udhængningen den 28. april. Det ses, at bænderne ved den første prøvetagning den 12. maj var næsten bare. Notaterne fra den visuelle gennemgang af den midterste bændlprøve fra hver af de tre bænder viste, at der var ganske lidt yngel til stede på stykkerne. Da muslingerne på dette tidspunkt var næsten gennemsigtige og kun få hundrede dele mm store, kunne de ikke ses med det blotte øje, men blev identificeret i stereomikroskop (figur 4A-2).

Den 9. juni var muslingerne synlige uden brug af forstørrelse. Samtidig begyndte andre organismer som hydroider, sargassotang og søpunge at optræde på bænderne, dog tilsyneladende uden at have influeret på muslingernes vækst og udbredelse. Herefter blev ynglen gradvist større og tungere og kom i løbet af sommeren til at sidde i store klumper på bænderne.

Generelt var muslingerne jævnt fordelt på bænderne, men sidst på efteråret var der i nogle prøver en overvægt af muslinger i bunden, hvor ynglen kunne sidde i store klumper. Bestemmelsen af muslingernes størrelse og antal vha. sigteprøverne tager som konsekvens af prøvetagningsstrategien ikke højde for dette, og kan i visse tilfælde underestimere det faktiske antal yngel på bænderne. Bænder der blev etableret senere på sæsonen, viste ikke det samme billede som udhængningen fra 28. april. I flere tilfælde var yngelnedslaget således begrænset henover sommeren, men med større larvededslag sidst i oktober og november (Lysen Bredning).



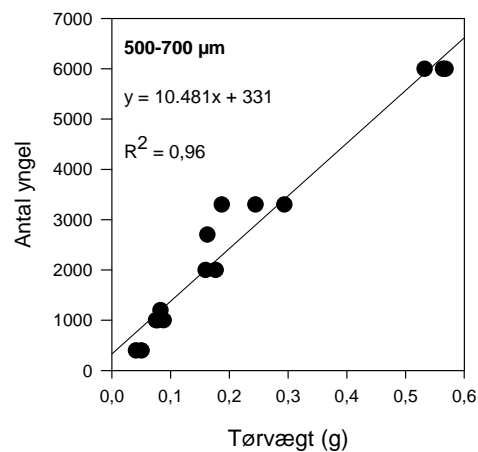
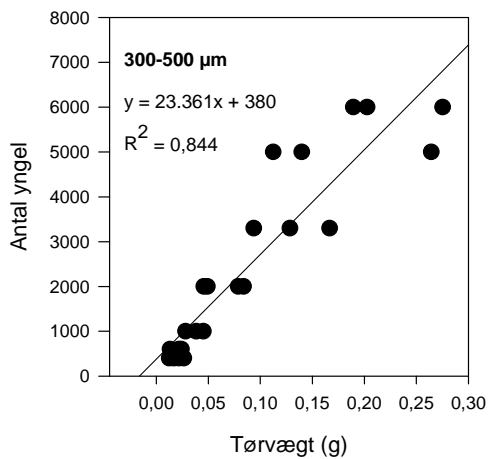
**Figur 4A-1.** Bænder, etableret i Lysen den 28. april 2005. Over hvert sæt prøver er prøvedatoen angivet.

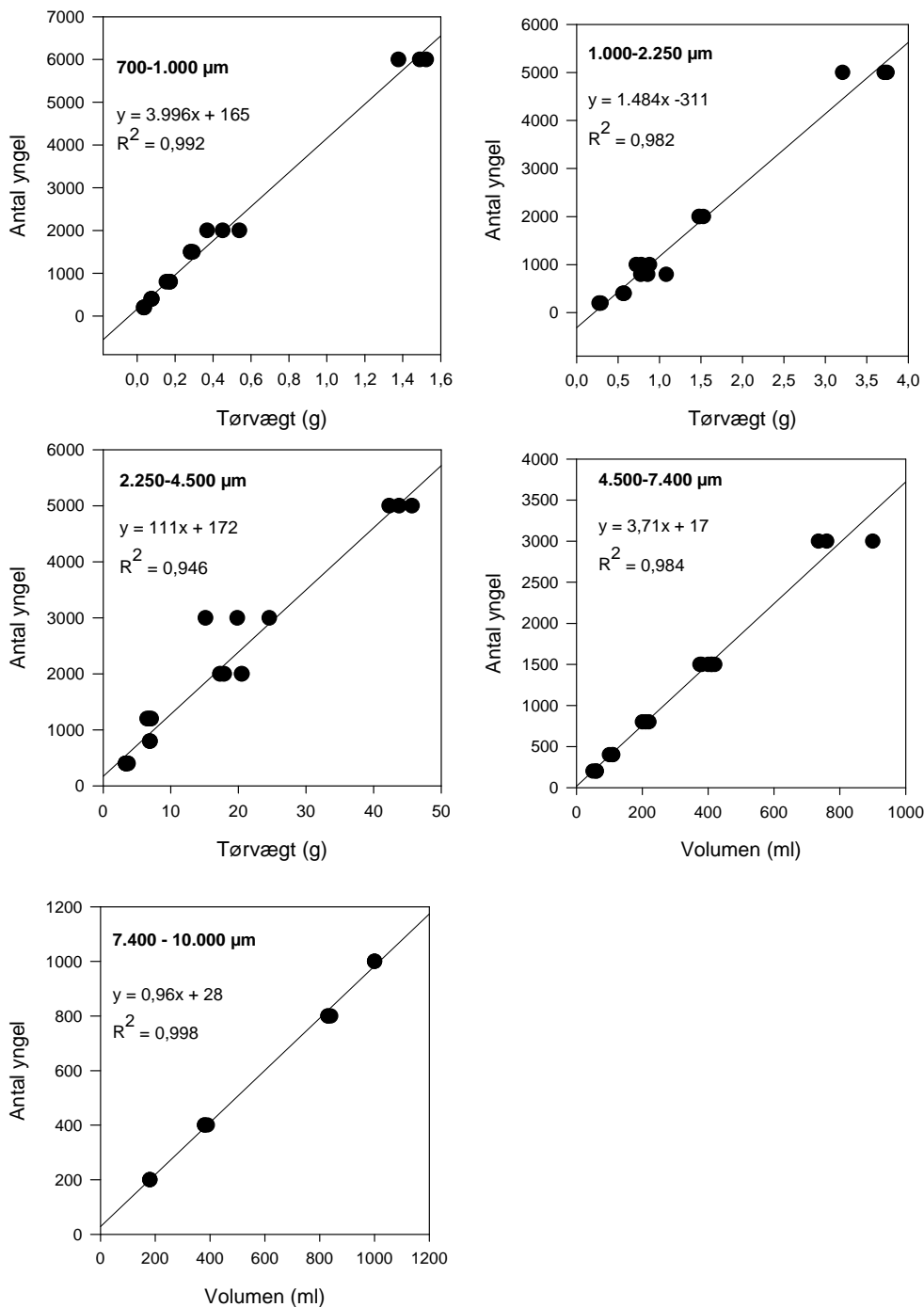


**Figur 4A-2.** Foto af en blåmusling, der er lidt over 0,2 mm bred. I baggrunden ses vævet i bændlet.

### Sigteprøver

I de følgende resultatbeskrivelser anvendes Lysen som modelområde, da der ikke var nogen særlige afvigelser, områderne imellem. Standardkurverne (figur 4A-3) for forholdet mellem tørvægt, volumen og antallet af yngel blev, for de forskellige størrelsesintervaller, anvendt til at estimere antallet af yngel i de midterste stykker bændel.

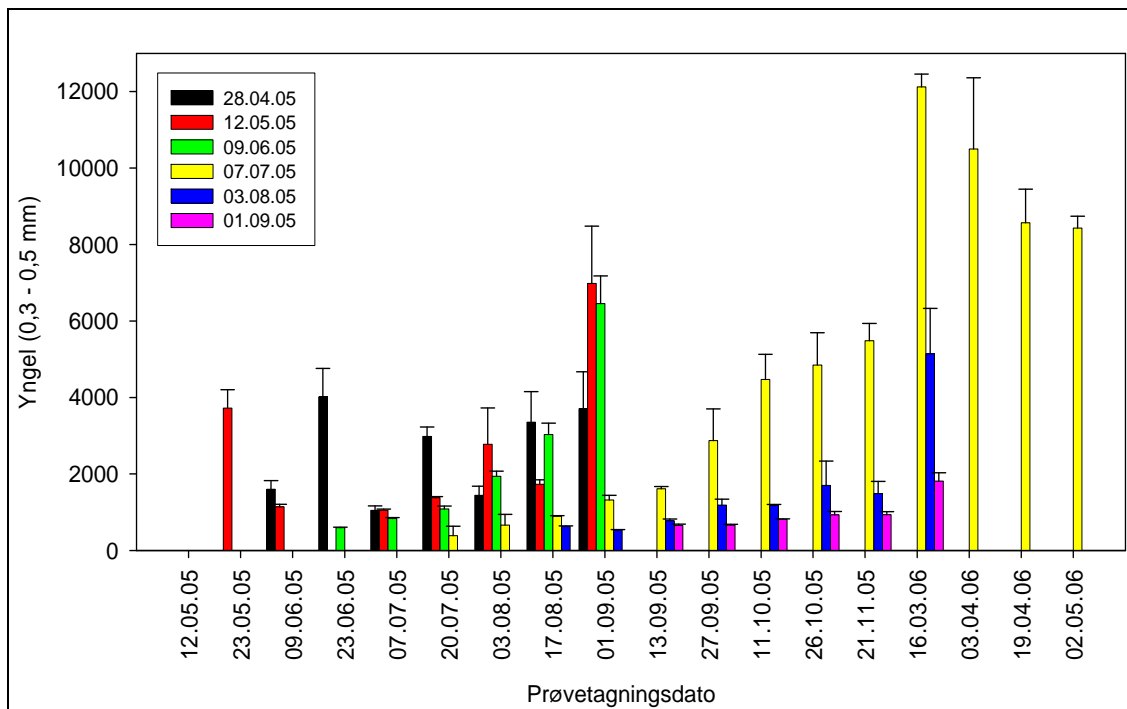




**Figur 4A-3.** Standardkurver til bestemmelse af antal muslinger. For hver sigtestørrelse er sammenhængen mellem antal yngel og henholdsvis tørvægt og fylde samt korrelationskoefficienten angivet.

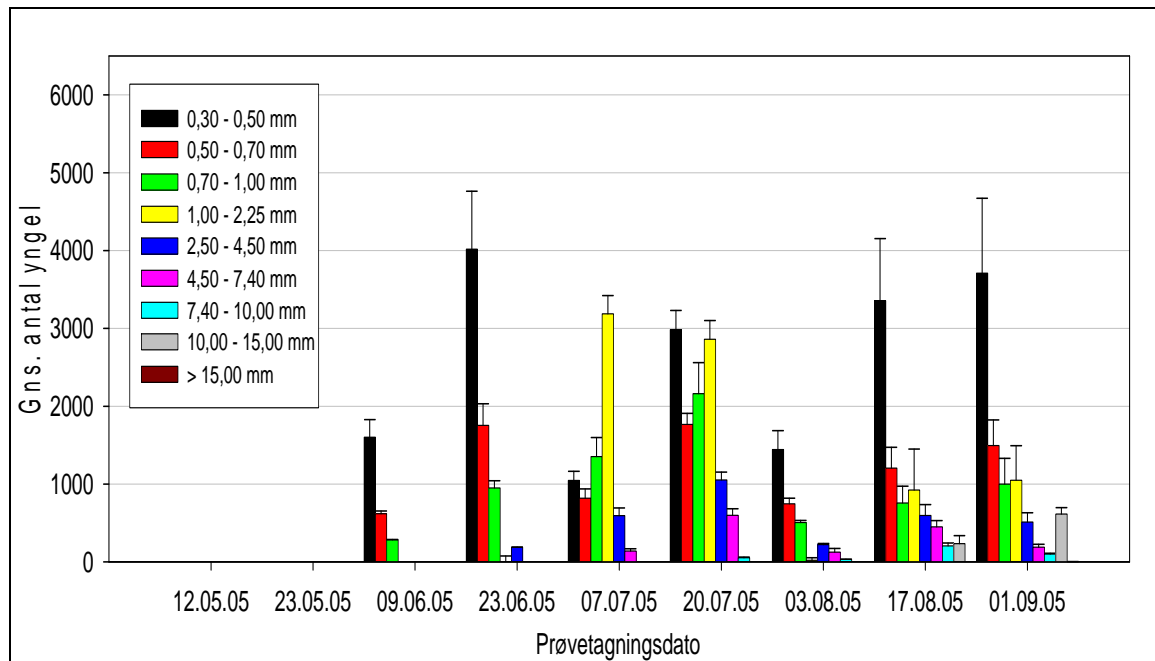
Forekomsten af det mindste yngel varierede henover prøvetagningsperioden (4A-4). På bændlerne fra de første udhængninger, var der tidligt i prøvetagningsforløbet et større yngelnedslag, hvorefter forekomsten af det mindste yngel var middel henover sommeren. I sensommeren omkring 1. september var der igen et stort nedslag af yngel på bændler udhængt til og med 9. juni. Igen i slutningen af oktober og i november var der en øget forekomst af småt yngel. For bændler hængt ud fra sidst i juni til starten af august blev der foretaget prøvetagninger i foråret 2006 (3. og 19. april

samt 2. maj 2006 dog kun på bændler fra juli 2005). Generelt var forekomsten af småt yngel noget større her end i efteråret på de bændler, der blev hængt ud fra juli og frem. For bændler hængt ud i midten af august og til og med september, var der lav forekomst af yngel på bændlerne gennem hele prøvetagningsperioden. Generelt forekom der kun ubetydelige mængder yngel på bændlerne de første 14 dage af udhængningsperioden uafhængig af tidspunktet for udhængning. Dog ses en afvigelse for bændlerne udhængt d. 12/5 -05, hvor antallet ved første prøvetagning er relativt højt (figur 4A-4).



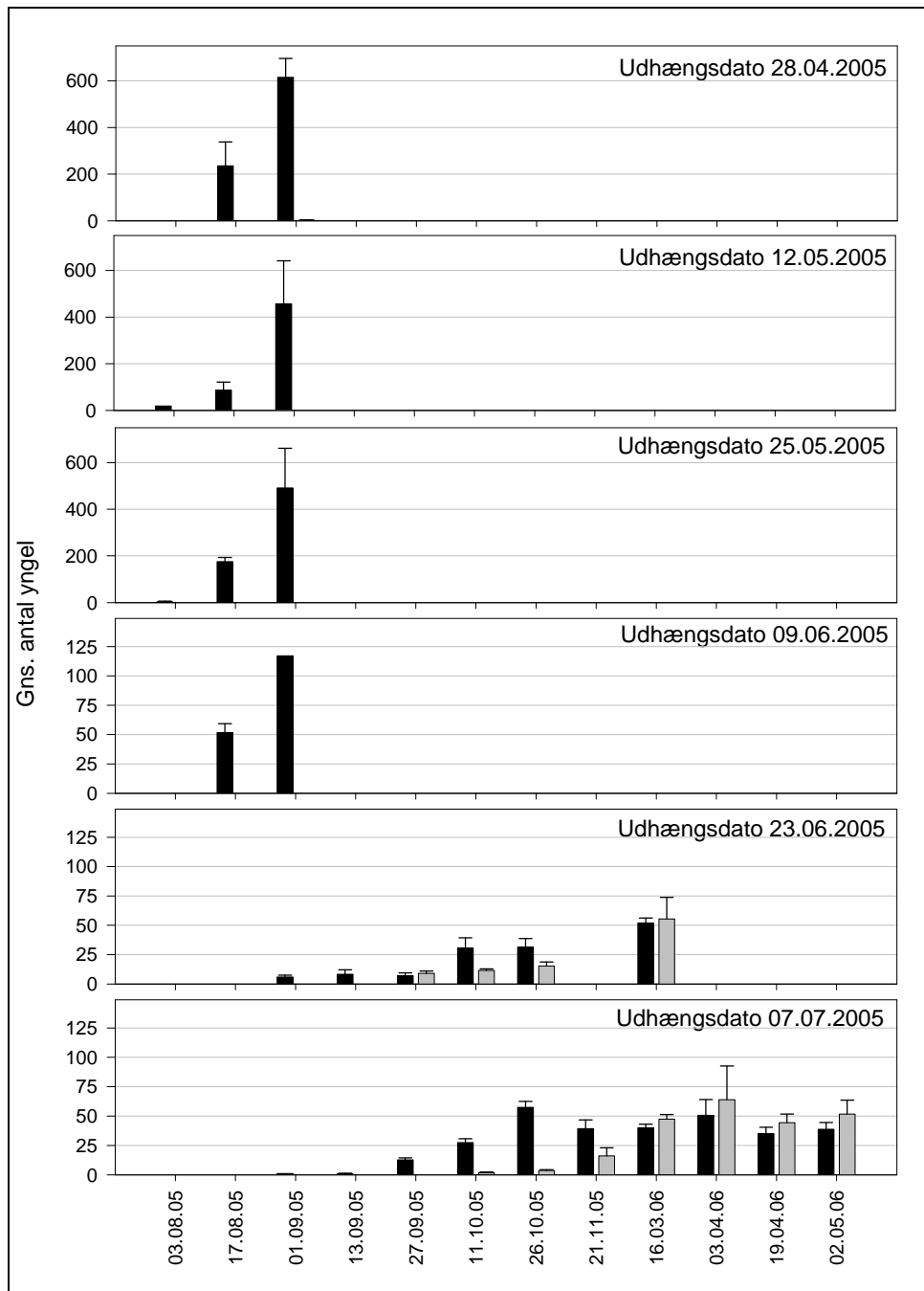
**Figur 4A-4.** Settlingsintensiteten i form af antal af yngel i det mindste størrelsesinterval (0,3 – 0,5 mm) henover perioden for prøvetagning. Af hensyn til overblikket er kun data fra den første udhængningsdato fra hver måned medtaget. Bemærk at antallet af yngel er fra 10 cm bændel.

Data for udviklingen af muslinger i de forskellige størrelser viser et forventeligt mønster, hvor ynglen vokser og flyttes op til større størrelsesintervaller. Som eksempel herpå er udviklingen for yngel fra bændler, udhængt den 28. april 2005 vist i figur 4A-5. Her er der de første uger udelukkende forekomst af de små individer, mens der fra midten af juni og frem optræder større yngel. I juli er der stor forekomst af muslinger i intervallet 1,00 – 2,25 mm og frem mod september nærmer en del muslinger sig en størrelse, hvor de snart er klar til sortering og strømpning. Gennem det meste af perioden var der løbende rekruttering af nyt yngel til linerne og det mindste yngel er antalsmæssigt dominerende på de fleste tidspunkter for prøvetagning. Bilag E viser lignende grafer for alle udhængningsdatoer.



**Figur 4A-5.** Viser antallet af yngel i de forskellige størrelsesintervaller over hele prøvetagningsperioden for yngelindsamlere etableret den 28. april 2005.

For bedre at illustrere forekomsten af det større yngel, er de tre mindste størrelsesgrupper fjernet på figur 4A-6 således, at kun muslinger med en længde på over 1,0 cm indgår. Grafer for bændler udhængt efter 7. juli 2005 er ikke medtaget, da der var ingen eller forsvindende lille forekomst af muslinger over 1 cm. Det samlede billede fra de forskellige udhængningsdatoer (figur 4A-6) viser, at bændler fra slutningen af april og maj giver det største udbytte i form af muslinger i de større størrelsesklasser og derfor også ville have givet den største produktion af strømpeklare muslinger. Men der kan også være et vist potentiale ved at forlænge yngelindsamlingen frem til juli måned og i så fald lade bændlerne hænge frem til næste år.

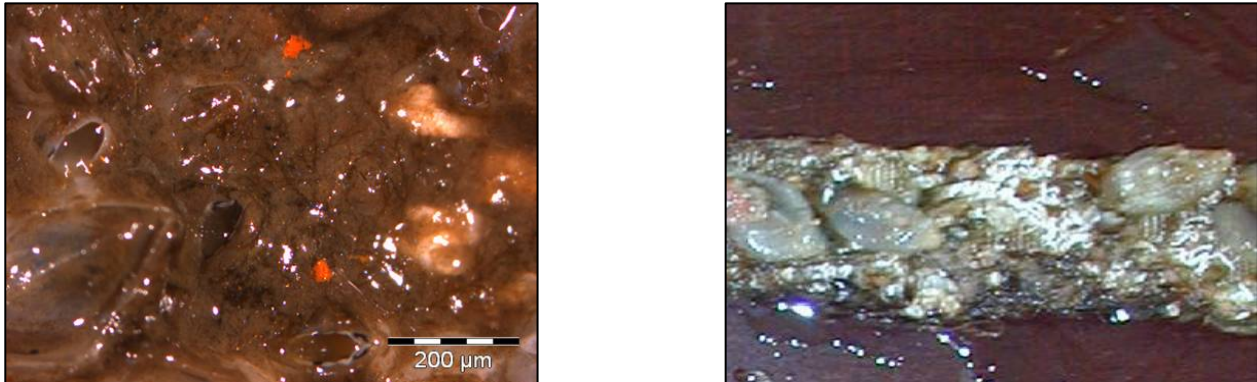


**Figur 4A-6.** Forekomst af yngel i de to største størrelsesintervaller, hhv. 1,0 - 1,5 mm (mørke søjler) og >1,5 mm (lyse søjler). Bemærk forskellig skalering af y-aksen.

### Andre organismer

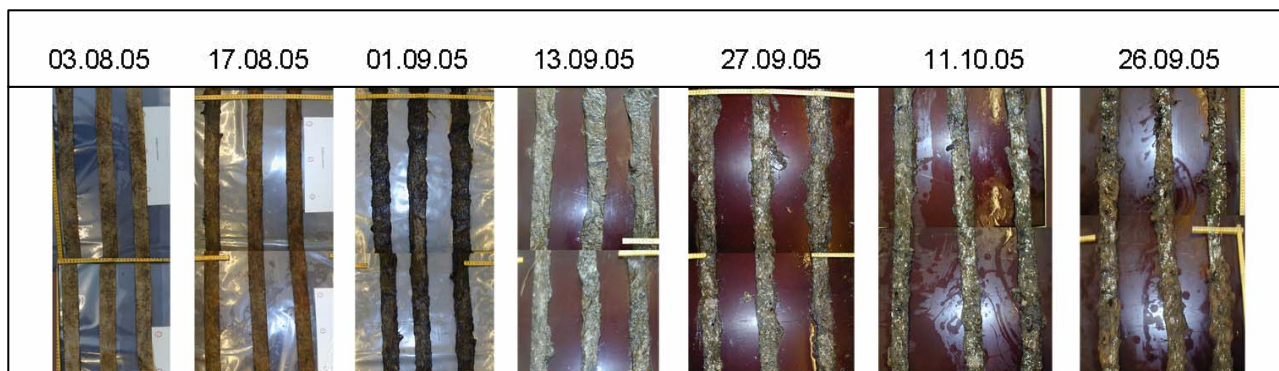
Bændlerne fra de første to udhængninger blev i nogen grad begroet af alger og andre organismer end blåmuslinger, men ikke i samme grad som kunne observeres for bændler hængt ud senere på sæsonen. På bændler udhængt i slutningen af maj og især i juni blev der nogle få uger efter etablering af bændlerne observeret mange rurer (figur 4A-7). Forekomsten af rurer er

sammenfaldende med, at der ikke har været yngelnedslag af betydning på dette tidspunkt. I september optrådte desuden kalkrørsorme og søpunge (figur 4A-7) på bændler, hængt ud fra den 23. juni og frem.



**Figur 4A-7.** Billedet til venstre viser små rurer, der stikker op mellem et lag alger. Rurerne kan dække hele eller store dele af bændlerne. Billedet til højre viser forekomst af kalkrørsorme og finker.

At konkurrerende organismer kan have stor betydning for udfaldet af larveindsamlinger illustreres af figur 4A-8, der viser prøver fra bændler, etableret den 20. juli 2005. På disse blev der i løbet af prøvetagningen ikke registreret væsentlige forekomster af yngel, selvom der på bændler, etableret tidligere på sæsonen var nysettlet yngel til stede fra august til november. Årsagen er sandsynligvis, at bændlerne fra 20. juli hurtigt blev belagt med et lag af alger, og at der lidt over en måned efter udhængning kunne konstateres et dække af små rurer og søpunge.



**Figur 4A-8.** Prøver fra bændler, etableret den 17. august 2005. Over hvert sæt er prøvedatoen angivet. Der blev i løbet af forsøgsperioden ikke fundet yngel i større grad på disse bændler.

## Diskussion og konklusion

Resultaterne for yngelopsamlingen for sæsonen 2005 viste, at der forekom yngelnedslag (målt i forekomsten af yngel på 0,3 – 0,5 mm) i større eller mindre grad året rundt med de største forekomster i det tidlige forår samt i begyndelsen af efteråret. Resultaterne viste, at forekomsterne af yngel i efteråret var højere end i forårmånederne, hvilket er modsat det mønster som man ville forvente ud fra tidligere undersøgelser af muslingernes gydningstidspunkt samt muslingelarvers

forekomst i vandsøjlen. Hvis man betragter bændlerne fra de forskellige udhængningsdatoer, var der en forsinket yngelopsamling. For stort set alle udhængningsforsøg blev der ikke observeret nogen større forekomst af yngel på bændlerne, før de havde hængt i vandet i nogle uger. Dette kan skyldes, at ynglen ikke finder materialet velegnet at sætte sig på, før det er blevet præget med en naturlig bakteriefilm. Lignende observationer er gjort i en nylig publiceret undersøgelse fra Spanien på en anden blåmuslingeart, *Mytilus galloprovincialis* (Peteiro, L.G. *et al.*, 2007). På den anden side er det vist, at kunstigt substrat som bændler har en langt større effektivitet end naturlige substrater som medie for rekruttering (for gennemgang se Petersen *et al.* 2002). Konditionerede bændler – fx ved at holde dem i saltvand før udhængning – kan således øge deres umiddelbare effektivitet og dermed betyde noget for, hvornår man om opdrætter skal hænge dem ud. Alternativt skal man ved udhængning af nyt materiale beregne en indkøringsperiode, hvor materialet ikke er effektivt. For genbrugsmateriale, altså bændler, der tidligere har været brugt er en tilsvarende konditionering næppe nødvendig. At yngelopsamlingen var mere effektiv i efterårsperioden 2005 sammenlignet med forårs månederne 2005, er dog næppe et udtryk for samme problemstilling. Efter et par uger i vandet er der dannet biofilm og andre organismer som rurer settlede ligeledes på bændlerne i løbet af sommeren.

Forsøgsperioden strakte sig over en hel produktionsperiode fra maj 2005 – maj 2006 og viste nogle overraskende resultater i form af en meget stor yngelopsamling i sensommeren og efteråret og følgelig meget høje forekomster af yngel fra midten af marts og frem til afslutningen af forsøget. Den observerede store mængde af nysettlet yngel i det tidlige forår 2006 er således med stor sandsynlighed resultatet en stor settling i det sene efterår og eventuelt efter den sidste prøvetagning i 2005 kombineret med langsom vækst af den nysettlede yngel, som først blev synlige på bændlerne i det efterfølgende forår. Med forbehold for år til år variationer åbner der sig med generelt stigende vintertemperaturer hermed en mulighed for en meget forlænget sæson for indsamling af yngel, som dog vil kræve noget udvikling før den er 100 % operationel, blandt andet fordi ynglen ikke havde nået egnet størrelse til strømpning ved forsøgets afslutning. Yngel af egnet størrelse til strømpning forekom fortrinsvis på bændler udhængt i april og maj og for opdræt med klassisk årstidsplanlægning er denne periode stadig den optimale. Den præcise timing af udhængning af yngelopsamlere må forventeligt afhænge af vandets temperatur i marts-maj.

Rurer, søpunge, tang og andre fastsiddende organismer konkurrerer med muslinge ynglen om plads og føde på bændlerne. Overordnet står forekomsten af yngel i omvendt forhold til forekomsten af andre organismer, især rurer. Det er derfor en væsentlig konklusion på undersøgelsen, at den mest optimale yngelopsamling opnås ved at hænge bændlerne ud i tide til at opfange yngel, førend rurer og senere kalkkrørsorme, tang og andre organismer etablerer sig. I andre faser af opdræt af blåmuslinger kan prædatorer som søstjerner og krabber spille væsentlige roller. Der blev i dette forsøg i nogle få tilfælde fundet små krabber. Ligeledes forekom der sidst på sommeren i nogle tilfælde små søstjerner på bændlerne. Der ser dog ikke ud til at være entydig negativ sammenhæng mellem forekomsten af prædatorer og muslinge yngel.

Med forbehold for år til år variationer viser forsøgene:

- At man ved timing af udhængning af yngelopsamlere skal være opmærksom på tid til konditionering eller kun udsætte allerede konditionerede opsamlere.
- At udsætning af yngelopsamlere med henblik på strømpning samme år er mest effektivt i den første fase af larveforekomster.



- At nedslag af påvækstorganismer yderligere illustrerer betydning af timing.
- At der er et udviklingspotentialer i sen yngelopsamling med henblik på forårsstrømning (se også kapitel C) og at stigende vandtemperaturer som følge af global opvarmning kun yderligere vil forstærke mulighederne for alternative strategier.

## 4. B Lineopdræt – Nedsænkingsforsøg til krabber

### Indledning

Høst af konsummuslinger foregår ofte i perioden fra marts til september. Da store dele af høstperioden således er sammenfaldende med perioden for forekomst af blåmuslingelarver i vandet, oplever opdrætterne kraftige nedslag af yngel på de ældre salgsklare muslinger. Nedslaget har flere forskellige negative effekter på liner med salgsklare muslinger:

Det nyrekrutterede yngel kiler sig ind imellem muslingerne og kan potentielt skubbe de større muslinger af substratet.

Mængden af yngel og deres vækst på opdrætslinerne kan tynde linerne ned, så de får en utilsigtet bundberøring. Hvis linerne ligger på bunden over en længere periode, er der risiko for, at konsummuslingerne fortæres af søstjerner eller udsættes for iltsvind.

Massive forekomster af yngel stiller ekstra store krav i forbindelse med sortering ved høst inden afsendelse til opkøberen. Da produktet ofte kun er delvist sorteret inden det sendes videre til Mellemeuropa, kan tilstedeværelsen af for meget yngel efter sortering, resultere i at produktet ”pakkes” meget tæt. Denne sammenpakning øger risikoen for forrådnelse og kan i værste konsekvens bevirke at konsummuslingerne dør. Dette fænomen er set ved flere afsendelser i de forgangne år.

Forskellige metoder anvendes i dag til at fjerne de store mængder af nysettlet yngel på produktionslinerne. En metode er spuling og rystning, hvor produktionsstrømperne hæves over vandniveau og spules med en kraftig spuleslange. Metode er effektiv, men kan bevirke et stort tab af konsummuslinger i de perioder, hvor muslingerne har en svag fasthæftning. Desuden er spulingsprocessen meget tidskrævende. En anden metode er nedsænkning af strømperne til bundlevende krabber. Ved denne metode udnytter man de naturlige bestande af strandkrabber (*Carcinus maenas*), som findes i de indre danske farvande, og krabbernes hovedernæringskilde i mange områder er netop blåmuslinger. Når produktionsstrømperne sænkes ned til bundberøring kravler krabberne op på strømperne og påbegynder fortæringen af yngelen. Hittidige erfaringer med denne metode er, at krabberne renser linerne effektivt for nysettlet yngel. Desuden har nyere undersøgelsesforsøg (Tørring og Petersen, 2008) vist, at linedyrkede blåmuslingers fasthæftningsstyrke bliver øget efter, at strømperne har haft kontakt med bunden og derved er blevet udsat for prædatorer. Nedsænkning, samt den efterfølgende hævning, af linen er imidlertid tidskrævende. Ved bundberøringen vil man endvidere ofte opleve, at søstjerner (*Asterias rubens*) tiltrækkes og præderer på de større konsummuslinger. Dette medfører et tab af konsummuslinger og et yderligere krav til rensning, da søstjernerne skal fjernes i forbindelse med at linen hæves. Endelig er erfaringerne fra tidligere forsøg (Tørring og Petersen, 2008), at bundkontakten har en pris i form af faldende biomasse, som sandsynligvis er rystet af i processen.

I dette projekt har vi undersøgt krabbernes effekt på mængden af yngel, konsummuslinger og affald ved nedsænkning af strømpeliner til bunden. Yderligere er effekten af den periode linerne har kontakt med bunden (bundtid), undersøgt. Når linerne hæves efter endt forsøg, forbliver en del

krabber på strømperne, hvorved afrensningen af yngel forsætter. Krabbernes rensningseffekt, når strømperne befinder sig i vandsøjlen, er derfor ligeledes blevet undersøgt.

## Materialer og metoder

Som forsøgsliner blev der anvendt 3 strømpeliner i DSC's opdrætsområde i Lysen Bredning (bilag C). Muslingerne på linerne var strømpet i efteråret 2005, og hver line bestod af ca. 400 enkelthængende strømper. Fra strømpningstidspunktet og frem til forsøgsstart i sommeren 2006 blev linerne jævnlige tilset og friholdt fra bundkontakt vha. opbøjninger. I begyndelsen af juli 2006 blev der observeret et kraftigt yngelnedslag i opdrætsområdet i Lysen Bredning (figur 4B-1), og den efterfølgende prøvetagningen viste, at strømperne på alle 3 forsøgsliner havde været udsat for et massivt påslag af yngel (figur 4B-2). Den 13/7 2006 blev forsøget startet, og dele af de 3 forsøgsliner blev nedsænket til bundkontakt.



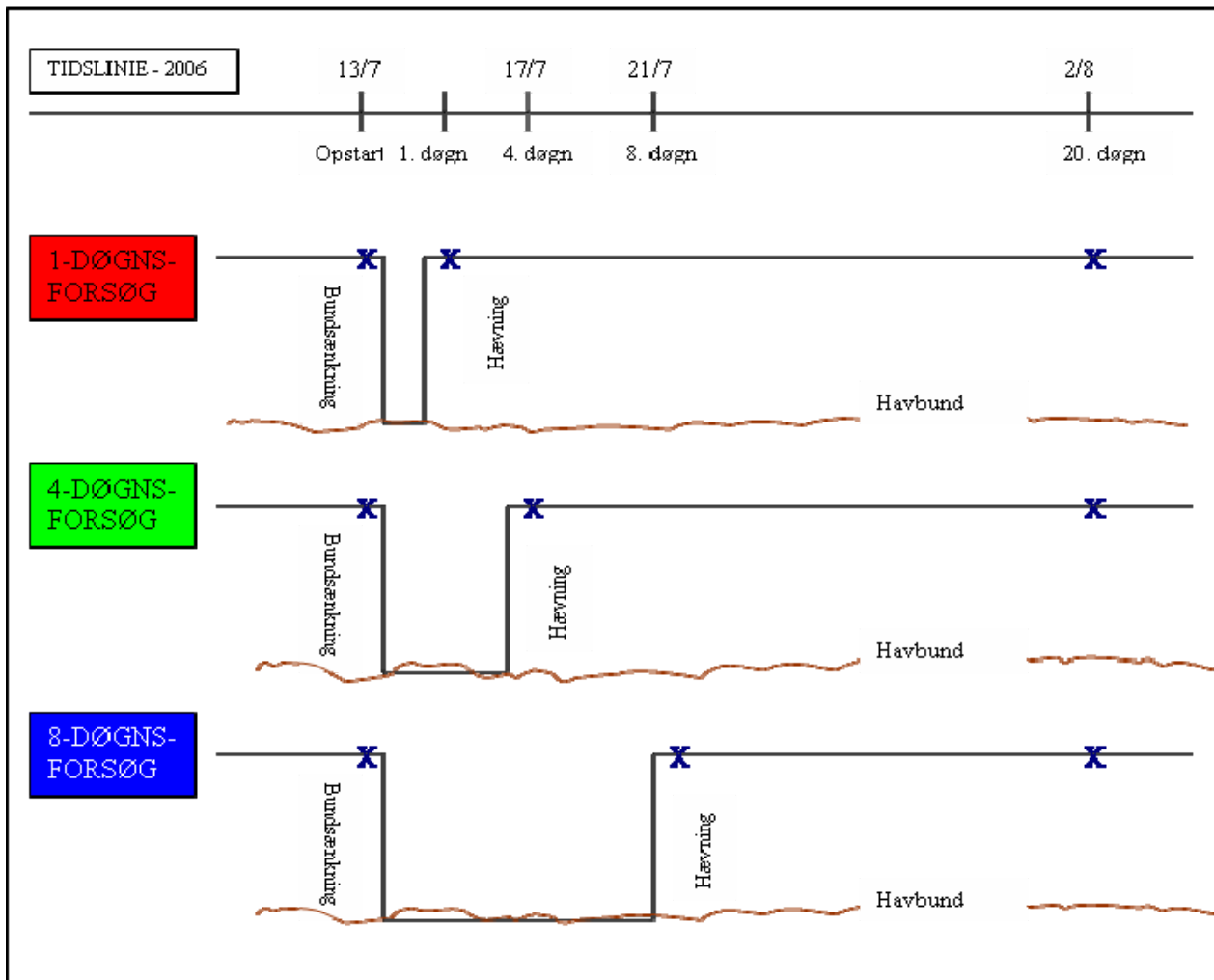
**Figur 4B-1.** Lysen Bredning juli 2006, strømppe med nedslag af yngel.



**Figur 4B-2.** Strømper med konsummuslinger dækket af nysettlet yngel.

Forsøgsdesignet er illustreret i figur 4B-3. Som det fremgår af figuren udgør de enkelte produktionsliner hvert sit forsøg. Line 1 var nedsænket et døgn, line 2 i 4 døgn og line 3 i 8 døgn. I den ene ende af forsøgslinerne forblev ca. 40 strømper i overfladen som kontrol. Imellem kontrolstrømperne og de nedsænkede strømper blev der etableret et tomt mellemrum på ca. 30 meter. Dette for at sikre at krabberne i forsøget ikke kunne vandre til kontrolstrømperne. Umiddelbart før nedsænkningen blev der, fra alle 3 liner, taget en kontrolprøve bestående af 3 tilfældigt udvalgte strømper. Lige efter nedsænkning blev det ved dykkermonitoring sikret, at strømperne havde berøring med bunden. Det blev så vidt muligt forsøgt at undersøge linerne så den nederste 1/4 del af strømpen lå langs bunden. Dette gav krabberne gode muligheder for at kravle op ad strømpen, og samtidig sikredes det, at linens opdrift holdt resten af strømpen fri fra bunden. Figur 4B-4 og 4B-5 viser hvorledes kontrol- og forsøgsstrømper hængte under forsøget.

Umiddelbart efter hævnings af linerne blev der udført en prøvetagning. Ved hver prøvetagning blev der udtaget tre tilfældige strømper fra hhv. bund- og kontrolstrømperne. Hævningen af linerne efter endt bundtid foregik forsigtigt således, at de krabber der måtte sidde på strømperne ikke blev rystet af under processen. For at vurdere langtidseffekten af krabbernes rensning efter bundkontakt blev der 20 døgn efter forsøgsstart udtaget både kontrol- og bundstrømpeprøver fra alle tre liner.



**Figur 4B-3.** Forsøgsdesign der viser nedsænkning, hævnning af liner samt prøvetagningsdato for de tre forsøgsliner. De blå markeringskryds på figuren indikerer prøvetagning af de enkelte liner. Bemærk at det kun er den del af linerne, der nedsænkes, som er illustreret i figuren.



**Figur 4B-4.** Kontrolstrømperne hævet over bunden.



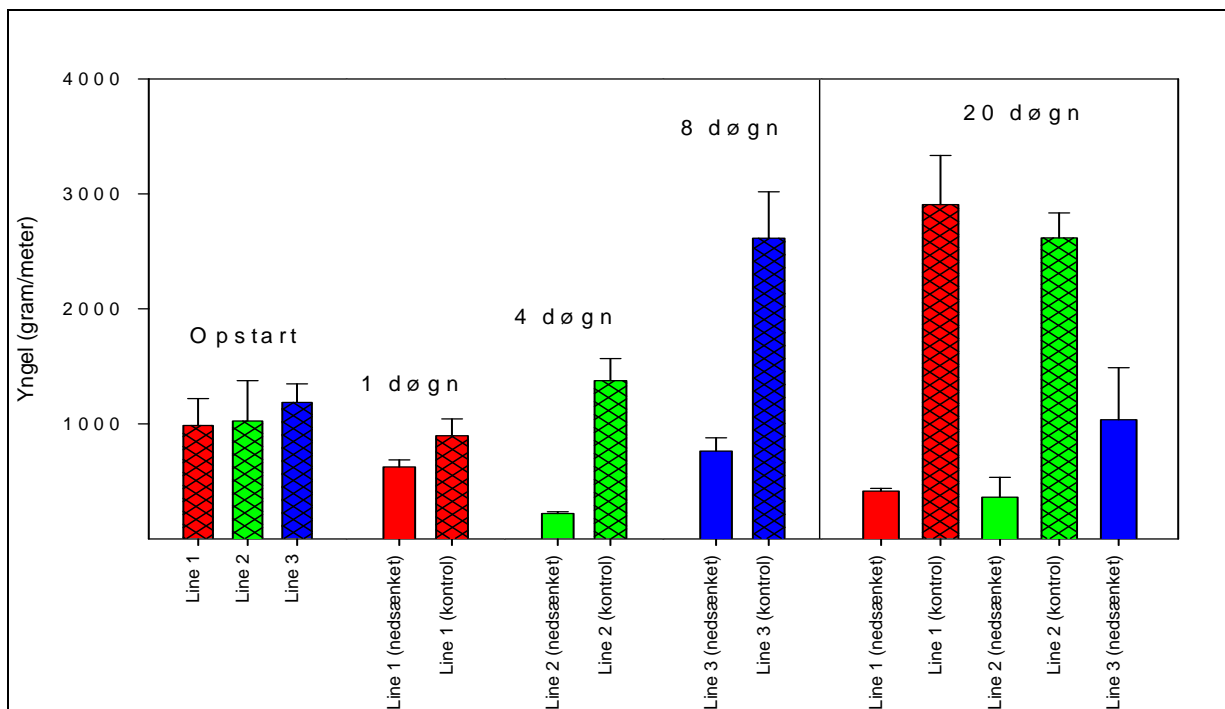
**Figur 4B-5.** Strømper nedsænket på bunden.

Desværre kunne det ved prøvetagningen efter 20 døgn konkluderes, at de strømper, der havde fungeret som kontrol for 8-døgns nedsænkningforsøget, havde haft berøring med bunden. På den

baggrund udelades disse af forsøget. Umiddelbart efter prøvetagning blev strømpernes samlede vægt og længde målt. Herefter blev der taget billeder af de tre replikater til senere visuel dokumentation (figur 4B-2). Den midterste halve meter af strømpen blev klippet af og vejede og herefter blev materialet på strømpen sorteret op i 4 fraktioner der alle blev vejede. En bunke med store konsummuslinger, en med skaller, en med yngel og en bunke med resten (affald). For at muliggøre frasortering af yngel blev prøverne skyllet grundigt i vand, og ynglen frasorteret vha. en sigte. De frasorterede bunker, samt 2 stykker (ca. 25 cm.) fra bund og top af strømpen, blev lagt op på et bord og fotograferet til senere visuel dokumentation.

## Resultater

Figur 4B-6 viser mængden af nysettlet yngel på forsøgslinjerne henover den samlede forsøgsperiode på 20 døgn.



**Figur 4B-6.** Figuren viser mængden af yngel (g) pr. meter samt standard afvigelser. De røde søjler viser resultaterne fra strømperne nedsænket 1 døgn, de grønne resultaterne fra strømperne nedsænket 4 døgn, og de blå resultaterne fra strømperne nedsænket 8 døgn. De skraverede søjler viser mængden af yngel på kontrolstrømperne.

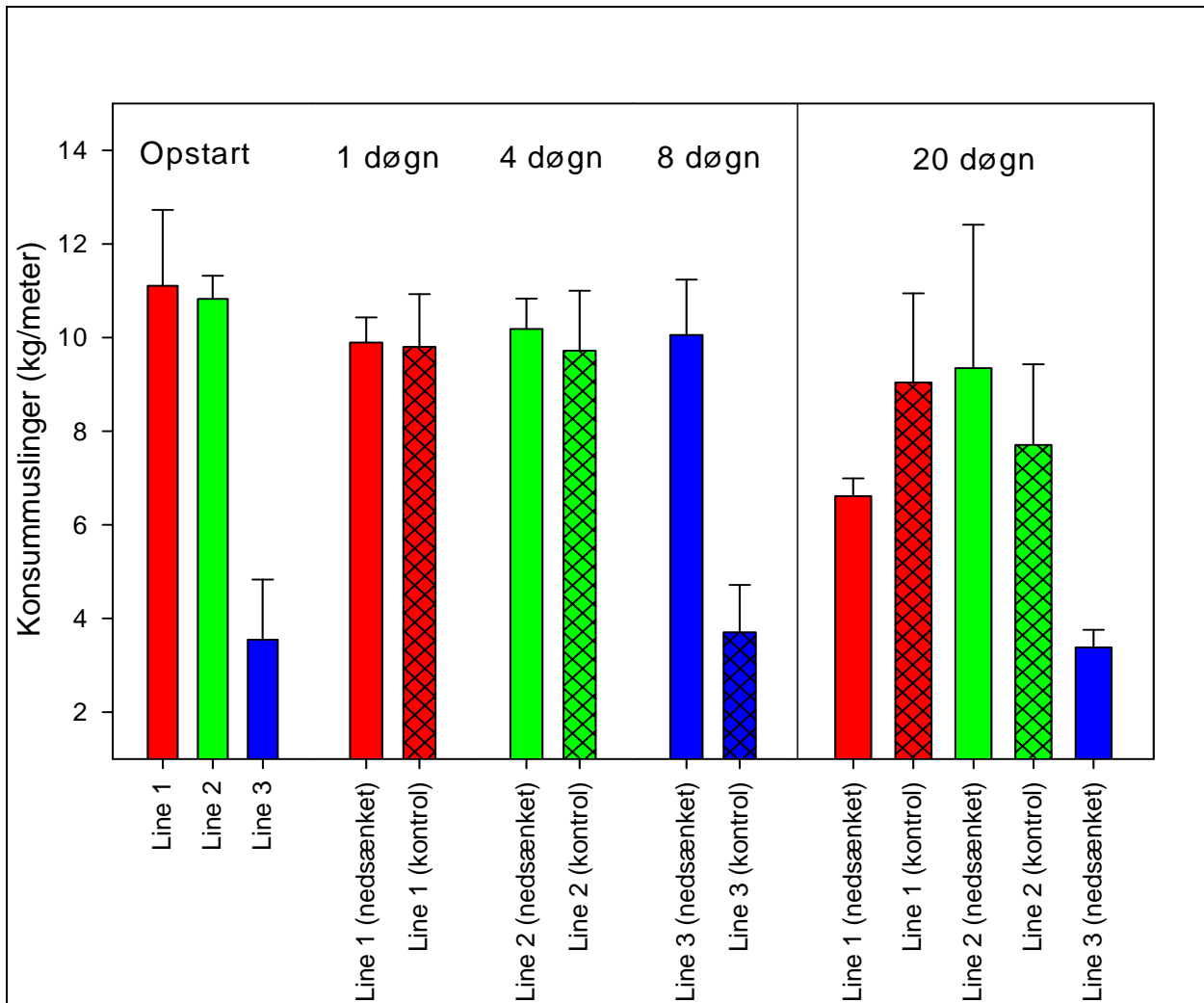
Ved forsøgsstart var der ikke signifikant forskel i mængden af nysettlet yngel på de tre forsøgslinjer (Kruskal-Wallis;  $p = 0,721$ ), men allerede efter et døgn nedsænkning til krabberne var der en signifikant forskel imellem de nedsænkede strømpere og kontrolstrømpere (t-test;  $p = 0,042$ ). Resultaterne viste, at krabberne i gennemsnit havde fjernet  $271 \pm 122$  g yngel pr. m produktionsstrømpe, svarende til en nettofjernelse på 29 %. Efter 4 døgn på bunden var forskellen på de to behandlinger endnu mere tydelig (t-test;  $p < 0,001$ ), og den gennemsnitlige forskel i mængden af yngel var nu  $1155 \pm 197$  g yngel pr. m strømpe mellem strømpere med bundkontakt og kontrolstrømpere (nettofjernelse på 84 % yngel). Efter 8 døgn på bunden var der en gennemsnitlig

forskel på  $1849 \pm 503$  g yngel pr. m strømpe. Forskellen var signifikant (t-test;  $p = 0,002$ ) og 70 % yngel var fjernet efter 8 døgn med bundkontakt. Mængden af yngel på kontrolstrømperne steg i løbet af forsøgsperioden. Der var således en signifikant større mængde af yngel på kontrolstrømperne efter sidste prøvetagning (20 døgn) sammenlignet med mængderne ved forsøgets start (1-døgns kontrol strømper: t-test  $p = 0,002$ , 4-døgns kontrolstrømper  $p = 0,003$ ). Der var ikke en tilsvarende stigning i hele forsøgsperioden (efter 20 dage) i mængden af yngel på strømperne fra de nedsænkede liner. Sammenlignes mængden af yngel på de nedsænkede liner på opbøjningstidspunktet med mængden af yngel på de samme liner efter 20 døgn, var der kun forskel i yngelmængden for de prøver, der havde haft bundkontakt i 1 døgn, hvor der var et signifikant fald i mængden af yngel fra 1. til 20. døgn efter forsøgsstart (t-test;  $p = 0,005$ ). For de nedsænkingsforsøg der blev kørt over 4 og 8 døgn, kunne der ikke påvises en signifikant forskel i mængden af yngel, fra det tidspunkt hvor linerne blev hævet og frem til prøvetagningstidspunktet efter 20 døgn (4-døgn; t-test;  $p = 0,225$ , 8-døgn; t-test;  $p = 0,370$ ). 20 døgn efter forsøgsstart var der fjernet  $2491 \pm 447$  gram yngel fra 1-døgnsstrømperne og  $2254 \pm 297$  gram yngel fra 4-døgnsforsøgene, hvilket svarede til en nettofjernelse af yngel på hhv. 85 og 86 %. Figur 4B-7 viser de visuelle forskelle mellem kontrol – og forsøgsstrømper efter de tre forskellige nedsænkingsforsøg.



**Figur 4B-7** A) kontrolstrømpen efter 1 døgns-forsøget. B) strømpen nedsænket 1 døgn. C) kontrolstrømpen efter 4 døgns-forsøget. D) strømpen nedsænket 4 døgn. E) kontrolstrømpen efter 8 døgns-forsøget. F) strømpen nedsænket 8 døgn på bunden

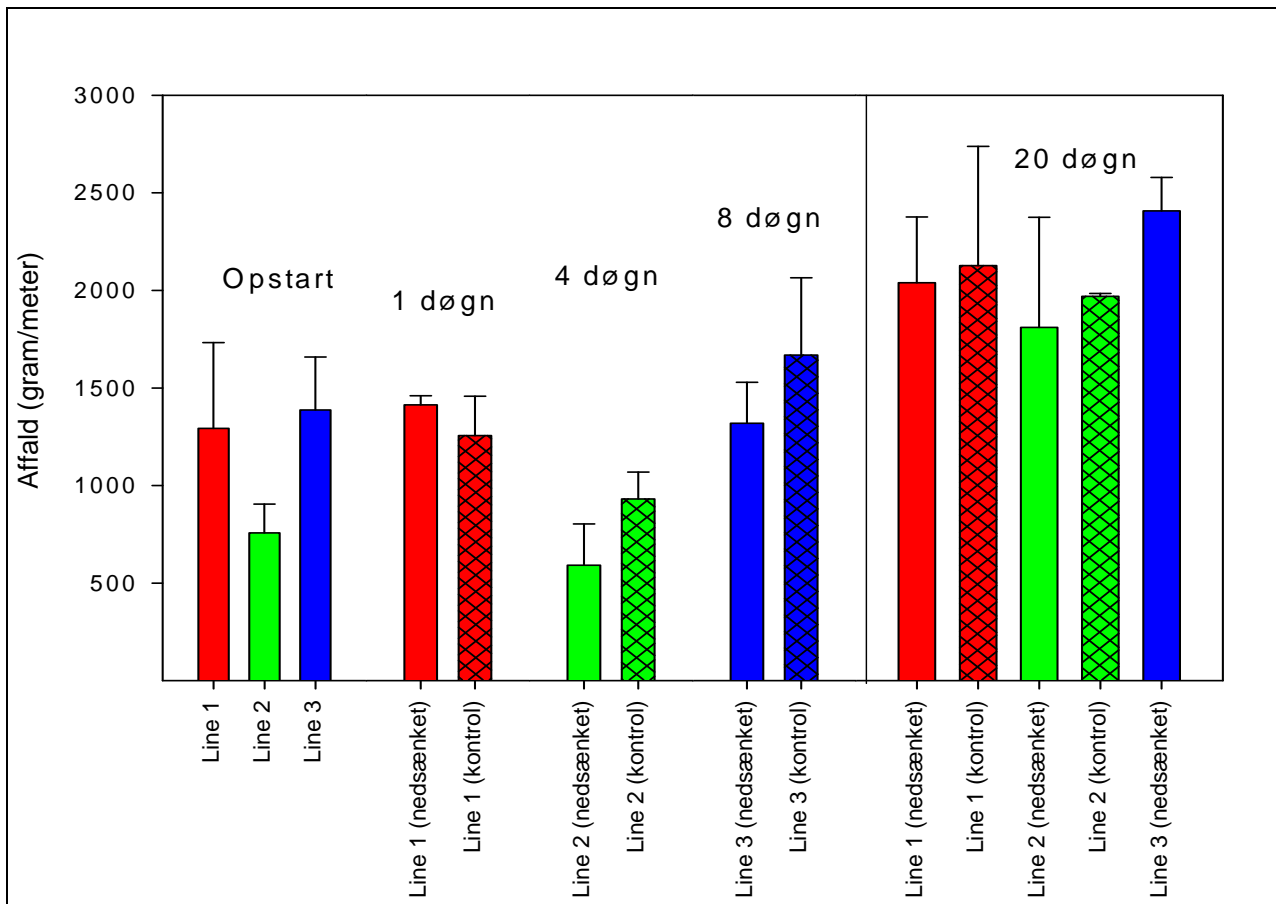
Der skete ikke en overordnet ændring i mængden af konsummuslinger over de 20 døgn, hvor forsøget kørte (figur 4B-8). Betragter man derimod mængden af konsummuslinger på de enkelte forsøgslinier, var der allerede fra starten af forsøget stor forskel imellem de enkelte forsøgslinier. Mængden af konsummuslinger i de strømpen der indgik i 8-døgns nedsænkingsforsøget, var ved start således signifikant lavere end mængden af muslinger fra både 1- og 4-døgns nedsænkingsforsøget (ANOVA;  $p = 0,001$ ). Denne forskel går igen gennem forsøget undtagen efter nedsænkningens ophør (8 dage), hvor mængden af konsummuslinger var meget høj. Den bemærkelsesværdige store mængde konsummuslinger i nedsænkede muslinger efter 8 dage kan muligvis være forårsaget af en fejl under prøvetagningen.



**Figur 4B-8.** Mængden af konsummuslinger (kg) pr. meter strømpe samt standard afvigelser for de forskellige prøvetagninger. De røde søjler viser resultaterne fra strømperne nedsænket 1 døg, de grønne resultaterne fra strømperne nedsænket 4 døg, og de blå resultaterne fra strømperne nedsænket 8 døg. De skraverede søjler viser mængden af konsummuslinger på kontrolstrømperne.

Der var en stigende mængde affald på forsøgsstrømperne gennem forsøgsperioden (figur 4B-9). Strømperne, der blev anvendt til 4-døgns forsøget, havde som udgangspunkt en signifikant lavere mængde af affald end de strømper, der blev anvendt til 1-døgns (t-test,  $p < 0,001$ ) og 8-døgns (t-test,  $p = 0,024$ ) forsøget, og dette mønster var gældende i hele forsøgets udstrækning. Der kunne på intet tidspunkt i løbet af forsøget påvises en forskel i affaldsmængden mellem kontrolstrømperne og bundstrømperne indenfor de enkelte behandlinger.





**Figur 4B-9.** Mængden af affald (g) pr. meter strømpe samt standard afvigelser for de forskellige prøvetagninger. De røde søjler viser resultaterne fra strømperne nedsænket 1 døgn, de grønne resultaterne fra strømperne nedsænket 4 døgn, og de blå resultaterne fra strømperne nedsænket 8 døgn. De skraverede søjler viser mængden af konsummuslinger på kontrolstrømperne.

## Diskussion og konklusion

Forsøgene viser, at der kort tid efter bundkontakt var fjernet betydelige mængder nysettlet yngel fra de nedsænkede strømper og at krabbernes aktivitet bidrager signifikant til rensning af produktionsstrømperne over hele forsøgsperioden. Der blev fjernet mest yngel efter 4 døgn bundsænkning (84 %) i forhold til 29 % og 70 % for hhv. 1 døgn og 8 døgn nedsænkning. Ved at inkludere langtidseffekten (efter 20 døgn) af nedsænkningen viser resultaterne, at de krabber, der blev på strømperne, var i stand til at holde yngelmængden nede på omkring 15 % i forhold til mængden på kontrolstrømperne. Dette til trods for en kraftige settling af ny yngel på linerne fra hævningsstidspunktet til forsøgets afslutning. Selvom fjernelsen af yngel efter 1-døgns forsøget ikke var nær så effektiv som efter 4 døgn bundtid, var de tilstedeværende krabber således stadig i stand til at kompensere for den korte bundtid i den efterfølgende periode, hvor linerne var opbøjet. Den visuelle inspektion af strømperne understøtter denne konklusion, men viser samtidigt, at krabbernes fjernelse af yngel ikke var 100 % effektiv, da noget yngel tilsyneladende har siddet utilgængeligt for krabberne. Den mest effektive afrensning af yngel blev således opnået med en bundtid på 1-4 døgn

varighed. Indenfor dette interval må andre forhold som de generelle bundforhold (fx iltsvind og blødt sediment) og tilstedeværelse af søstjerne afgøre optimal praksis.

Hvis man tillader muslingerne at komme i berøring med bunden, er det en udbredt erfaring hos opdrætterne og fra tidligere studier (Dolmer 1998, Leonard *et al.*, 1999, Carrington 2002, Tørring og Petersen 2008), at muslingerne sidder væsentlig bedre fast i den efterfølgende periode. Det var derfor forventet, at krabbernes tilstedeværelse ville have en effekt på mængden af konsummuslinger på strømperne. Resultaterne viste dog ikke en væsentlig ændring i mængden af konsummuslinger i løbet af forsøgsperioden, hvilket delvist kan tilskrives den relative korte varighed af forsøget. På den anden side kunne vi, mod forventning, ikke observere et betydeligt fald i mængden af konsummuslinger ved håndtering af linerne, hvilket tyder på, at den generelle fasthæftning på forsøgstidspunktet var højere end forventet.

Det var i projektet forventet, at krabbernes aktivitet på strømperne samt deres håndtering af muslingevingelen ville forårsage et fald i mængden af affald i løbet af forsøgsperioden. Da affaldet hovedsageligt består af hydroider og søpunge, og disse ofte optræder i klumper sammen med det nysettede yngel, var det forventet, at krabberne ville "skubbe" disse klumper af i forbindelse med deres aktivitet på strømperne. Der kunne på intet tidspunkt dokumenteres nogen entydig forskel i affaldsmængden, hverken imellem bund- og kontrolstrømper eller indenfor den enkelte behandling over tid, og det kan derfor konkluderes, at nedsænkningen af produktionsliner ikke havde nogen betydelig indflydelse på mængden af affald. Den samlede stigning i mængden af affald over tid var sandsynligvis et resultat af naturlig tilvækst af især hydroider og søpunge samt ny rekruttering af andre arter end blåmuslinger.

Tilstedeværelse samt tæthed af krabber og søstjerner vil være meget afgørende for resultaterne. Forekomsten af krabber og søstjerner kan variere indenfor både områder og årstid. Forekomst og tæthed af prædatorer blev ikke kvantificeret i indeværende projekt, men det har været indtrykket, at forekomsterne af både krabber og søstjerner under forsøgsperioden, har været moderate. Videoptagelserne ved forsøgets start viste ingen masseforekomster af hverken krabber eller søstjerner, og under de efterfølgende hævninger af forsøgslinjerne var der ikke nævneværdige mængder af søstjerner på strømperne. Senere analyser af videoptagelserne viste en krabbetæthed på omkring 4-5 pr. strømpe, hvilket, ud fra tidligere iagttagelser, vurderes at være en forholdsvis lav tæthed af krabber.

## 4. C Vinter-, forår-, sommer- og efterårsstrømning

### Introduktion

I det danske muslingeopdræt foregår mellemhåndteringen, i form af strømning og udhængning, af muslingerne normalt i sensommeren og efteråret fra august til oktober. I denne forholdsvis korte periode skal hele næste års produktion hænges på liner, og det er en meget stor arbejdsbyrde for de enkelte opdrættere. Den primære årsag til, at mellemhåndteringen foregår over så kort en periode er, at muslinger opsamlet fra den store gydning i maj-juni vil være 15-25 mm på dette tidspunkt og netop denne størrelse er optimal til genudhængning i strømper. Muslingernes skaller vil her være tilstrækkelig robuste til at klare den videre sorterings- og strømningssproces, og samtidig er muslingerne ikke så tunge at håndtere. I denne periode er opdrætteren afhængig af både godt vejr og disponibelt mandskab, så arbejdet med høst, strømning og udhængning kan gennemføres indenfor tidsrammen. Hvis dette arbejde går for langsomt, bliver muslingerne for store, og det kan give problemer med både indsamling og strømning, da der skal bruges en meget større biomasse af muslinger for at lave den samme mængde strømper. Desuden er det erfaringen at jo større muslingerne er, og jo længere tid de får lov at sidde på opsamlerne, des mere affald i form af byssus skal der frasorteres inden strømning. Større muslinger betyder derfor en øget arbejdsbelastning og en forlængelse af håndteringsperioden under strømningssprocessen.

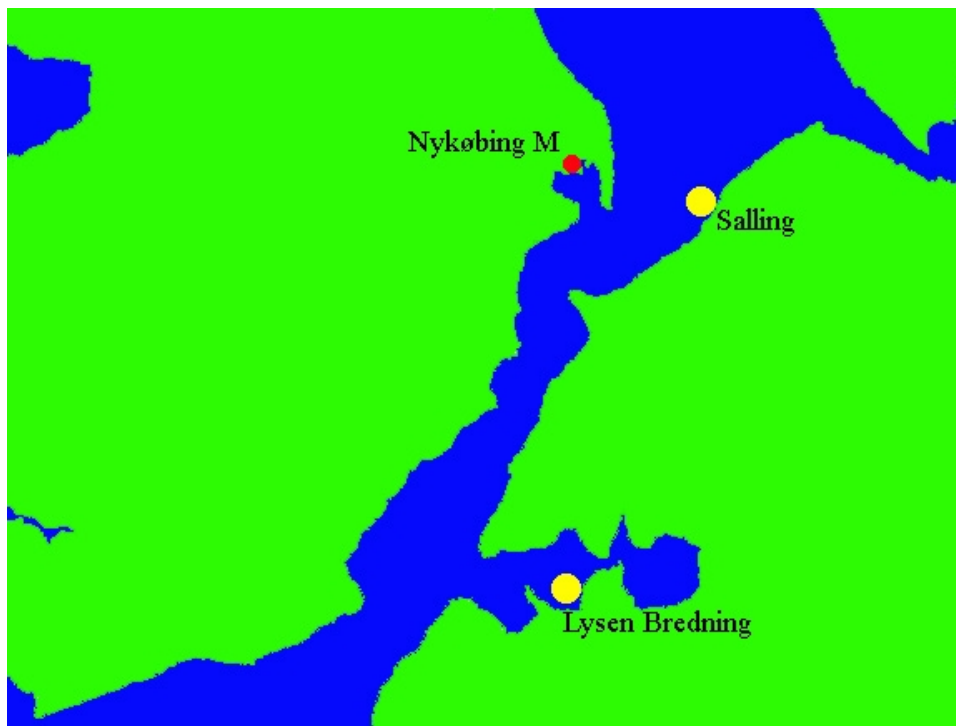
I kapitel 4A har vi beskrevet, hvordan der kan samles yngel ind gennem en længere periode, end der traditionelt bliver gjort. Ligeledes er der larver i vandet i en stor af året, og der er således et grundlag for en forlænget sæson for strømning. Hvis opdrætterne kan udnytte forekomster af yngel over en længere periode, vil strømningen kunne fordeles over flere perioder i løbet af året. Først og fremmest ville arbejdsbyrden blive mere jævnt fordelt over året og derudover ville opdrætteren også have mulighed for at levere færdige konsummuslinger henover en større del af året.

Formålet med denne arbejdsplan var at undersøge om det er muligt at udvide strømningssæsonen. I undersøgelsen blev der udhængt strømper på fem forskellige tidspunkter af året. Udhængningstidspunkterne lå både indenfor og udenfor den normale strømningssæson. Efter udhængning blev der lavet opfølgende prøvetagninger for at undersøge, hvordan strømningstidspunktet havde indflydelse på det kvantitative (antal/udbytte) og kvalitative (kødprocent) udbytte og på mængden af fouling. Udhængningerne blev udført sideløbende i to opdrætsanlæg, som var placeret i henholdsvis en beskyttet vig og på åben kyst, for at undersøge om fysiske påvirkninger som strøm, vind og temperatur kunne have indflydelse på resultaterne.

## Materialer & metoder

### Lokaliteter

Forsøgene blev udført i Dansk Skaldyrcenter's opdrætsområder i Sallingsund og i Lysen Bredning. Placeringen af de to opdrætsområder kan ses på figur 4C-1 og en detaljeret beskrivelse af områderne er givet i Bilag C. Målinger af temperatur, salinitet og strømhastighed foretaget igennem prøvetagningsperioden i de to områder kan ses i bilag F.



**Figur 4C-1.** Kortudsnit, der viser placeringen af forsøgsområderne i Sallingsund og Lysen Bredning.

### Strømning og udhængning

Muslinge yngel til forsøgene blev høstet fra yngelopsamlere på DSC's anlæg i Sallingsund. Så vidt det var muligt blev der indhøstet yngel i størrelsesintervallet 25 -30 mm. Muslingerne blev strømpet i enkeltstrømper efter dyrkningsprincippet med mellemhåndtering (se bilag A). Det blev forsøgt at opnå en tæthed på 600-800 muslinger pr. meter ved udhængning, men det var ikke muligt i alle tilfælde pga. materialets beskaffenhed. Til de 3 første forsøgsudhængninger var mængden af yngel ikke stor nok til at der kunne hænges muslinger fra samme sortering ud i begge områder, så der var forskel i gennemsnitsstørrelsen ved udhængning i de to områder. Til de 2 sidste forsøgsudhængninger havde muslingerne samme udgangsstørrelse i de to områder. Den første strømning og udhængning var i april 2006 og blev efterfulgt af udhængninger i maj, juli, september og november. De to sidstnævnte udhængninger lå indenfor den normale strømningssperiode og blev medtaget som sammenligningsgrundlag. Der blev udhængt 40-60 strømper i hvert område for hvert forsøg. Igennem forsøgsperioden blev linerne med forsøgsstrømper jævnlige bøjet op, for at undgå at strømperne kom i kontakt med bunden.

Ved udhængning blev der udtaget en startprøve. I de tilfælde hvor der blev udhængt forskelligt størrelse muslinger i de to områder, blev der lavet en startprøve for hvert område. Efter udhængning blev der jævnlige udtagte prøver, dog med mindre frekvens igennem vinteren, hvor væksten typisk er nedsat. I alt blev der gennemført 5-6 prøvetagninger for hver udhængning. Tabel 4C-1 viser en oversigt over udhængnings- og prøvetagningsdatoer.

Indenfor muslingeopdræt betegnes muslinger som konsummuslinger, når de i gennemsnit er over 45 mm, men større muslinger er ofte efterspurgt af opkøberne. I denne undersøgelse blev der lavet prøvetagninger indtil muslingerne var minimum 45 mm ("først mulige høsttidspunkt") og i de fleste tilfælde også over 50 mm i gennemsnit.

**Tabel 4C-1.** Oversigt over udhængnings- og prøvetagningsdatoer i de to forsøgsområder, samt oversigt over den inddeling af udhængningerne og de betegnelser, som er brugt i resultat- og diskussionsafsnit. Der blev ikke lavet startprøver for september-udhængningen.

Område	Udhængning	Prøvetagning	Periode	Benævnelse
Lysen bredning	21-04-06	21.04.06 – 18.10.06	Forår	april-udhængning
	09-05-06	09.05.06 – 18.10.06	Forår	maj-udhængning
	13-07-06	13.07.06 – 14.11.06	Sommer	juli-udhængning
	12-09-06	18.10.06 – 01.05.07	Efterår	september-udhængning
	16-11-06	16.11.06 – 18.06.07	Efterår	november-udhængning
Sallingsund	21-04-06	21.04.06 – 16.10.06	Forår	april-udhængning
	09-05-06	09.05.06 – 16.10.06	Forår	maj-udhængning
	13-07-06	13.07.06 – 15-11-06	Sommer	juli-udhængning
	12-09-06	16.10.06 – 23.04.07	Efterår	september-udhængning
	16-11-06	16.11.06 – 18.06.07	Efterår	november-udhængning

Ved hver prøvetagning blev der i begge områder tilfældigt udtaget 3 strømper fra hver udhængningsdato, som blev fragtet til DSC til videre oparbejdning. De 3 strømper blev oparbejdet efter en standardmetode, som undersøger antal, vægt og kødprocent i muslingerne. Metoden er beskrevet i bilag B (udvidet strømpeprøve). Derudover blev mængden af fouling opgjort. Fouling er i denne undersøgelse en samlet betegnelse for alt andet end konsummuslinger. Altså både normale foulingorganismer som hydroider og kalkrørsorm, men også tomme skaller og mindre muslinger fra yngelnedslag. Foulingmængden blev opgjort på en 1/2 meter strømpe i forbindelse med den udvidede strømpeprøve.

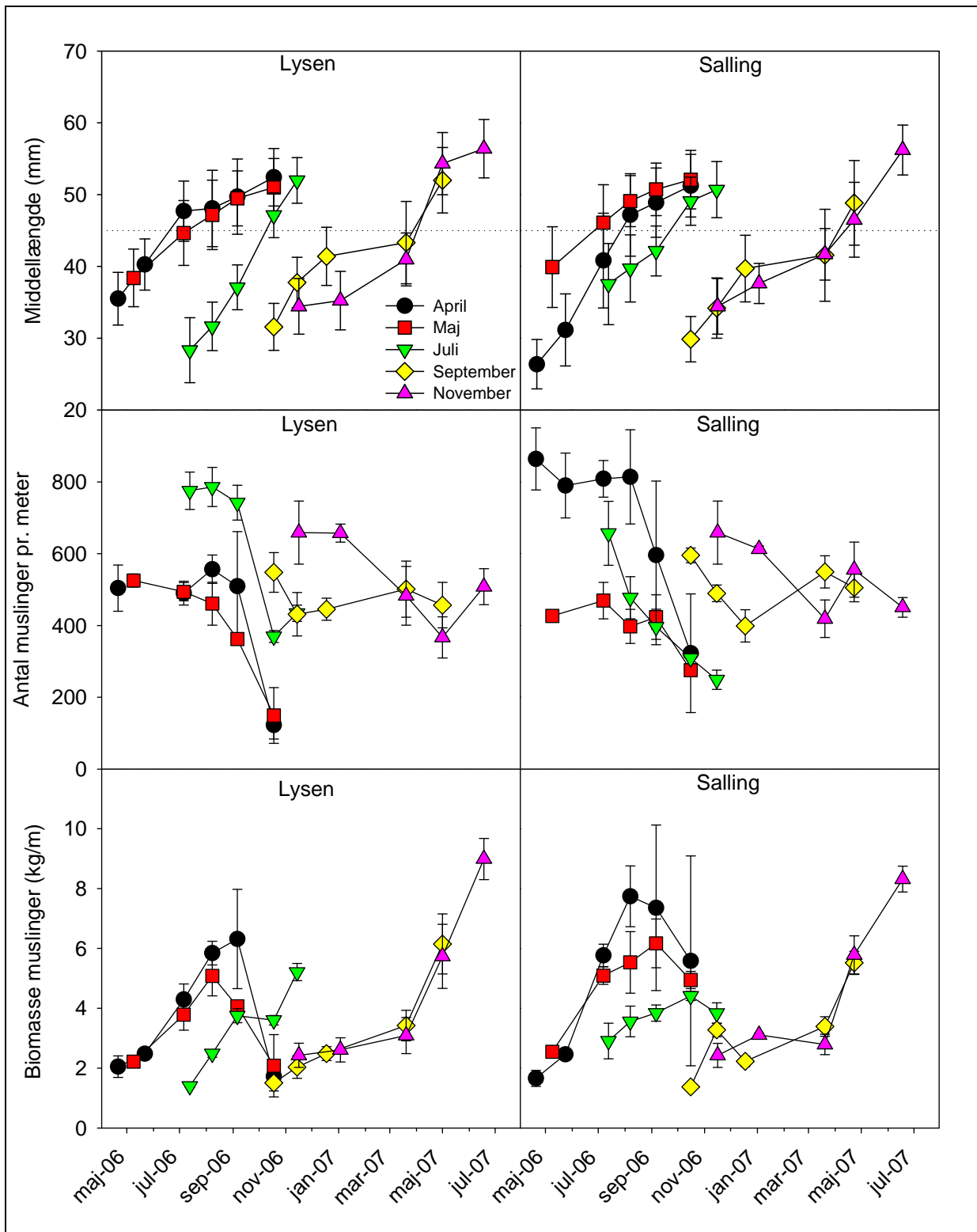
## Resultater

Målinger af temperatur, salinitet og strømhastighed foretaget igennem prøvetagningsperioden i de to områder er vist i bilag F. Forløbene af temperatur og salinitetsmålingerne viste kun mindre forskelle imellem de to områder over prøvetagningsperioden. For strømhastigheden viser gennemsnitsmålinger over en toårig periode at der er væsentlige forskelle imellem områderne. (se bilag F).

## Udhængning i foråret

Den store størrelse af udgangsmaterialet ved mange af udhængningerne betød, at der gik få måneder før muslingerne var klar til høst. I begge områder kunne muslingerne fra forårsudhængningerne således høstes allerede i juli eller august (figur 4C-2). Fra udhængning og frem til første mulige høsttidspunkt kunne der ikke konstateres signifikant forskel i antallet af muslinger ved nogen af udhængningerne (Lysen april, ANOVA, Bonferroni,  $P=0,001$ ; Lysen maj Kruskal-Wallis,  $P=0,016$ ; Salling april ANOVA, Bonferroni,  $P=0,001$ ; Salling maj (ANOVA, Bonferroni,  $P=0,014$ ).

Biomassen var ved udhængning 2-2,5 kg pr. meter og voksede jævnt for alle udhængninger i perioden frem til første mulige høsttidspunkt. Som konsekvens af det højere antal muslinger på april-udhængningen i Salling, var biomassen af muslinger signifikant højere på denne udhængning ved første mulige høsttidspunkt (ANOVA,  $P=0,001$ ) (figur 4C-2). Biomassen lå på knap 8 kg pr. meter mod 4-5 kg på de andre udhængninger. Hvis høsten udsættes, frivilligt eller ufrivilligt, er der risiko for tab af muslinger, hvilket også ses ved dette forsøg. Ved prøvetagningerne efter første mulige høst, blev der observeret et markant fald i biomasse for begge udhængninger i Lysen Bredning. Biomassen faldt til omkring 2 kg pr. meter. Dette fald skete ikke i Salling, hvor biomassen lå omkring 5-6 kg i gennem resten af perioden.



**Figur 4C-2.** Middellængde, antal og biomasse ± sd. af muslinger pr. meter. Først mulige høsttidspunkt (45 mm) er angivet som en stiplede linie. Bemærk at data for første punkt i graferne for september-udhængningerne (gule punkter) ikke er fra udhængningsdatoen, men fra første prøvetagning.

### Udhængning om sommeren

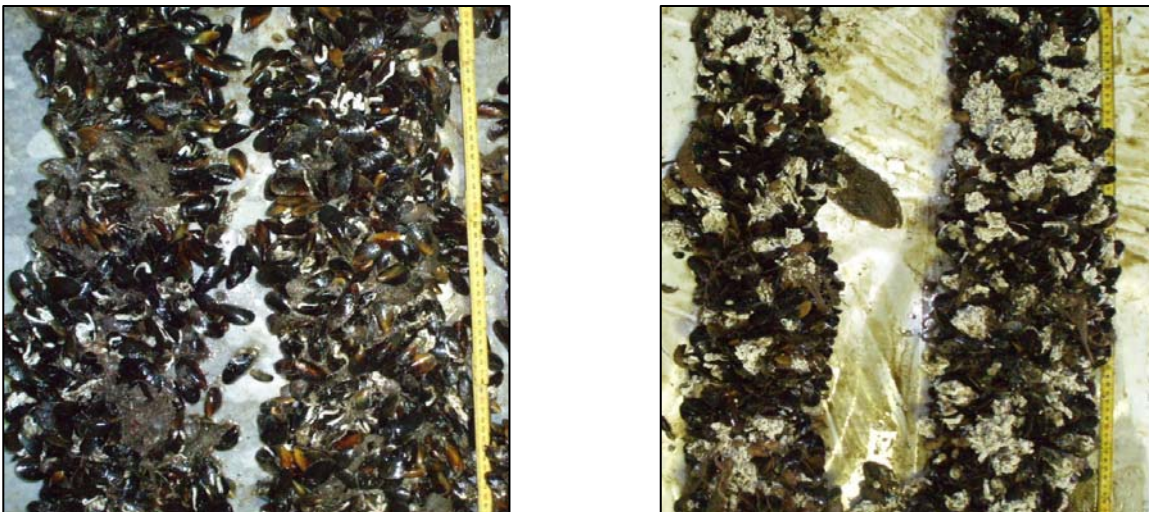
Der blev foretaget en sommerudhængning den 13. juli. Ved udhængningen i Sallingsund var muslingerne mindre og med højere tæthed end i Lysen Bredning, men i begge områder havde muslingerne nået konsumstørrelse ved prøvetagningen i oktober (figur 4C-2). I begge områder var strømperne udsat for et signifikant fald i antallet af muslinger inden de nåede konsumstørrelse (Lysen B., ANOVA, Bonferroni,  $P < 0,001$ ; Sallingsund, ANOVA, Bonferroni,  $P < 0,001$ ). Biomassen var forholdsvis lille ved det første mulige høsttidspunkt. I begge områder var den omkring 4 kg/meter. Dette var den højeste biomasse som blev målt i Sallingsund, mens biomassen steg i Lysen Bredning ved den efterfølgende prøvetagning (figur 4C-2).

### Udhængning om efteråret

I efteråret blev der lavet to udhængninger (12. september og 16. november). I begge områder var der kun små udsving i antallet af muslinger igennem prøveperioden, og der blev ikke observeret det samme tab af muslinger igennem prøvetagningsperioden, som ved tidligere udhængninger (figur 4C-2). Tilvæksten i biomasse var lav igennem vinteren, men i foråret skete der en kraftig og ens stigning i biomasse for begge udhængninger i begge områder. Hvis der blev ventet yderligere 6 uger med at høste november-udhængningen, var biomassen over 8 kg pr. meter i begge områder - det højeste, der blev observeret i løbet af denne undersøgelse.

### Fouling

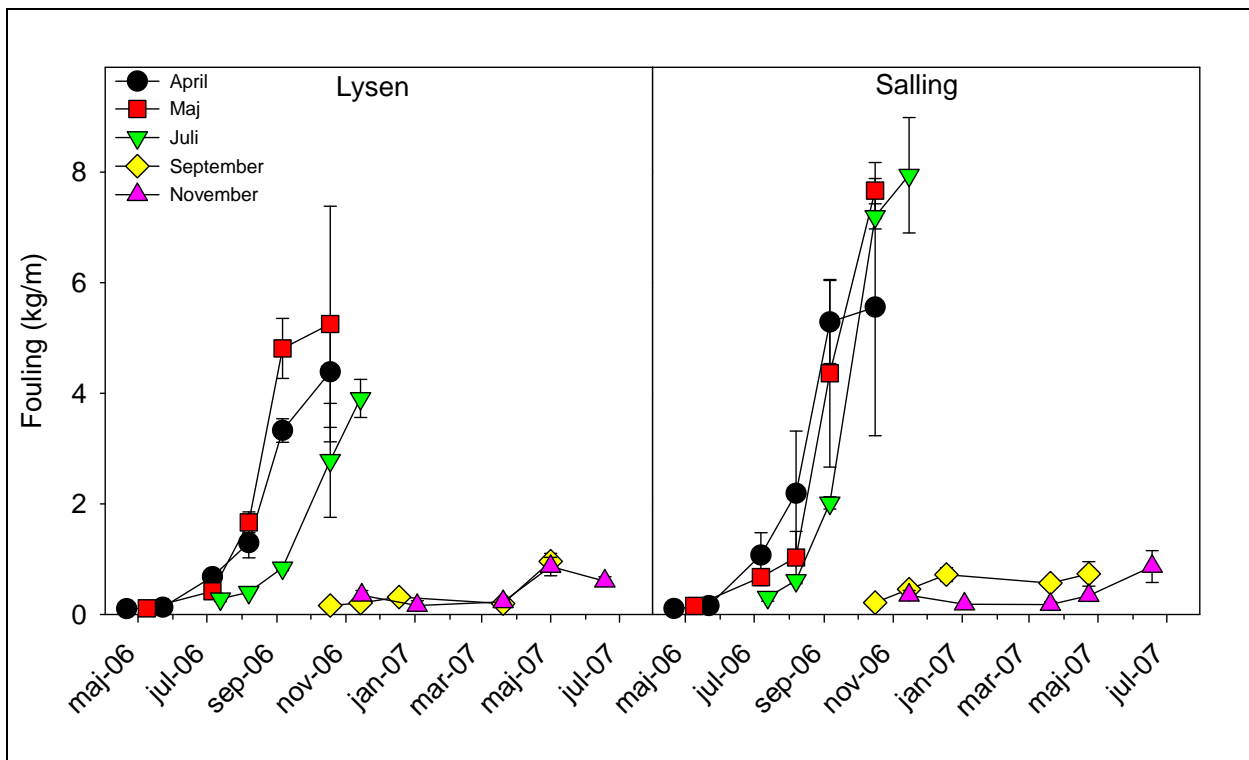
I oparbejdningen blev alt det materiale, som blev vurderet til ikke at høre til de oprindelige udhængte muslinger, betegnet som fouling. Der blev altså ikke skelnet mellem de forskellige organismer, som foulingen bestod af. I få tilfælde blev det noteret, hvad foulingen bestod af og i disse tilfælde bestod størstedelen (80-90 %) af blåmuslinge-yngel, hvilket også fremgår af billedmaterialet fra oparbejdningen (figur 4C-3).



**Figur 4C-3.** Billedeksempler taget under oparbejdningen af strømper. Billedet til venstre var fra en prøvetagning 18. oktober 2006 af juli-udhængningen i Lysen. Billedet til højre var fra en prøvetagning 16. oktober 2006 af juli-udhængningen i Salling. Billedet til højre viser at Salling området var hårdt ramt af trekantorm i sommeren 2006.



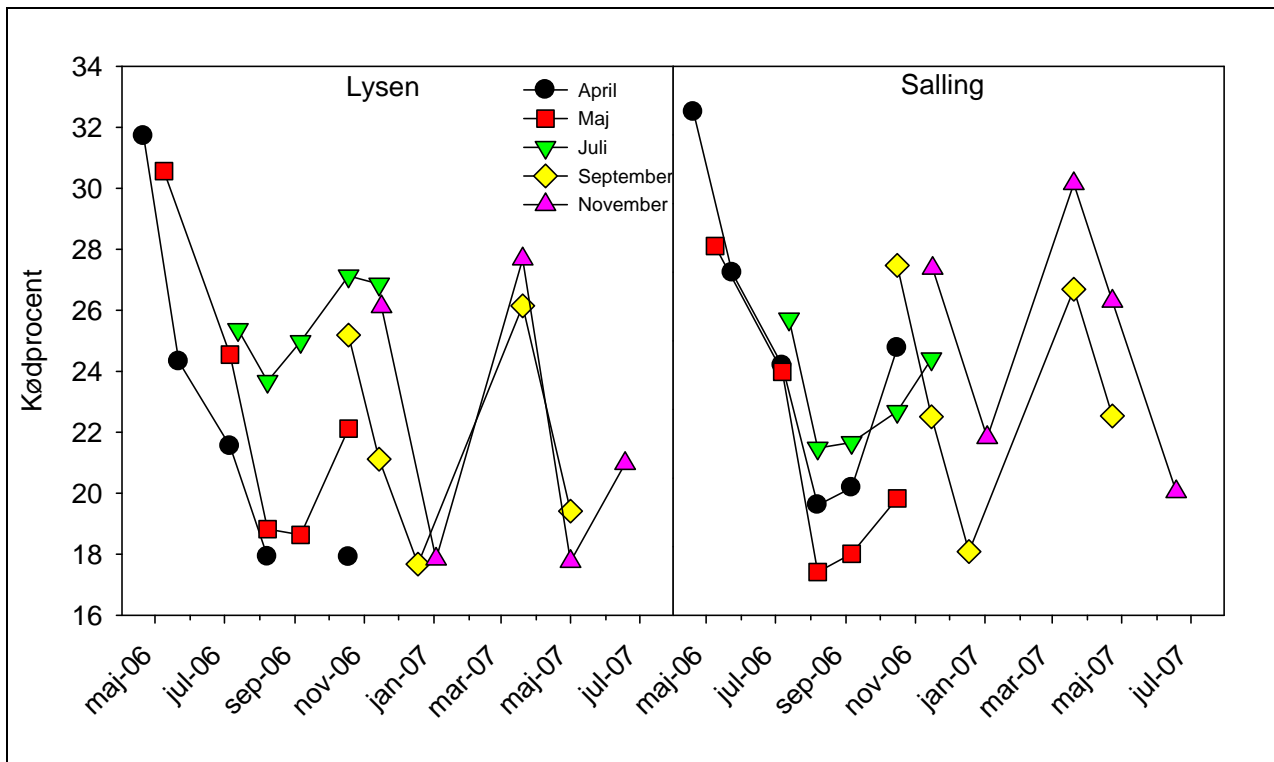
Resultaterne for foulingsmængderne kan ses på figur 4C-4. Der var et tydeligt billede af, at udhængningerne fra forår og sommer blev ramt af en stor mængde fouling i løbet af vækstperioden sammenlignet med efterårsudhængningerne. Ved forårsudhængningerne kunne mængden af fouling holdes på 2 kg pr meter eller derunder ved første mulige høsttidspunkt. Mængden af fouling var større ved senere høst (figur 4C-4). Sommerudhængningerne blev ramt af en betydelig mængde fouling og ved disse udhængninger var det, pga. muslingernes størrelse, ikke muligt at høste tidligt og derved undgå de værste problemer. Allerede ved første mulige høsttidspunkt var der omkring 3 kg fouling pr. meter i Lysen og 7 kg pr. meter i Sallingsund. I Sallingsund var der på samme tidspunkt 4,4 kg muslinger (figur 4C-2). Efterårsudhængningerne blev kun ramt af fouling i et meget begrænset omfang og var sjældent over 0,5 kg pr. meter (figur 4C-4).



**Figur 4C-4.** Viser mængden af fouling på de forskellige udhængninger igennem prøvetagningsperioden.

### Kødprocent

Sommerudhængningen fra Lysen adskilte sig fra de øvrige udhængninger ved en høj og stabil kødprocent igennem prøvetagningsperioden. Kødprocenten ved konsumstørrelse var på 27,1 % og dermed den højeste i forsøget (figur 4C-5). Ved de andre udhængninger lå niveauet for konsummuslingerne på 17,9-22,1 % i Lysen og 17,3-25,2 % i Salling. Generelt blev de højeste kødprocenter målt i marts-april, men muslingerne var kun i få tilfælde store nok til at blive høstet på dette tidspunkt, og biomassen af muslinger var forholdsvis lav (figur 4C-2).



Figur 4C-5. Kødprocent for de 5 forskellige udhængninger i hvert område.

## Diskussion

Den nuværende almindelige praksis med strømpning i efteråret gav de bedste resultater i form af højest udbytte og mindst fouling. De største biomasser af høstklare muslinger blev således i begge områder observeret ved sidste prøvetagning af november-udhængningen og lå på henholdsvis 8,3 og 9,0 kg pr. meter, hvilket må betegnes som et rigtig godt udbytte. September-udhængningerne blev stoppet et par måneder tidligere, men udviklingen i biomasse havde indtil da fulgt samme mønster som november-udhængningen, så lignende udbytter kunne være mulige, hvis prøvetagningen havde fortsat. En væsentlig del af årsagen til det høje udbytte for efterårstrømpning var et lille tab af muslinger fra strømperne. Forårsudhængningerne kunne også have givet gode udbytter, hvis de var blevet høstet på det rette tidspunkt, før muslingerne blev tabt fra strømperne, men efter de havde nået konsumstørrelse. Det er endvidere værd at bemærke, at muslingerne nåede konsumstørrelse langt hurtigere end muslinger strømpet om efteråret, hvilket er forventeligt når den årstidsbestemte variation i temperatur og fødetilgang tages i betragtning. Ved strømpning i foråret skal der altså tages hensyn til at muslingerne skal opnå konsumstørrelse og høstes inden efteråret. Ved udhængning i foråret kan det ikke undgås at der sætter sig yngel på strømperne i løbet af vækstsæsonen. Denne mængde af yngel kan evt. udnyttes ved at kombinere høsten med indsamling af yngel til efterårsudhængninger, således af frasorteret yngel bruges til nye udhængninger. Sommerudhængningen resulterede derimod i et signifikant fald i antal muslinger inden de opnåede konsumstørrelse og blev også ramt af store mængder fouling. Set i forhold til de andre udhængninger var sommerudhængningen således en meget begrænset succes.

Der blev ikke lavet specifikke undersøgelser af hvilke faktorer, der kunne forklare de store tab, som blev observeret på strømper i begge opdrætsområder i efteråret 2006. Det er dog sandsynligt, at fouling i form af store mængder yngel har haft stor betydning. Store mængder yngel, som sætter sig uden på og imellem de større muslinger, kan skubbe de store muslinger af, når de vokser. Som det blev vist i afsnit 4.B, kan det lade sig gøre at fjerne en stor del af nysettlet yngel ved at sænke strømperne ned til bunden i en kort periode, så krabber kan kravle op på strømperne og fortære de små muslinger. Forsøget viste, at krabberne kunne holde mængden af yngel på omkring 300 gram pr meter over en 20 dages periode. Dette niveau ligger langt under de observerede mængder i dette forsøg, og det vil givetvis have en stor betydning. Processen med nedsækning er dog arbejdskrævende og skal muligvis gentages i løbet af sommeren for at opnå den ønskede effekt. Dermed kan nogle af de negative effekter af alternativ udhængningstidspunkter sandsynligvis blive reduceret og en videre udvikling skal involvere nedsækning til krabber. Fordelene ved strømpning i foråret er som vist en kortere vækstsæson, fordeling af spidsbelastningen i arbejdsindsats og en mere kontinuert tilførsel af muslinger til markedet. En samlet vurdering af en forlænget sæson for strømpning skal derfor involvere både yngelopsamling (kap. 4A), god produktionspraksis med nedsækning til krabber (kap. 4B) og en forlænget strømpningssæson og de produktionsstrategiske fordele vedrørende udnyttelse af arbejdskraft og materiel samt mulighederne for kontinuert markedsforsyning.

## 4. D Dobbelstrømning af enkelthængende strømper

### Indledning

I forbindelse med produktion af konsummuslinger, kan der sidst i vækstsæsonen opstå problemer med store biomasser, som vil være større end det opdrætsmediet reelt kan bære. Opstår dette problem kan muslingerne glide af vækstmediet som følge af en kombination af svækkelse af byssus, store klumper af store muslinger og håndtering af linen. Dette kan medføre et betragteligt produktionstab for den enkelte opdrætter. Uforudsigelige faktorer så som giftige alger, bakterier og dårlige vejrforhold, kan også tvinge opdrætterne til at udsætte eller forlænge høstsæsonen. Dette kan medføre, at høsten vil ske i den varmere periode af året, hvor muslingerne ofte sidder løst. Dermed øges risikoen for tab af konsummuslinger inden disse høstes af. En tilsvarende forlængelse af høstperioden kan tænkes at opstå, hvis der opstår mætning af markedet eller muslingerne ikke har opnået en tilstrækkelig størrelse. For at imødekomme problemet med tab af muslinger, har opdrætserhvervet i store dele af det østlige Canada igennem mange år benyttet sig af en metode, hvor man sikrer konsummuslingerne med en ekstra strømpe, en såkaldt dobbelstrømpe. Dobbelstrømpen trækkes udenpå den oprindelige strømpe, og dermed holdes konsummuslingerne på linen, til producenten er i stand til at høste. Erfaringerne fra Canada viser, at høsten skal foregå senest 5-6 uger efter, at dobbelstrømningen er foretaget. Herefter bliver det for vanskeligt at adskille muslingerne fra strømpen, da de begynder at sætte sig på ydersiden af dobbelstrømpen. Disse erfaringer er vel at mærke baseret på, at høsten af de enkelthængende strømper foregår ved håndafstripping, hvilket har været tilfældet i både Canada og Danmark indtil for ganske nyligt.

I det netop afsluttede projekt ”Nye Opdrætsteknikker”, finansieret af Fødevareministeriet og EU’s Fiskerisektorprogram FIUF, er der præsenteret en maskine, der har vist meget lovende resultater i forbindelse med høst af enkelthængende muslingestrømper (Tørring og Petersen 2008). Maskinen er en konisk afstripper, som er produceret af den hollandske udstyrsproducent, Franken BV. Maskinen er specifikt designet til at afstrippe plastikstrømper og anvendes i dag i stor udstrækning på Prince Edwards Island i Canada, hvor man hovedsageligt dyrker muslinger i strømper af polypropylen. Tidligere har afstrippingen af enkelthængende strømper foregået ved håndkraft, og denne maskine er det første seriøse bud på en afløser til håndafstrippingen.

Dobbelstrømningens processen har ikke haft særlig stor fokus hos de danske opdrættere, blandt andet pga. tvivl omkring rentabiliteten og usikkerhed omkring tidsrummet for montering. Derudover er det vanskeligt at høste de dobbelstrømpede konsummuslinger, hvis den efterfølgende udhængningsperiode er for lang. Hvis den koniske declumper fra Franken BV viser sig at være anvendelig til høst af dobbelstrømper, vil det med stor sandsynlighed være muligt at forlænge perioden for dobbelstrømningen og samtidig gøre arbejdsindsatsen mindre. Dette vil dermed igen øge interessen for dobbelstrømning i dansk lineopdræt. I denne undersøgelse vil der blive lavet en vurdering af dobbelstrømpemetoden. Undersøgelsen har tre delformål:

- Vurdering af tidsforbruget ved montering af dobbelstrømper.
- Vurdering af effekten af dobbelstrømning på muslinge-biomasse.
- Vurdering af den koniske declumpers egnethed til adskillelse af konsummuslinger og dobbelstrømper.

Ud fra resultaterne af disse undersøgelser vil det være muligt at laves en samlet økonomisk vurdering af, om og hvornår det vil være økonomisk fornuftigt at anvende dobbeltstrømper.

## Materialer og metoder

### Udhængning af strømper

I efteråret 2005 blev der udhængt en line med 400 enkelthængende muslingestrømper i Lysen Bredning, med det formål at undersøge effekten af dobbeltstrømpning det efterfølgende år, hvor muslingerne havde nået konsumstørrelse. Strømperne blev i den mellemliggende periode tilset og håndteret efter retningslinjerne for god produktionspraksis (Tørring og Petersen, 2005). Ultimo juni 2006 blev der dobbeltstrømpet 40 tilfældigt udvalgte strømper på forsøgslinien i Lysen Bredning. De resterende 360 strømper blev betragtet som kontrolstrømper. De 40 dobbeltstrømper var fordelt over hele linen, hvilket sikrede, at samtlige forsøgsstrømper var udsat for ens påvirkning og håndtering under hele forsøgsperioden. Ved påmontering af dobbeltstrømperne blev tidsforbruget registreret.

Ved dobbeltstrømpning formonteres en 2,40 meter lang dobbeltstrømpe med en knude i bunden på dobbeltstrømpkurven (figur 4D-1 og 4D-2). Kurven er fremstillet af aluminium og måler 35 cm i diameter. Løftestangen er 2,60 m lang. Ved påmontering af dobbeltstrømpen føres kurven ned langs muslingestrømpen og trækkes op over denne. Slidsen (5,5 cm bred) i kurven gør det muligt at komme fri af muslingestrømpen, hvor denne er bundet til hovedlinen. Dobbeltstrømpen bindes efterfølgende op om strømpelinen.



**Figur 4D-1.** Dobbeltstrømpkurven med påmonteret dobbeltstrømpe



**Figur 4D-2.** Formontering af dobbeltstrømpen

Det anvendte dobbeltstrømpemateriale var ekstruderet polyethylen-net fremstillet hos den spanske plasticproducent Intermas ([www.intermas.com](http://www.intermas.com)). Selve strømpen har en diameter på 37 cm og en maskevidde på 7,5 cm. Udvalget af dobbeltstrømpemateriale er stort, og findes i et utal af forskellige kombinationer af maskevidde, maskeudformning, farve, net-diameter og størrelser. Derfor er der også stor variation i priserne der ligger mellem 0,01 dkk og 0,5 dkk pr. meter.

Efter montering af dobbeltstrømper blev der udtaget prøver hver 14. dag. Hver prøvetagning omfattede 3 strømper (delprøver) af både kontrol- og dobbeltstrømper, og der blev, for alle delprøver, gennemført en standard strømpprocedure (Bilag B). Under oparbejdningen blev der dog

ikke foretaget kvantificeringer af skaller, døde muslinger og biofouling som beskrevet i bilaget, og der blev kun foretaget målinger af muslingernes længde ved forsøgets afslutning. De muslinger, der blev registreret ved prøvetagningerne, var alle over 45 mm, hvilket her betragtes som minimumsstørrelsen for muslinger til fersk konsum. Ved alle prøvetagninger blev tidsforbruget noteret for adskillelse af dobbeltstrømpen fra konsummuslingerne.



**Figur 4D-3.** Billede taget i forbindelse med prøvetagningen d. 6/7-06.



**Figur 4D-4.** Billedokumentation taget i forbindelse med oparbejdning af en standard strømpeprøve.

Ved afslutning af forsøget i december måned blev de resterende dobbeltstrømper (i alt 14 stk.) høstet sammen med et tilsvarende antal kontrolstrømper. Konsummuslingerne fra både kontrol- og dobbeltstrømperne blev frasorteret fra strøpematerialet ved hjælp af den koniske declumper fra Franken BV i Holland (figur 4D-5 og 4D-6). Tidsforbruget for denne høstproces blev registreret, og der blev indsamlet resultater for sorteringens effektivitet samt høstudbytter fra hhv. kontrol- og dobbeltstrømperne.



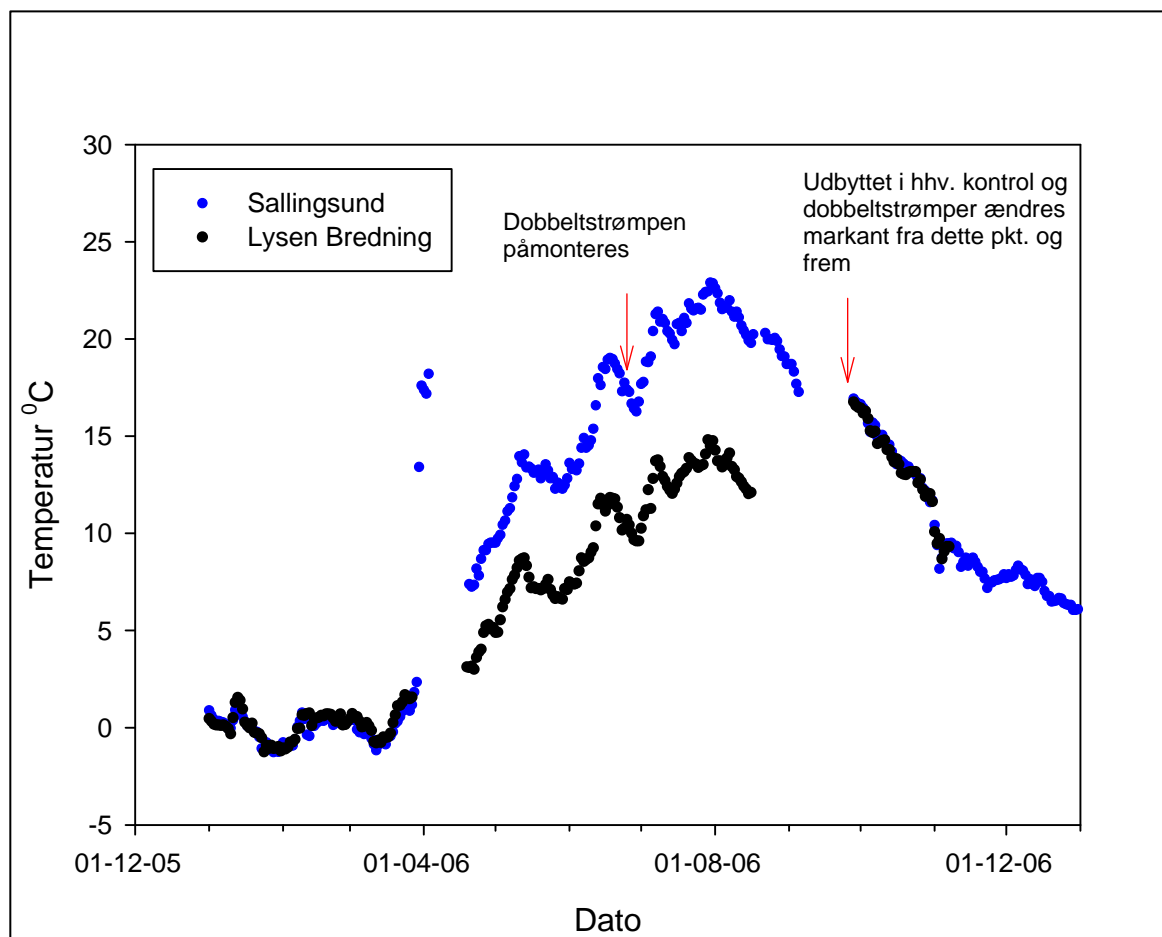
**Figur 4D-5.** Konisk afstripper fra Franken BV.



**Figur 4D-6.** Viser afstripningsprocessen af single strømper vha. den koniske afstripper.

## Resultater

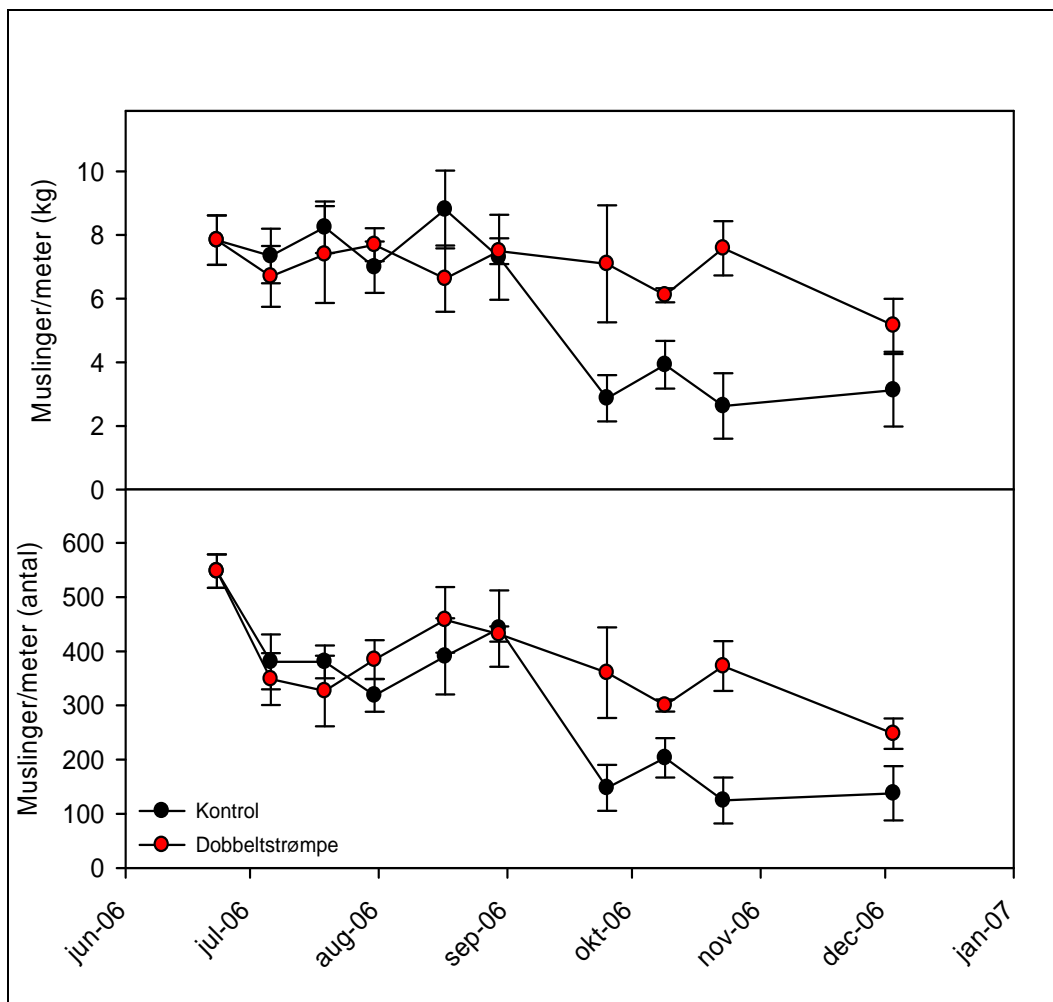
Figur 4D-7 viser temperaturkurven for forsøgsperioden i opdrætsanlægget ved Lysen Bredning og for et tilsvarende anlæg beliggende i Sallingsund. I de perioder hvor data mangler, har måleudstyret været taget i land til rensning og tilsyn. Efter tilsyn i midten af april og frem til tilsynsdato i midten af august 2006 var der en tydelig temperaturforskel mellem Sallingsund og Lysen Bredning. Som det ses i figur 4D-7 samt bilag F, var der fuld overensstemmelse i temperaturdata fra de to opdrætsområder i en lang periode både før og under forsøget. Givet at temperaturoafvigelse befandt sig lige nøjagtig imellem to tilsyn af måleudstyret, samt at der i den omkringliggende periode var fuldt overensstemmelse i målingerne imellem de to opdrætsanlæg, var der anledning til at tro, at opsætningen eller indstillingen af måleudstyret slog fejl i et af områderne. Hvis man betragter temperaturniveauet igennem foråret og sommeren er det nærliggende at tro at temperaturlogningen i Lysen Bredning slog fejl, da niveauet her lå langt under det man kunne forvente som sommertemperaturer for en lukket bugt i Limfjorden. Betragter man de omkringliggende år (bilag F) lå forårs- og sommertemperaturerne for Lysen Bredning væsentlig højere end observeret i figur 4D-7. I den videre fortolkning af data for dette forsøg anvendes temperaturdata for Sallingsund.



**Figur 4D-7.** Temperatur udviklingen i opdrætsområderne Lysen Bredning og Sallingsund fra 1/1 til 31/12 2006. De 2 røde pile i figuren angiver henholdsvis begyndelse af dobbeltstrømpforsøget samt tidspunktet hvor udbyttet varierer imellem kontrol – og dobbeltstrømper.

På figur 4D-7 er tidspunktet for dobbeltstrømningen angivet. Temperaturen steg i måneden efter dobbeltstrømning fra ca. 16 til 22 °C. Fra august til september faldt temperaturen igen ned til ca. 16 °C. På det tidspunkt, hvor der begyndte at være en signifikant forskel på udbyttet i kontrol- og dobbeltstrømper (angivet på figuren), samt i den efterfølgende periode, faldt temperaturen fra ca. 15 °C til omkring 7 °C ved afslutning af forsøget i december 2006.

Vægten samt antallet af konsummuslinger i kontrol- og dobbeltstrømperne fra den samlede prøvetagningsperiode er vist i figur 4D-8. Frem til august måned var der ingen signifikant forskel i vægten af muslinger på kontrol og dobbeltstrømperne. Fra begyndelsen af september måned var der for alle prøvetagningerne, en signifikant forskel mellem de to behandlingsformer, med betydelig større mængde muslinger i dobbeltstrømperne. Fra november måned, og frem til afslutningen af forsøget i starten af december, så det ud til, at biomasse og antallet af konsummuslinger i dobbeltstrømperne faldt, men dette kunne ikke påvises statistisk (t-test; p=0,753).



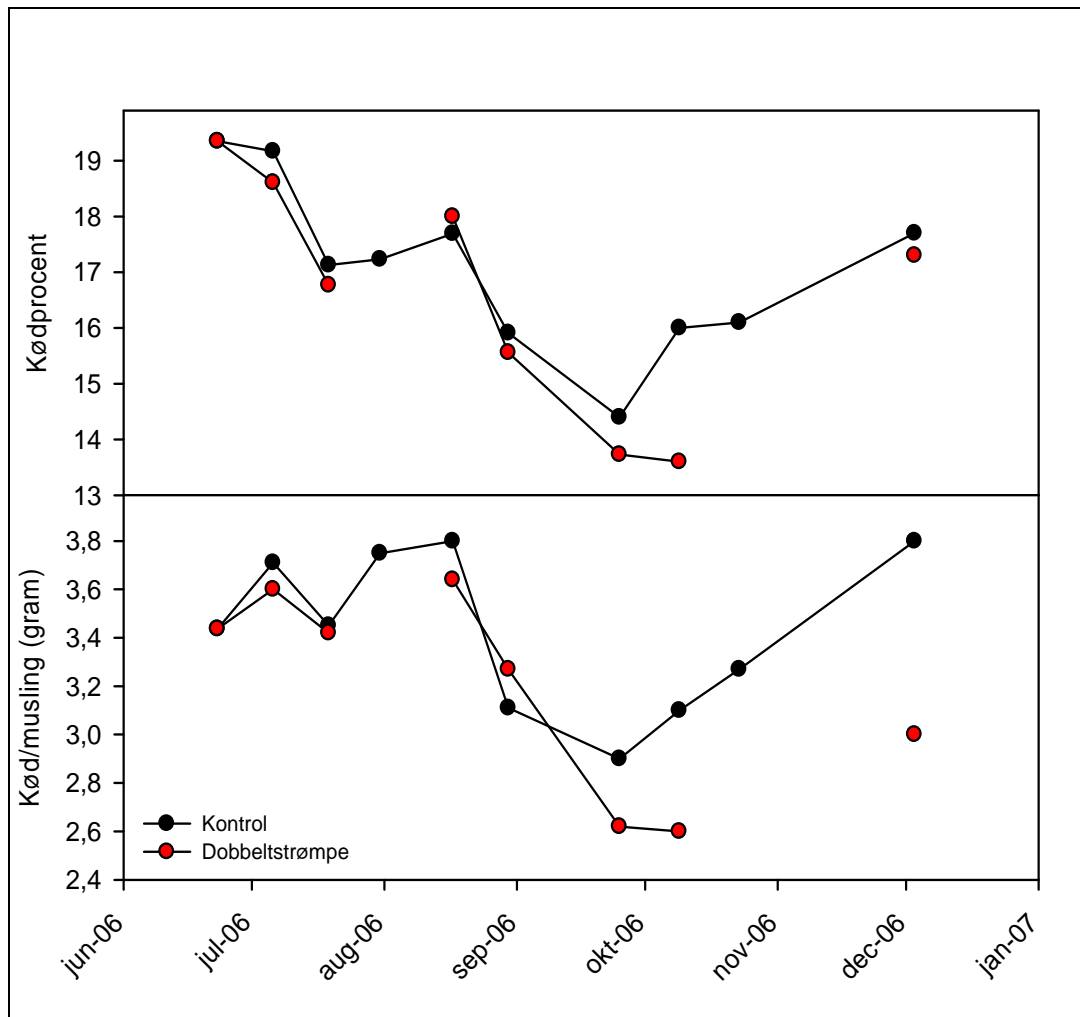
**Figur 4D-8.** Gennemsnitligt udbytte og antal muslinger ( $\pm$  standardafvigelse) for hhv. kontrol- og dobbeltstrømper i prøvetagningsperiode 23/6 til 3/12 – 2006.

Hvis man betragter antallet af muslinger i kontrol- og dobbeltstrømperne over hele prøvetagningsperioden, følger dette i det store hele forløbet for vægten af konsummuslinger



beskrevet ovenfor. Dog kunne der ses en afvigelse ved start og frem til første prøvetagning, hvor antallet af muslinger pr. meter falder signifikant (t-test;  $p = 0,004$  (kontrol),  $p = 0,008$  (dobbelstrømpe)).

Figur 4D-9 viser muslingernes indhold af kød over prøvetagningsperioden for hhv. kontrol- og dobbeltstrømperne. Hvis man betragter kødprocenten over forsøgsperioden kunne man fra opstart af forsøget og en måned frem observere et fald i kødprocenten. Dette blev efterfulgt af en periode med en fhv. stabil værdi omkring 17 %, hvorefter der igen skete et fald i værdien ned til ca. 14 % i oktober måned. Herefter steg værdien op til ca. 17,5 % ved sidste prøvetagning. Da hver punkt i figuren repræsenterer et gennemsnit af 60 muslinger, er det ikke muligt at teste evt. forskelle i kødindholdet mellem kontrol og dobbeltstrømper, men ifølge figur 4D-9 er der en tendens til at kødprocenten for de dobbeltstrømpe muslinger ligger på et lavere niveau fra september og frem til december.



**Figur 4D-9.** Kødindholdet og kødprocent i konsummuslingerne i prøvetagningsperiode fra 23/6 til 3/12 – 2006.

Kødindholdet udtrykt som gram kød pr. musling viser, at det overordnede forløb var stort set det samme som for kødprocenten for både kontrol- og dobbeltstrømper (figur 4D-9). Dog skal det

bemærkes at faldet i kødmængden pr. musling, i første periode af forsøget, ikke var helt så entydigt som observeret for kødprocenten. Fra oktober og frem til december kunne det observeres, at kødindholdet pr. musling lå markant lavere for dobbeltstrømperne set i forhold til kontrolstrømperne.

I forbindelse med afslutning af forsøget blev der foretaget længdemålinger af muslingerne. Der var en signifikant forskel på størrelsen af muslingerne fra kontrol og dobbeltstrømperne. Således var kontrolmuslingerne  $61,02 \pm 4,44$  mm, mens de dobbeltstrømpede muslingerne var  $57,87 \pm 5,12$  mm (t-test;  $p < 0,001$ ).

I tabel 4D-1 er tidsforbruget til fjernelse af dobbeltstrømpematerialet samt diverse kommentarer for de enkelte prøvetagningsdatoer noteret. Som det fremgår af tabellen begyndte muslingerne at kravle ud gennem maskerne på dobbeltstrømpen fra slutningen af juli måned, og fra midten af august og frem fasthæftede de sig på ydersiden af dobbeltstrømpen. Adskillelsen af konsummuslinger og dobbeltstrømpemateriale blev fra slutningen af august og frem til afslutningen af forsøget nærmest umulig at gennemføre ved håndkraft.

**Tabel 4D-1.** Tabellen viser de notater der er gjort i forbindelse med prøvetagningen i dobbeltstrømpforsøget. Notaterne er fokuseret omkring tidsforbrug ved fjernelse af dobbeltstrømpen fra konsummuslingerne.

Handling	Dato	Kommentar og tidsforbrug
Opstart	23.06.06	1/2 times sejlads hver vej. Det tog ca. 1 time at dobbeltstrømpe 40 strømper dvs. 1,5 min per dobbeltstrømpe*
Prøvetagning	06.07.06	Dobbeltstrømpen sad meget løst om strømpen og det tog under 1 minut at klippe dobbeltstrømpen op og fjerne den
Prøvetagning	19.07.06	Meget få muslinger er kravlet igennem dobbeltstrømpen og den sad stadig meget løst. Det tog under et minut at fjerne dobbeltstrømpen.
Prøvetagning	31.07.06	Muslingerne er begyndt at bevæge sig igennem dobbeltstrømpen og den sidder derfor bedre fast. Der sidder derfor konsummuslinger tilbage på dobbeltstrømpen når denne fjernes (ml. 21 og 30 stk.). Det tog omkring 1 minut at fjerne dobbeltstrømpen
Prøvetagning	17.08.06	Dobbeltstrømpen er begyndt at sidde bedre fast og det tog mellem 1 og 1,5 minut at få den af. Efter aftagning sad der mellem 62 og 89 konsummuslinger over 4,5 cm tilbage i dobbeltstrømpen.
Prøvetagning	30.08.06	Det er stort set umuligt at fjerne dobbeltstrømpen. Det tog lang tid og der sad mellem 174 og 191 anvendelige muslinger tilbage i dobbeltstrømpen.
Prøvetagning	25.09.06	Ved denne prøvetagning var det umuligt at fjerne dobbeltstrømpen uden at miste alle anvendelige muslinger.
Prøvetagning	09.10.06	Det blev opgivet at prøve at fjerne dobbeltstrømpen fra den oprindelige strømpe.
Prøvetagning	23.10.06	Igen blev det opgivet at fjerne dobbeltstrømpen. Muslingerne er over konsumstørrelse og dermed klar til høst. Der blev udarbejdet en spandeprove og der var ca. 46 stk. per kilo.
Høst	03.12.06	

\* Det skal noteres at dobbeltstrømpeproceduren ikke havde været prøvet før, så det tog længere tid end hvis det havde været rutine. Det tog ligeledes længere tid i begyndelsen end ved afslutningen.

Tabel 4D-2 viser resultaterne for høst med den koniske declumper af hhv. 14 kontrol- og dobbeltstrømper. Som det fremgår af tabellen var der væsentlig flere konsummuslinger på dobbeltstrømperne set i forhold til kontrolstrømperne. Udbytteprocenterne, der angiver hvor stor en del af strømpernes samlede vægt, der udgøres af konsummuslinger, var højest for kontrolstrømperne, hvilket tyder på at mængden af biofouling på dobbeltstrømperne var størst. Figur 4D-10 til 4D-13 viser eksempler på biofouling på både kontrol- og dobbeltstrømper. Mængden af biofouling henover forsøgssæsonen blev ikke kvantificeret, men det var indtrykket at dobbeltstrømperne var i stand til at holde på langt større mængder af andre organismer i forhold til kontrolstrømperne. Den koniske declumper var i stand til at adskille dobbeltstrømperne fra konsummuslingerne, og frasorteringen af strøpematerialet efter sortering forløb uden store vanskeligheder.

**Tabel 4D-2.** Resultater for høst af 14 kontrolstrømper og 14 dobbeltstrømper.

Høstdata	Kontrol	Med dobbeltstrømper
Antal strømper (total)	14	14
Totalvægt før sortering (kg)	103	347
Totalvægt af konsummuslinger efter sortering (kg)	54	142
Nettoudbytte i %	52	41
Vægt af konsummuslinger pr. meter (kg)	1,9	5
<b>Tab ved høst</b>		
Totalvægt af muslinger tilbage i strømperne efter sortering (kg)	4,8	1,2
Totalvægt døde/skadede konsummuslinger (kg)	2,6	8,7

Hvis man betragter tabstallene ved sorteringsprocessen fremgår det, at en del af muslingerne blev tilbageholdt i strømpen efter sorteringsprocessen, og her var mængden væsentlig højere for kontrolstrømperne set i forhold til dobbeltstrømperne. Under selve høsthåndteringen samt ved sorteringsprocessen i den koniske declumper viste resultaterne en skadeprocent på 2,5 % for de sorterede muslinger uafhængig af strømpningsmetoden, hvilket svarer til ca. 1 skadet musling pr. sorteret kg.



**Figur 4D-10.** Bunden af dobbeltstrømpen er dækket af søpunge.



**Figur 4D-11.** Kraftigt nedslag af muslinge yngel på dobbeltstrømpen. Bemærk hvorledes yngelen sidder direkte på dobbeltstrømpens rudeformede masker.



**Figur 4D-12.** Kraftigt nedslag af muslinge yngel på kontrolstrømpen.



**Figur 4D-13.** Viser store forekomster af mindre søstjerner på kontrolstrømpene.

## Diskussion og konklusion

Hvis man betragter forskellen i udbytte af konsummuslinger mellem kontrol- og dobbeltstrømperne var der i løbet af de første 10 uger efter forsøgsstart ikke forskel på udbytteresultaterne. Dette tyder på, at der i den første periode af forsøget ikke var et markant tab af muslinger som man ellers ofte ser i sommerperioderne. I de efterfølgende 3 måneder, frem til forsøgets afslutning i december, var der til gengæld signifikant større mængder af konsummuslinger i dobbeltstrømperne, og i denne periode var kontrolstrømperne udsat for et massivt tab i udbytte. I samme periode kunne der registreres et fald i temperaturen. Da dette tab i udbytte ikke kunne kædes direkte sammen med en stigende temperatur, må forklaringen findes andetsteds. Hvis man betragter billedmaterialet, som blev lavet i forbindelse med prøvetagningen, var det tydeligt at samtlige forsøgsstrømper var udsat for et massivt nedslag af yngel umiddelbart efter opstart. Når denne yngel vokser op, udgør det en stadig større tyngde for de eksisterende muslinger, og det er erfaringen at yngelen ofte kiler sig ind mellem de eksisterende muslinger, og skubber disse af strømpematerialet. Hvis man betragter billederne fra dobbeltstrømperne (figur 4D-11), ser det ud til at yngelen settler på dobbeltstrømpen frem for muslingerne, og at det efterfølgende vokser som et tæt tæppe udenpå hele strømpen. På kontrolstrømperne har yngelen derimod haft gode muligheder for at komme ind til selve strømpematerialet og etablere sig, for derved senere at skubbe konsummuslingerne af (figur 4D-12). Dette kan være en forklarende årsag til den observerede forskel i mængden af konsummuslinger i sensommeren og frem til december mellem kontrol- og dobbeltstrømperne.

Det observerede fald i antallet af muslinger ved forsøgets opstart og frem til første prøvetagning skyldtes højst sandsynligt et tab i forbindelse med håndtering af linen. Ved montering af dobbeltstrømperne har båden bevæget sig langs linen, og erfaringerne viser, at blandt andet haulerhjulet, der driver båden frem langs linen, kan være skyld i at en del muslinger tabes.

Hvis man betragter kødindholdet i muslingerne henover forsøgsperioden skete der et betydeligt fald i mængden af kød fra midt august og en måned frem. Dette fald skyldtes højst sandsynligt at muslingerne var i gang med deres efterårsgydning i dette tidsrum. Resultaterne indikerer at denne gydning var tilendebragt i slutningen af september, hvorefter muslingerne igen opbygger deres depoter til efterfølgende vinterperiode. Faldet i kødprocenten ved opstart af forsøget kan på

tilsvarende vis forklares med en sommergydning. Et tilsvarende tydeligt fald ses ikke for kødindholdet pr. musling Hvis man ser på forskellen i kødindholdet mellem kontrol- og dobbeltstrømpede muslinger, var det bemærkelsesværdigt, at denne forskel synes mere udtalt i sidste halvdel af forsøgsperioden, hvor kødindholdet i de dobbeltstrømpede muslinger synes klart lavere end for kontrolmuslingerne. Figur 4D-11 viser hvorledes nysettlet yngel sad som et tæt tæppe på dobbeltstrømpens masker. Når denne yngel vokser op vil det medføre en reduktion i fødetilførslen til de inderste konsummuslinger, hvilket med stor sandsynlighed vil resultere i et lavere kødindhold. Denne forklaring understøttes af at de dobbeltstrømpede muslinger på høsttidspunktet var signifikant mindre i længden end kontrolmuslingerne, hvilken ligeledes peger i retning af forringede vækstforhold.

Håndteringsnotaterne vedrørende den manuelle adskillelse af konsummuslinger fra dobbeltstrømperne viser, at dette kan lade sig gøre i op til ca. 1½ måned efter at dobbeltstrømperne er påmonteret. Herefter begynder muslingerne at bevæge sig igennem dobbeltstrømpernes masker og sætte sig fast uden på disse. På dette tidspunkt er det stort set umuligt at få af, uden at dobbeltstrømpen splittes op i mange stykker. Fra tre måneder efter forsøgsopstart blev det opgivet at fjerne dobbeltstrømpen manuelt.

Resultaterne fra høst af både kontrol- og dobbeltstrømper med den koniske declumper viste meget lovende resultater. Det var forventet, at declumperen under sorteringsprocessen ville rive dobbeltstrømperne i mindre dele, hvilket ville forårsage store problemer ved den senere manuelle frasortering af strøpematerialet. Imidlertid viste resultaterne, at dobbeltstrømpen forblev intakt under sorteringsprocessen, og frasorteringen forløb uden problemer. Tidligere undersøgelser har vist, at den koniske declumper fra Franken BV forårsagede en skadeprocent på ca. 2,6 % (Tørring og Petersen 2008) hvilket understøtter en skadeprocent på 2,5 % fra høstforsøgene i dette projekt.

Betragter man udbytteresultaterne fra høsten, viser de at dobbeltstrømperne tilbageholdte 2,5 gange så mange konsummuslinger som kontrolstrømperne. Da dobbeltstrømpernes totale vægt samtidig var over 3 gange så høj og udbytteprocenten derfor lidt lavere, tydede det på, at dobbeltstrømperne var udsat for væsentlig større mængder af biofouling i løbet af forsøgsperioden. Det tyder på, at dobbeltstrømpen både virkede som et net der holdt konsummuslingerne tilbage og som et net, der kunne opsamle nyt yngel.

For at give et bud på om dobbeltstrømpningsprocessen er rentabel, kan man sammenholde den tid det tager at påmontere dobbeltstrømperne med en gennemsnitsberegning af forskellen på mængden af konsummuslinger i kontrol- og dobbeltstrømperne, i den sidste periode af forsøget hvor mængden af konsummuslinger i de to strømpetyper var signifikant forskellige fra hinanden. Ifølge disse undersøgelser skal der kalkuleres med ca. 12 mandetimer til dobbeltstrømpning af en produktionsline med 500 enkelthængende strømper. Den gennemsnitlige forskel i mængden af konsummuslinger i kontrol- og dobbeltstrømperne fra september og frem til december er 2,7 kg pr. meter strømpe, hvilket svarer til 5,4 kg pr. strømpe. Dette svarer til et merudbytte på 2700 kg muslinger pr. line. Hvis prisen pr. kg muslinger sættes til 8 dkk, og en mandetime kan afregnes til 400 dkk pr. time, er der således en nettogevinst på 16.800 dkk. Herfra skal der så trækkes diverse drifts- og materialeomkostninger til blandt andet dobbeltstrøpemateriale og drift af båd.

## 4. E Tre dyrkningssystemer – et sammenligningsstudie

### Indledning

I forbindelse med lineopdræt af blåmuslinger er der i dag udviklet mange forskellige dyrkningskoncepter og systemer, der hver især opfylder de forskellige krav og forventninger, som den enkelte opdrætter har i forhold til eksempelvis arbejdsintensitet og udbytte. De væsentligste forskelle imellem dyrkningssystemerne er:

- om dyrkningen foregår med eller uden mellemhåndtering
- om der strømpes som enkelthængende strømper eller kontinuerte strømper
- arbejdsbelastningen i forbindelse med etablering og drift af systemerne
- krav til maskineriet og opdrætsfartøjets størrelse og beskaffenhed

De danske muslingeopdrættere benytter sig i dag primært af tre forskellige dyrkningsformer, og ofte i kombination, hvilket giver en mere tilpasningsdygtig produktion. Formålet med undersøgelserne i denne del af projektet er at sammenholde de tre dyrkningsprincippers effektive udbytte, når de dyrkes under samme forhold. Sekundært forsøger projektet at vurdere tidsforbruget i forbindelse med drift og håndtering af de enkelte dyrkningssystemer, fra opsamlingen af yngel til færdig høst af muslinger klar til sortering og salg. Ved at sammenholde udbytte og tidsforbrug gives der en samlet vurdering af dyrkningssystemernes rentabilitet under de givne betingelser, som der var i forsøgsperioden.

I samarbejde med Foreningen Dansk Skaldyropdræt blev der i to af DSC's opdrætsområder i 2005 etableret langliner med blåmuslinger til dyrkning efter koncepterne: med mellemhåndtering (enkelthængende), med mellemhåndtering (kontinuert) og uden mellemhåndtering (enkelthængende). I det følgende afsnit er de 3 nævnte koncepter benævnt som hhv. canadisk system, kontinuert system og svensk system.

### Materialer og metoder

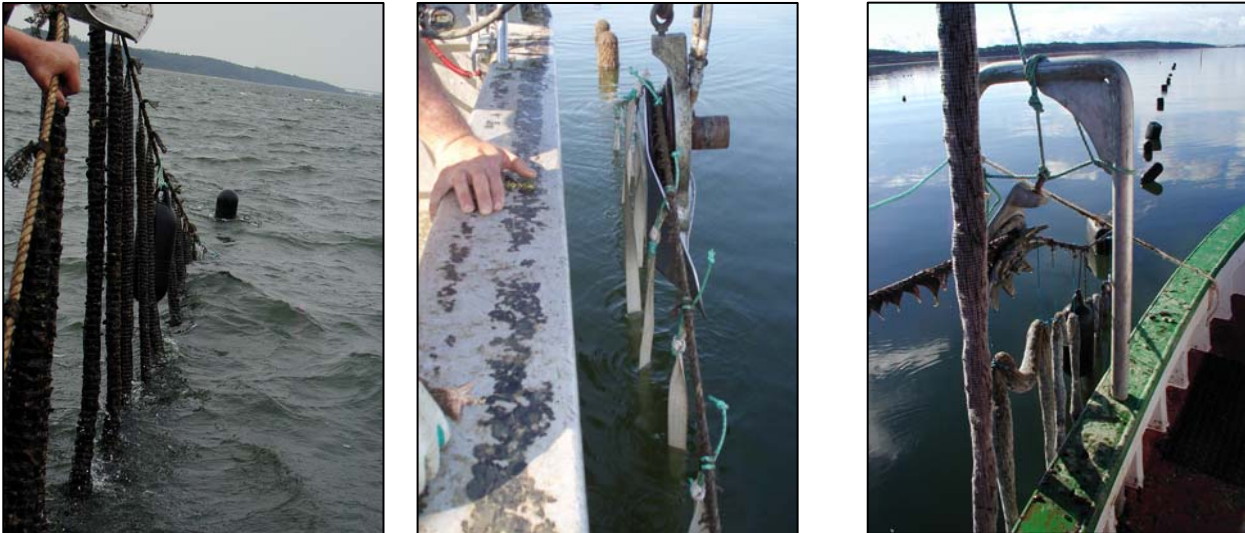
#### Lokaliteter

Forsøgene blev udført i Dansk Skaldyrcenter's opdrætsområder i Sallingsund og i Lysen Bredning (Områdebeskrivelse – se bilag C).

#### Opsamling og udhængning af yngel

I maj 2005 blev der udhængt yngelopsamlere i de to områder, og i løbet af de næste par måneder kunne der observeres et kraftigt yngelnedslag på opsamlerne samt efterfølgende god vækst at de opsamlede yngel. Den 26. september 2005 blev en del af bændlerne fra Lysen Bredning høstet og muslingerne blev declumpet, sorteret og lagt på rindende saltvand. Dagen efter blev den ene halvdel strømpet i canadiske enkeltstrømper i str. 5L og 6XL og udhængt i Lysen Bredning. Den anden

halvdel blev fragtet ud til en båd fra Limfjord Linemusling IS, der fremstillede og udhængte den kontinuerte line fra båden. Vækstmediet i den kontinuerte line var Fuzzy Rope. Billeder fra etablering af linerne er vist ved figur 4E-1. Den samme proces blev udført i Sallingsund den 4. og 5. oktober 2005.



**Figur 4E-1.** Billeder fra fremstilling og udhængning af hhv. enkelthængende strømper (canadisk), enkelthængende bændler (svensk) og kontinuert strømpe (kontinuert) på opdrætsanlægget i Salling 2005.

Fra udhængningstidspunktet og frem til høst i juni 2006, blev systemerne med 14-dages intervaller besigtiget for at vurdere om eventuel opbøjning eller nedsænkning var nødvendig. Den kontinuerte line i Lysen Bredning var ved udhængningen blevet lidt længere end beregnet hvilket resulterede i at de enkelte loops havde berøring med bunden. Derfor blev de enkelte loops kortet op med en ekstra opbinding til hovedlinen.

### Prøvetagning og oparbejdning

Fra udhængningstidspunktet og frem til høst blev der 4 gange udtaget prøver af det udhængte materiale, som blev bragt til DSC til videre oparbejdning. Ved hver prøvetagning blev der tilfældigt udtaget 3 prøver fra hvert udhængningssystem. Prøverne bestod af enten 3 hele Bændler/Strømper eller 3 x 2 meter af den kontinuerte line. Ved oparbejdningen blev der udtaget en delprøve på 50 cm af hver prøve til beregning af muslingernes biomasse. Der blev kun medtaget muslinger, som blev vurderet til at høre til den oprindelige udhængning. Denne vurdering var relativ nem ved udhængninger med mellemhåndtering (canadiske strømper/kontinuert line), men sværere ved udhængningerne uden mellemhåndtering (Svenske bændler), som repræsenterer muslinger fra en forholdsvis lang periode med yngelnedslag. Der skal dermed tages højde for en vis usikkerhed i forbindelse med de senere opgørelser af muslinger fra sidstnævnte system, og der vil i flere tilfælde være optalt flere muslinger, end der reelt har været til stede fra det oprindelige yngelnedslag.

Høst af enkelthængende og kontinuerte strømper blev foretaget i juni 2006. På dette tidspunkt havde kun en lille del af muslingerne fra det svenske system opnået konsumstørrelse, og de blev derfor høstet ca. en måned senere. Ved høst blev der anvendt både høstbånd og manuel arbejdskraft.

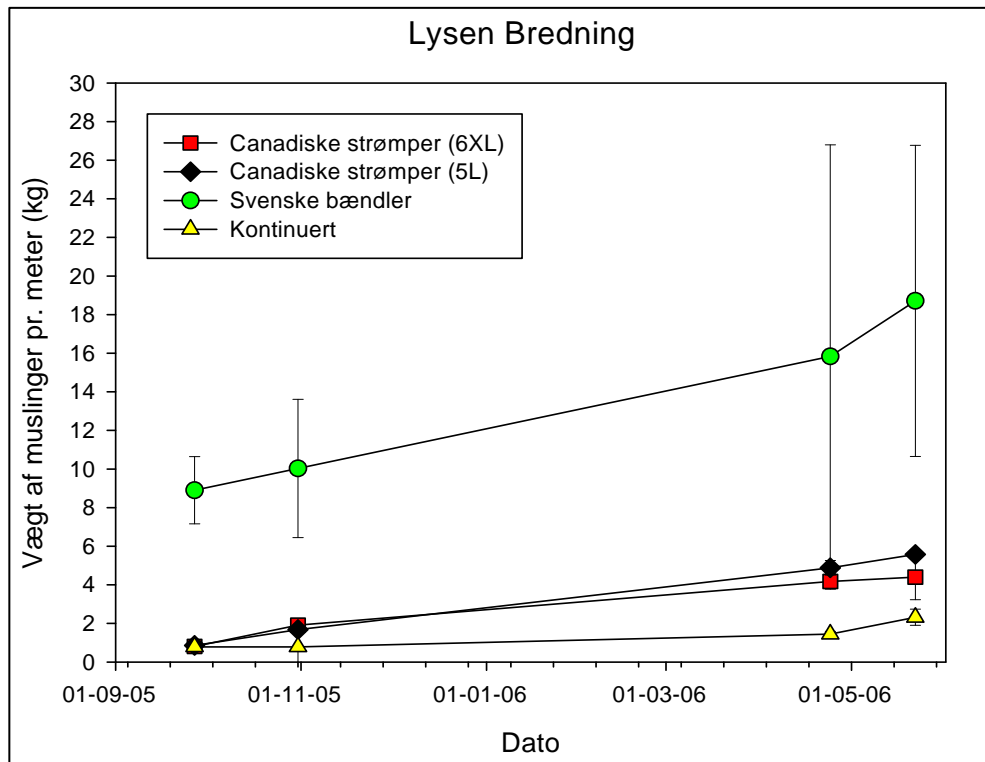
Det svenske system og de kontinuerte strømper blev afstrippet manuelt på båden under høsten. De canadiske strømper blev høstet hele og afstrippet på land i en afstripper fra Franken BV (beskrevet i kapitel 3.D).

For at beregne nettoudbyttet blev der i løbet af høstperioden løbende udtaget mindre spandepøver af det høstede materiale. På baggrund af disse prøver og en indvejning af bruttohøstudbyttet, blev der estimeret et samlet nettoudbytte for de respektive opdrætssystemer. I forbindelse med de arbejdsprocesser som har indgået i forsøget, er der blevet foretaget en løbende registrering af den brugte tid på de enkelte processer. Ud fra udbytte og timeforbrug kunne der derefter laves en økonomisk vurdering af de forskellige metoder. På grundlag af de indsamlede data blev der foretaget en samlet rentabilitets-vurdering af de respektive dyrkningssystemer.

## Resultater

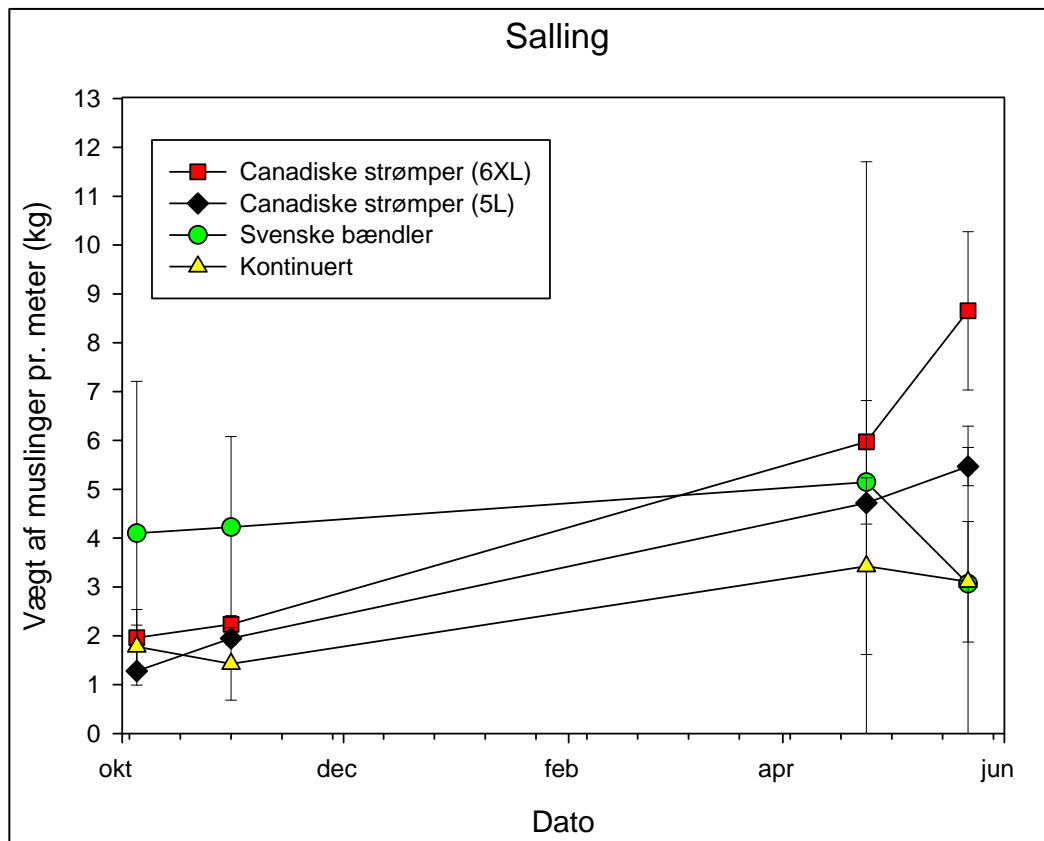
Figur 4E-2 og 4E-3 viser vægten af muslinger pr. meter opdrætsmedie for forsøgene i hhv. Lysen Bredning og Sallingsund. I Lysen Bredning kunne der for begge canadiske liner samt for det kontinuerte system påvises en signifikant stigning i vægten fra første prøvetagning og frem til sidste prøvetagning umiddelbart inden høst (ANOVA, Bonferroni;  $P < 0,001$  (canadiske strømper),  $p = 0,035$  (kontinuert line)). For de canadiske liner var der tale om en gennemsnitlig vægtforøgelse på hhv.  $3,6 \pm 1,02$  og  $4,7 \pm 0,19$  kg/meter strømpe, mens der for den kontinuerte var tale om en gennemsnitlig forøgelse på  $1,54 \pm 0,3$  kg/meter. En tilsvarende vægtforøgelse kunne ikke påvises for linen med de svenske bændler (ANOVA,  $p = 0,338$ ). Dette skyldes formodentlig den store variation som forekom i mængden af muslinger på de enkelte delprøver. Der er dog ingen tvivl om at der sker en betydelig forøgelse af biomassen på en stor del af bændlerne, og det dokumenteres af at der, ved sidste prøvetagning, er signifikant større biomasse på de svenske bændler end på nogen andre medier (ANOVA,  $p = 0,004$ ).





**Figur 4E-2.** Viser vægten (kg) af muslinger pr. meter opdrætsmedie fra 1. prøvetagningsdato d. 27/9-05 og frem til sidste prøvetagning d. 22/5-06 for de 3 forskellige dyrkningssystemer udhængt i Lysen Bredning. Bemærk at det canadiske system består af 2 forskellige strømpestørrelser (5L og 6XL).

De canadiske forsøgsliner i Salling viste ligeledes en signifikant tilvækst henover prøveperioden (ANOVA, Bonferroni;  $p < 0,001$  (6 XL og 5 L) og den gennemsnitlige tilvækst var her  $6,7 \pm 1,05$  for 6 XL strømperne og  $4,2 \pm 0,31$  for 5 L strømperne. Der kunne ikke påvises en tilvækst for hverken den kontinuerte eller den svenske line, og sidstnævnte var igen kendetegnet ved meget høje standardafvigelser på gennemsnitsværdierne ved forsøgets to sidste prøvetagninger.



**Figur 4E-3.** Viser vægten (kg) af muslinger pr. meter opdrætsmedie fra 1. prøvetagningsdato d. 27/9-05 og frem til sidste prøvetagning d. 22/5-06 for de 3 forskellige dyrkningsystemer udhængt i Salling. Bemærk at det canadiske system består af 2 forskellige strømpestørrelser (5L og 6XL).

Ved afslutningen af forsøget var der væsentlig større vægt af muslinger i de canadiske strømper af typen 6XL end ved dyrkning efter det kontinuerte eller svenske system (ANOVA, Bonferroni;  $p = 0,046$  og  $p = 0,044$ ). Der kunne på samme tidspunkt ikke påvises en forskel i biomassen mellem 6XL og 5L strømperne (ANOVA, Bonferroni;  $p = 0,457$ ).

Sammenlignes resultaterne fra de to opdrætsområder var der større tilvækst for muslinger dyrket i strømpetypen 6 XL i Sallingsund i forhold til 6 XL muslinger fra Lysen Bredning og der var ligeledes signifikant større biomasse på 6 XL strømperne fra Sallingsund ved sidste prøvetagning (t-test;  $p = 0,021$ ). Tilvæksten samt den afsluttende vægt af muslinger pr. meter i 5 L strømperne lå på samme niveau i de to områder, og der kunne derfor ikke påvises en forskel (t-test;  $p = 0,706$ ).

Muslinger dyrket ved det kontinuerte system viste i Lysen en lille tilvækst, hvor dette ikke var tilfældet i Sallingsund. For det svenske dyrkningskoncept var der ved afslutning af forsøget signifikant større muslingebiomasse på bændlerne dyrket i Lysen Bredning (t-test;  $p = 0,036$ ). Hvis man går ud fra gennemsnitsværdierne på dette tidspunkt kunne man således observere 6 gange så stor biomasse af muslinger på bændlerne i Lysen i forhold til bændlerne i Salling.

## Høst

Omkring en måned efter sidste prøvetagning blev dele af linerne høstet, og tabel 4E-1 viser en opgørelse af høstudbyttet og tidsforbrug ved høst af de tre forskellige dyrkningskoncepter i de to

områder. Bemærk at der i forbindelse med høst ikke blev skelnet mellem de canadiske 5L og 6XL strømpetyper. Hvis man sammenholder nettoudbyttet for de enkelte systemer, ligger opgørelserne højest for de canadiske strømper fra begge områder efterfulgt af de kontinuerte liner. Det laveste udbytte blev opnået ved høst af de svenske bændler i fra både Lysen Bredning og Sallingsund. I tabel 4E-1 er tidsforbruget vedrørende selve høsten angivet, og her fremgår det at høsten af 1 produktionsline er mest tidskrævende for det svenske system. Høsten af det canadiske og kontinuerte system er lige tidskrævende. Forskellen i høsttiden imellem områderne er et udtryk for forskelle i sejltid fra DSC og til de to områder. Høstudbyttet fra den svenske line i Lysen er bemærkelsesværdigt lavt hvis man sammenholder med den relative høje mængde af muslinger der var ved sidste prøvetagning (figur 4E-2). Dette lavere høstudbytte er et udtryk for at der i tidsperioden fra sidste prøvetagning til høst, har været et betydeligt tab af konsummuslinger fra den svenske line i Lysen.

**Tabel 4E-1.** Oversigt over brutto- og nettoudbytte og tidsforbrug ved høst med de 3 testede systemer. Alle værdier gælder for én line og er estimeret ud fra høstopgørelser og det faktiske tidsforbrug i denne Undersøgelse.

Område	System	Brutto	Netto	Tidsforbrug ved høst (timer)
Lysen	Svensk	4670	1920	15
	Canadisk	6279	4485	12
	Kontiuenerlig	6032	4012	12
Salling	Svensk	3780	2140	13
	Canadisk	8263	4600	10
	Kontiuenerlig	6454	3795	10

I tabel 4E-2 er der angivet vurderinger af tidsforbruget i forbindelse med drift og håndtering af de enkelte dyrkningssystemer, fra opsamlingen af yngel til færdig høst af muslinger klar til sortering og salg. I tabellen er der ikke taget højde for tidsforbrug i forbindelse med sejllads til opdrætsområdet. Det forudsættes at den rutinemæssige drift henover året, hvilket blandt andet indbefatter opbøjning og jævnlige tilsyn, er ens for de tre dyrkningssystemer. Dette er derfor ikke medregnet i tidsforbruget.

**Tabel 4E-2** Viser en vurdering af det samlede timeforbrug der er i forbindelse med dyrkning af blåmuslinger på en hhv. svensk, canadisk og kontinuerte line. Sejlads til og fra opdrætsområdet samt rutinemæssig drift, så som opbøjning og tilsyn, er ikke medtaget i tabellen. Vurderingen af tidsforbruget ved det svenske og canadiske system er lavet af DSC, men vurderingen af tidsforbruget ved det kontinuerte system er lavet på baggrund af oplysninger fra danske opdrættere.

	Etablering af ny yngelline (inkl. fremstilling og udhængning)	Høst af spat (inkl. losning)	Strøpning	Udhængning af strømper (herunder blokke og bøjer)	Høst af line (herunder losning)	Afstripping af strømper	Timeforbrug total
<b>Svensk</b>	30	0	0	0	13	0	<b>43</b>
<b>Canadisk</b>	30	4	9	5	10	8	<b>66</b>
<b>Kontinuert</b>	9	2	4	1 1/2	10	0	<b>26,5</b>

Hvis man ser på det totale timeforbrug ved drift af de forskellige systemer, er det canadiske system mest tidskrævende med et totalforbrug på 66 timer, efterfulgt af det svenske på 43 og det kontinuerte på 26,5 timer. Den væsentligste forskel ligger i etableringen af yngelline, hvor både det svenske og det canadiske ligger på et timeforbrug på 30 timer til fremstilling og udhængning af en yngelline med 2 meter lange yngelopsamlere. For det kontinuerte system foregår yngelopsamlingen på kontinuerte yngelopsamlere, og her er timeforbruget nede på 9 timer.

For at gennemføre en forsigtig rentabilitetsberegning er der lavet følgende antagelser:

- De angivne nettoudbytter i tabel 4E-1 er et udtryk den samlede vægt af muslinger over 4,5 cm
- Salgsprisen for et kg ferske konsummuslinger er 8 kr/kg.
- Tidsforbrug ved rutinepræget drift, så som opbøjning og tilsyn, er ens for de tre dyrkningssystemer, men er ikke medtaget i beregningerne

Ud fra disse antagelser og vurderingerne af timeforbrug ved de forskellige systemer, kan der beregnes indtjening pr. time som er vist i tabel 4E-3. Tabellen viser af rentabiliteten for den kontinuerte system er klart højest.

**Tabel 4E-3.** Viser en beregning af indtjeningen ved dyrkning af linemuslinger ved hhv. svensk, canadisk og kontinuert drift.

	<b>Gns. muslingeudbytte for Sallingsund og Lysen Bredning (kg netto)</b>	<b>Pris pr. kg</b>	<b>Tidsforbrug (timer)</b>	<b>Indtjening pr. tid</b>
<b>Svensk</b>	2030	8	43	378
<b>Canadisk</b>	4543	8	66	551
<b>Kontinuert</b>	3904	8	26,5	1179

## Diskussion

I begge opdrætsområder gav de canadiske strømper det bedste nettoudbytte. Dette er en bekræftelse af at udhængning af strømper normalt giver et godt resultat, hvis man udelukkende ser på udbytte. Udbyttet fra den kontinuerte line lå lidt lavere. Det er svært at give en forklaring på forskellen, men man skal være opmærksom på at opdrætsmediet er forskelligt ved de to metoder. Den kontinuerte line blev lavet af Fuzzy Rope, men kunne lige så godt været lavet af en anden type vækstmedie som f.eks Aqualoop eller Svenske bændler. I den netop publicerede rapport ”Nye Opdrætsteknikker” fra Dansk Skaldyrcenter er der netop sammenlignet forskellige kontinuerte vækstmedier, og i den undersøgelse var Fuzzy Rope et af de dårligste resultater. Der er altså ikke nødvendigvis forskellen på metoderne, der har resulteret i en forskel mellem den canadiske og det kontinuerte system i denne undersøgelse. Det kan skyldes de forskellige vækstmedier der er brugt.

Ved det svenske system blev der målt en meget høj biomasse af muslinger i Lysen, mens den ikke skilte sig ud i Salling. Den høje biomasse var sandsynligvis et resultat af flere store spatnedslag på bændlerne i gennem sommeren, som betød at der var der mange muslinger i alle størrelser på

bændlerne. Ved høst var nettoudbyttet kun det halve af udbyttet fra de andre systemer, så der blev altså tabt en meget stor del af muslingerne i perioden op til høst. Dette resultat stemmer godt overens med andre erfaringer med det svenske system, hvor tilsvarende store tab er observeret. Forklaringen på disse tab skyldes sandsynligvis at det meget store antal muslinger opnår en meget høj biomasse i løbet af forår og sommer, som betyder at de skrider af bændlerne. I denne undersøgelse og i mange andre tilfælde sker denne afskridning inden at en stor del af muslinger har opnået konsumstørrelse, og der mistes derfor en stor del af produktion.

For at sammenligne de forskellige systemer ud fra et økonomisk synspunkt, blev der estimeret forbrug ved etablering, pasning og høst af de forskellige systemer. Den samlede vurdering viste at tidsforbruget var klart mindst ved det kontinuerte system. Den største forskel er ved etablering af yngelliner, og her er det vigtigt at understrege at disse tidsangivelser gælder for etablering af en ny yngelline. Det efterfølgende år vil forskellen være omvendt, da en kontinuert yngelopsamler skæres af under høst og bringes med i land, men den canadiske/svenske type afstrippes for muslinger og efterfølgende lægges på bunden. Året efter skal den kontinuerte altså etableres på ny, men den canadiske/svenske bare skal hæves og evt. renses. Derudover er det også muligt at bruge en kontinuert yngelopsamler i kombination med det canadiske system, så der derved kan skæres 21 timer af den samlede vurdering.

Ud fra nettoudbytte og tidsforbrug blev der lavet rentabilitetsberegning for de tre forskellige dyrkningssystemer, som viste at det kontinuerte system var mest rentabelt. Som nævnt ovenfor at var tidsforbruget for etablering af en yngelline meget forskelligt. Hvis indregner det samme tidsforbrug ved den kontinuerte og det canadiske system, vil forskellen i indtjening være mindre, men stadig betydeligt højere ved den kontinuerte system. Tidsangivelser for disse to systemer er vurdering af forskellige folk og det er sandsynligt at vurderingerne vil variere en vis grad afhængigt af den enkelte opdrætters erfaring med muslingeopdræt og i forhold til det udstyr, som er til rådighed. Rentabiliteten for det svenske system var meget lav. Hvis man antog at der blev hængt kontinuerte liner ud ved alle systemer og man derved "sparede" 21 timer ved det svenske og det canadiske, ville det svenske system stadig give den laveste rentabilitet på trods af et lavt timeforbrug. Det skyldes naturligvis det lave nettoudbytte, som blev resultatet i denne undersøgelse. Hvis forsøget med det svenske system blev gentaget, er det muligt at der ikke ville ske det samme tab inden høst og dermed give et bedre resultat, men store tab er en reel risiko ved dette system.

Generelt for alle beregninger af indtjening pr. time gælder det at opbøjning og generel tilsyn med muslingerne i vækstperioden ikke er ikke medregnet. Denne post kan være betydelig, især hvis opbøjningen ikke sker ofte nok og muslingerne går på bunden. Hvis det sker, er der stor risiko for der kravler søstjerne op på linerne, og der efterfølgende skal bruges mange timer på at fjerne dem igen. De beløb som er nævnt, skal altså sænkes i forhold til den tid, der dels bruges på tilsyn og dels på uforudsigelige problemer som kan opstå i forbindelse med produktionen.

## Konklusion

I begge opdrætsområder gav de canadiske strømper det bedste nettoudbytte, mens udbyttet fra de kontinuerte liner lå lidt lavere. Fra det svenske system var udbyttet fra de to områder meget forskelligt, men på høsttidspunktet var nettoudbyttet kun det halve af udbyttet fra de andre systemer. En meget stor del af muslingerne fra de svenske systemer blev tabt i perioden op til høst,

og det skal her bemærkes at de svenske systemer blev høstet ca. en måned efter de to andre systemer, da muslingerne ikke nåede konsumstørrelse på samme tidspunkt. Der er i projektet foretaget beregninger af tidsforbruget i forbindelse med drift og håndtering af de enkelte dyrkningssystemer. Sammenholdes tidsforbrug og nettoudbytteværdierne fra forsøgene, viser kalkulationerne at rentabiliteten, ved opdræt med det kontinuerte system, er højest. Der skal dog gøres opmærksom på at disse resultater er fuldt ud afhængige af blandt andet dyrkningsforholdene det pågældende år, hvem der udfører arbejdet og hvilket yngelopsamlingsystem der vælges.

## 5. Udlægningsforsøg med yngel fra lineopdræt på kulturbanker

De foreløbige erfaringer fra tidligere undersøgelser af muslingeopdræt viser, at der ofte kan være et substantielt overskud af blåmuslingeeyngel på yngelopsamlerne i forhold til behovet for muslinger til strømpning. Denne ressource vil under normale omstændigheder gå til spilde, og i værste fald repræsentere et affaldsproblem som opdrætteren skal håndtere.

Fiskerier af blåmuslinger er i disse år begrænset af reducerede bestandsstørrelser. Således er forekomsten af blåmuslinger i både Limfjorden og Vadehavet reduceret i forhold til bestandsstørrelsen i starten af 1990'erne. I Limfjorden har fiskerne frivilligt halveret ugekvoterne og i Vadehavet har fiskeriet af blåmuslinger i en årrække været lukket pga. den reducerede muslingebestand. I Limfjorden har muslingefiskerne iværksat omplantningsaktiviteter, hvor blåmuslinger flyttes fra områder med lav produktion til områder med høj produktion. Resultaterne fra denne praksis er meget positive: muslingefiskerne har udviklet effektiv metodik til etablering af kulturbanker med ønsket muslingetæthed og der er en meget høj produktion af blåmuslinger i omplantningsområderne. Ressourcen af mindre muslinger til omplantninger er dog begrænset, og fiskeriet kan derfor have en interesse i at anvende muslinger fra lineopdræt til omplantningsmateriale. Der er imidlertid ingen erfaring med hensyn til udlægning af disse små linemuslinger på bunden. Formålet med denne del af undersøgelsen er at undersøge om muslingeeyngel indsamlet på langliner kan anvendes til etablering af bundkulturer.

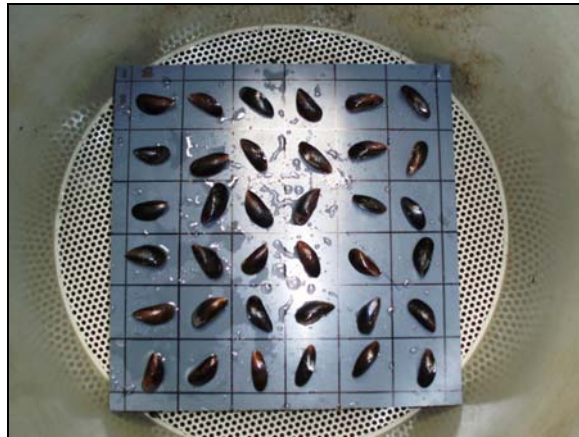
Kapitlet består af to dele. I første del afrapporteres et laboratorieeksperiment, hvor linemuslinger og bundmuslinger sammenlignes i forhold til deres evne til at lave sammenhængende muslingebanker, der er robuste over for prædation fra bundlevende prædatorer. Fasthæftelse og muslingernes evne til at aggregere testes. Krabbers prædation af henholdsvis line og bundmuslinger testes og relateres til muslingernes bankedannelse og størrelsen af lukkemuskel.

I anden del af kapitlet testes vækst og produktion af line- og bundmuslinger i forsøg, hvor muslingerne er udlagt på bunden i rammer og i bure.

### 5A. Prædation på bundmuslinger og linemuslinger af strandkrabber

Til undersøgelse af betydningen af krabbers prædation på henholdsvis bund- og linemuslinger blev der opstillet 18 rør fordelt i to betonrender. I bunden af hvert rør var der placeret en pvc-plade. På hver plade var der optegnet 36 felter af 5×5 cm.

Til forsøget blev der benyttet 36 muslinger i hvert rør. Der blev placeret én musling i hver felt på pvc-pladen i bunden af røret (figur 5.1).



**Figur 5.1.** Viser blåmuslingernes placering før forsøgsstart.

I seks af rørene blev placeret 36 bundmuslinger, i seks rør blev placeret 36 linemuslinger og i seks rør 18 linemuslinger og 18 bundmuslinger. I halvdelen af rørene skulle der ydermere tilsættes to krabber per rør. Kombinationen af krabber og muslinger i de 18 rør kan ses i tabel 5.1.

**Tabel 5.1.** Oversigt over fordelingen af linemuslinger, bundmuslinger og krabber i forsøgsopstillingen. Forsøgsdesign er brugt for forsøgsrunde 1 og 2.

Rør nr.	Krabber	Linemuslinger	Bundmuslinger
1	0	0	36
2	0	0	36
3	0	36	0
4	0	18	18
5	0	36	0
6	0	36	0
7	2	18	18
8	2	18	18
9	0	18	18
10	2	36	0
11	2	36	0
12	2	36	0
13	2	0	36
14	0	18	18
15	2	0	36
16	2	18	18
17	0	0	36
18	2	0	36

### Indsamling af muslinger og krabber

Forsøget blev gennemført i to forsøgsrunder: forsøgsrunde 1 den 27.-31. august 2007 og forsøgsrunde 2 den 7.-11. september 2007. Til forsøgsrunden i august blev bundmuslinger indsamlet ved dykning den 10. august på omplantningsbanker i Kaas Bredning. De anvendte



linemuslinger var indsamlet fra et opdrætsanlæg ved Salling den 17. august. Strandkrabber blev indsamlet i kasteruser ud for Dansk Skaldyrcenter den 22.-24. august.

Til anden forsøgsrunde i september blev der brugt bundmuslinger, der var opfisket i det kommercielle fiskeri den 5. september. Linemuslingerne var indsamlet den 17. august og krabberne var opfisket ud for Dansk Skaldyrcenter den 3. september. Alle dyr til begge forsøgsrunder blev holdt i opbevaringsfaciliteterne på Dansk Skaldyrcenter. For at standardisere sultniveauet blev krabberne holdt ufodret frem til startdagen for forsøget.

Gennemsnitslængden ( $\pm$  SD) af blåmuslingerne, der blev benyttet til forsøgsrunde 1 var ved forsøgsstart henholdsvis  $37,9 \pm 1,8$  mm og  $34,9 \pm 2,2$  mm for bund- og linemuslinger. I forsøgsrunde 2 var gennemsnitsstørrelserne henholdsvis  $37,0 \pm 1,9$  mm og  $40,2 \pm 2,4$  mm. I første forsøgsrunde var bundmuslingerne således større end linemuslingerne, hvorimod det omvendte var tilfældet i anden forsøgsrunde.

For at kunne kende forskel på bund- og linemuslinger blev bundmuslinger markeret med savmærker. Gennemsnitsskjoldbredden ( $\pm$  SD) af krabberne der blev benyttet i henholdsvis forsøgsrunde 1 og 2 var  $65,2 \pm 3,4$  mm og  $62,6 \pm 2,6$  mm.

### **Gennemførelse af forsøg**

Første forsøg blev sat i gang den 27. august 2007, hvor muslingerne blev placeret på pladen i røret med en musling i hvert felt. Efter 48 timer blev der tilført to krabber i halvdelen af rørene jf. tabel 5.1. Endnu 48 timer senere den 31. august blev krabberne fjernet fra rørene, hvorefter krabbernes køn og skalbredde blev bestemt.

Anden forsøgsrunde blev sat i gang den 7. september, hvor muslingerne blev placeret i rørene. Efter 48 timer blev krabberne tilført. Yderligere 48 timer senere den 11. september blev krabberne fjernet igen, hvorefter deres køn og skalbredde blev bestemt.

### **Bankestruktur**

Umiddelbart efter afslutningen af hver forsøgsperiode blev pvc-pladerne forsigtigt fjernet fra rørene og fordelingen af muslinger fotograferet. Antallet af levende linemuslinger og bundmuslinger på hver plade blev optalt. Fordelingen af muslingerne på pladen blev bestemt ved at registrere, hvor mange muslinger, der var til stede i hvert af de 36 felter. Feltet hvori muslingens umbo var placeret, var gældende som placeringsfelt. Coefficienten af variationen ( $CV = SD/\text{gennemsnit}$ ) af muslingernes fordeling på de 36 felter angiver i hvilken grad muslingerne klumper sig sammen.

#### **Prædation**

For hver rør blev antallet af levende og døde muslinger bestemt. Herudfra kunne raten hvormed krabberne præderer på muslingerne bestemmes (antal pr. døgn).

### **Fasthæftelse**

Der blev gennemført fasthæftelsesbestemmelse på 10 tilfældigt udvalgte muslinger på hver plade. På plader med både bund- og linemuslinger bestemmes fasthæftelsen på 10 af hver type musling. Fasthæftelsen blev bestemt som byssustrådenes trækstyrke ved brug af en fjedervægt, der blev fasthæftet til en musling af gangen med en klemme.

Efter fasthæftelsesbestemmelsen blev muslingerne nedfrosset, til senere registrering af længde, bredde og højde.

### Lukkemuskel

Den forreste lukkemuskels størrelse blev målt ved at overskære muskelen og bestemme diameter i et dissektionsmikroskop.

### Analyse af data

Analysen af data fandt sted ud fra en række hypoteser der var opstillet før forsøgets start (Boks 5.1). Ved præsentationen af resultaterne indledes hver delanalyse med den hypotese, der ligger til grund for den pågældende delanalyse.

De indsamlede data på bankestruktur, prædation, lukkemuskel og fasthæftelse blev testet i separate enten to- eller tre-vejs ANOVA som funktion af muslingetype og tilstedeværelse af krabbe. Inden analysen blev der testet for varianshomogenitet. Data blev ikke balanceret i test. Forskelle blev testet med parvise Tukey-test.

#### Boks 5.1: Hypoteser der testes

H1: Bundmuslingerne fasthæfter sig bedre til substrat end linemuslinger. Hypotesen testes med tre-way ANOVA's som funktion af krabber (0,1), muslingetype (B, B<sup>L</sup>, L, L<sup>B</sup>) og forsøgsrunde. B angiver populationen af bundmuslinger, B<sup>L</sup> angiver populationen af bundmuslinger, når disse holdes sammen med linemuslinger. Tilsvarende angiver L populationen af linemuslinger og L<sup>B</sup> populationen af linemuslinger, når disse holdes sammen med bundmuslinger.

H2: Tilstedeværelsen af strandkrabbe inducerer en øget fasthæftelse. Hypotesen testes med tre-way ANOVA's som funktion af krabber (0,1), muslingetype (B, B<sup>L</sup>, L, L<sup>B</sup>) og forsøgsrunde.

H3: Bundmuslinger har større lukkemuskel end linemuslinger: testes med separate to-way ANOVA's som funktion af krabber (0,1) og muslingetype (B, L).

H4: Prædationsraten på bundmusling er lavere end på linemusling: Hypotese testes med to-way ANOVA's som funktion af krabber (0,1) og muslingetype (B, B<sup>L</sup>, L, L<sup>B</sup>).

H5: Strandkrabber præfererer linemuslinger, når bundmuslinger og linemuslinger forekommer i blandet population: Hypotese testes med to-way ANOVA's som funktion af krabber (0,1), og muslingetype (B, B<sup>L</sup>, L, L<sup>B</sup>).

H6: Bundmuslinger laver en tættere bankestruktur end linemuslinger: testes med tre-way ANOVA's som funktion af krabber (0,1) og muslingetype (B, L) på variansen af muslingernes udbredelse i 36 felter.

H7: Tilstedeværelsen af strandkrabbe inducerer en tættere bankestruktur  
H5 og H6 testes med tre-way ANOVA's som funktion af krabber (0,1) og muslingetype (B, L) på variansen af muslingernes udbredelse i 36 felter.

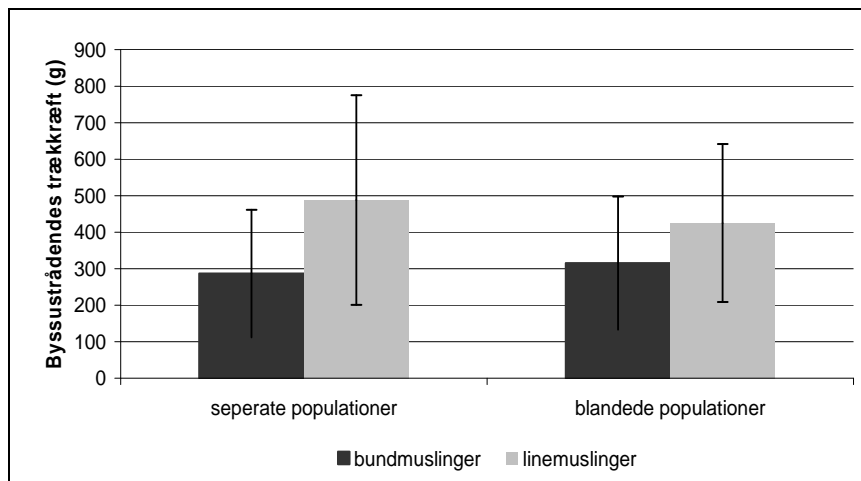
## Resultater

Resultaterne fra forsøget er præsenteret ud fra de hypoteser, der er opstillet før forsøgets start. Hypoteserne stille spørgsmål vedrørende forskellen mellem bundmuslinger og linemuslinger i forhold til specifikke mål, og i forhold til hvilken påvirkning tilstedeværelsen af krabber har på de to muslingetyper.

I de efterfølgende analyser menes der med separat holdte muslinger enten bund- eller linemuslinger, der er holdt i rør, hvor der udelukkende er muslinger af samme oprindelse. Tilsvarende menes der med blandede populationer muslinger, der kommer fra rør, hvor der både er line- og blåmuslinger.

### H1: Bundmuslingerne fasthæfter sig bedre til substrat end linemuslinger

Som det ses af figur 5.2 er den gennemsnitlige fasthæftelse ( $\pm$  SD) udtrykt som byssustrådenes trækkræft (g) for linemuslinger bedre end hos bundmuslinger.



**Figur 5.2.** Den gennemsnitlige fasthæftelse ( $\pm$  SD) for bund- og linemuslinger i henholdsvis separate og blandede populationer.

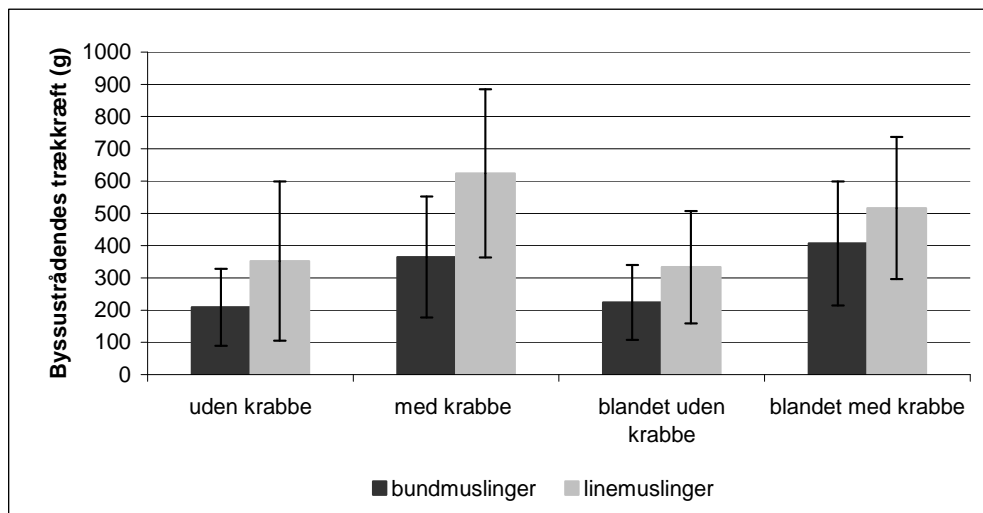
Sammenlignes bund- og linemuslingers fasthæftelse når der ikke er krabber til stede ses, at separat holdte linemuslinger (487,96 g) fasthæfter sig signifikant bedre end bundmuslinger fra separate populationer (286,61 g), og bundmuslinger fra blandede populationer (315,43 g) (Tre-vejs ANOVA,  $P < 0,001$ ) (tabel 5.2). Linemuslinger fra blandede populationer (430,30 g) fasthæfter sig ligeledes signifikant bedre end både separate bundmuslinger (286,61 g) og bundmuslinger fra blandede populationer (315,43 g). Der ses ikke nogen signifikant forskel mellem linemuslinger fra separate populationer og linemuslinger, der kommer fra blandede populationer.

**Tabel 5.2.** Tre-vejs ANOVA af fasthæftelse.

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Musling	3	3192166,319	1064055,440	33,131	<0,001
Krabbe	1	4463043,089	4463043,089	138,962	<0,001
Eksperiment	1	1263869,542	1263869,542	39,352	<0,001
Musling x Krabbe	3	233205,787	77735,262	2,420	0,065
Musling x Eksperiment	3	1566979,712	522326,571	16,263	<0,001
Krabbe x Eksperiment	1	31714,535	31714,535	0,987	0,321
Musling x Krabbe x Eksperiment	3	136768,976	45589,659	1,419	0,236
Residual	445	14292058,018	32116,984		
Total	460	25203314,928	54789,815		

## H2: Tilstedeværelsen af strandkrabbe inducerer en øget fasthæftelse

Figur 5.3 viser at byssustrådenes trækkræft hos bund- og linemuslinger øges, når der er krabber til stede (Tabel 5.2, Tre-vejs ANOVA,  $P < 0,001$ ).

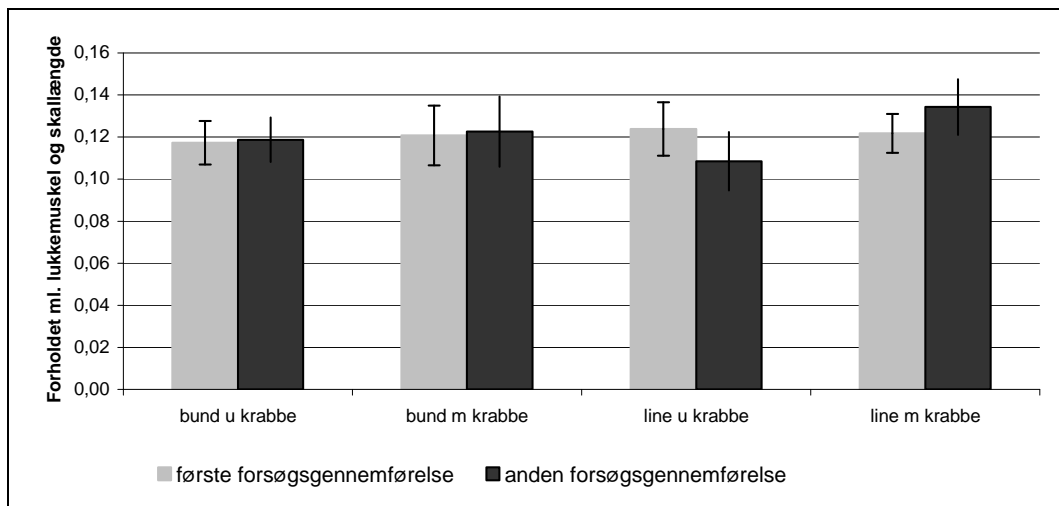


**Figur 5.3.** Forskellen mellem byssustrådenes trækkræft ( $\pm$  SD) (g) hos bundmuslinger og linemuslinger i separate og blandede populationer henholdsvis med og uden krabbe til stede.

Fasthæftelsen er således signifikant stærkere, når der er strandkrabber til stede, end når der ikke er krabber til stede. Parvise Tukey tests viser at forskellen i fasthæftelse som funktion af tilstedeværelsen af krabber kun er signifikant ( $p < 0,05$ ) for bundmuslinger i blandede populationer, hvorimod forskellen i fasthæftelse for linemuslinger fra blandede muslinger og for henholdsvis separat holdt linemuslinger og bundmuslinger som funktion af tilstedeværelsen af krabber ikke er signifikant ( $p > 0,05$ ).

### H3: Bundmuslinger har større lukkemuskel end linemuslinger

I figur 5.4 er vist forholdet mellem lukkemuskelens diameter og skallængden på bund- og linemuslinger henholdsvis med og uden påvirkning fra krabber, og henholdsvis fra første og anden forsøgsrunde. Variationen mellem første og anden forsøgsrunde er lille, når der ses på bundmuslinger, men der viser sig en forskel mellem de to forsøg, når der ses på linemuslingerne.



**Figur 5.4.** Fordelingen af forholdet ( $\pm$  SD) mellem lukkemuskel og skallængde hos bund- og linemuslinger henholdsvis med og uden krabbe til stede. Data fra de to forsøgsrunder er præsenteret adskilt.

På grund af stor variation i data i første forsøgsgennemførelse er det ikke muligt at teste, hvorvidt der er signifikant forskel i forholdet mellem lukkemuskel og skallængde på bund- og linemuslinger fra første forsøgsrunde. Nedenstående resultater bygger derfor udelukkende på data fra anden forsøgsrund.

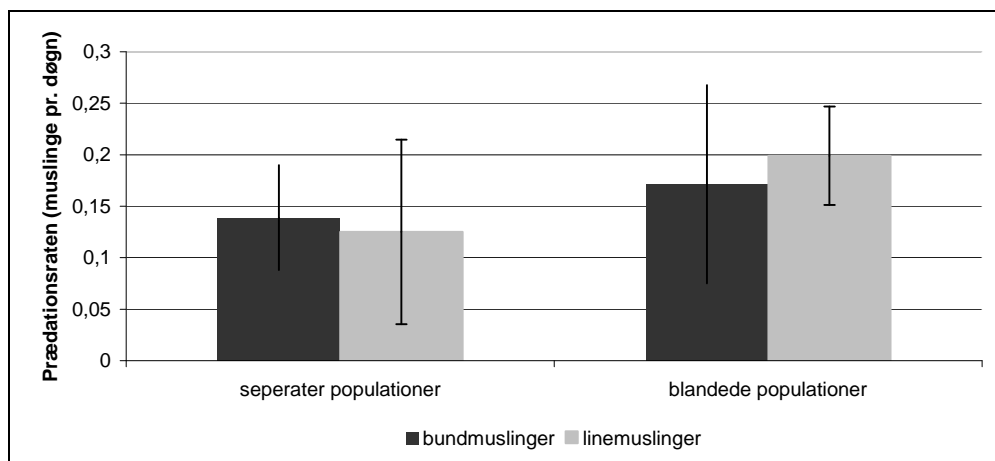
Forholdet mellem lukkemuskulens diameter og muslingernes skallængde er testet som funktion af muslingetype og tilstedeværelse af krabber. Der ses signifikant forskel mellem bundmuslinger og linemuslinger både når der er krabber til stede, og når der ikke er krabber til stede. Når der ikke er krabber til stede, har bundmuslinger en signifikant større lukkemuskel end linemuslinger. Ved tilstedeværelsen af krabber har linemuslinger en signifikant større lukkemuskel end bundmuslinger. Der er ikke signifikant forskel på størrelsen af lukkemusklen hos bundmuslinger, når der er krabber til stede og når der ikke er (tabel 5.3, To-vejs ANOVA,  $P < 0,001$ ).

**Tabel 5.3.** To-vejs ANOVA af størrelsen på forholdet mellem muslingernes lukkemuskel og skallængde.

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Musling	1	0,0000164	0,0000164	0,0860	0,770
Krabbe	1	0,00660	0,00660	34,724	<0,001
Musling x Krabbe	1	0,00361	0,00361	18,959	<0,001
Residual	116	0,0221	0,000190		
Total	119	0,0323	0,000271		

#### H4: Prædationsraten på bundmusling er lavere end på linemusling

Pga. forskelle i tætheden af henholdsvis bundmuslinger og linemuslinger i rør med separate og blandede populationer blev prædationsraten beregnet for det enkelte individ. I figur 5.5 er vist den relative prædationsrate ( $\pm$  SD) for bund- og linemuslinger i separate og blandede populationer, når der er henholdsvis krabber til stede og ikke krabber til stede. Prædationsraten er generelt højere i de blandede populationer. Når de to muslingetyper forekommer hver for sig, er der ikke umiddelbart nogen forskel i prædationsraten fra krabber, og der ses heller ikke nogen stor forskel mellem bund- og linemuslinger, der forekommer i blandede populationer.



**Figur 5.5.** Raten ( $\pm$  SD) hvor med krabber præderer på bund- og linemuslinger når de forekommer i henholdsvis separate og blandede populationer. Prædation er beregnet som prædation på det enkelte individ.

Der ses ikke nogen signifikant forskel på prædationsraten mellem bundmuslinger og linemuslinger. Sammenligninger af prædationsraten på bund- og linemuslinger viser (tabel 5.4), at der er signifikant højere prædationsrate på bundmuslinger, når bundmuslingerne kommer fra separate populationer i modsætning til bundmuslinger fra blandede populationer (To-vejs ANOVA,  $P < 0,006$ ).

**Tabel 5.4.** To-vejs ANOVA af prædationsrate.

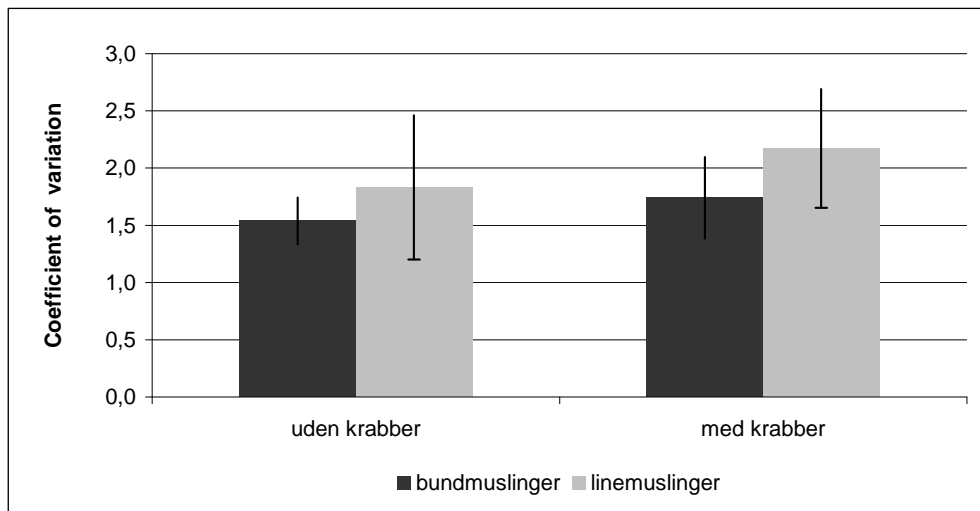
Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Musling	3	6,771	2,257	2,514	0,072
Krabbe	1	196,021	196,021	218,306	<0,001
Musling x Krabbe	3	6,771	2,257	2,514	0,072
Residual	40	35,917	0,898		
Total	47	245,479	5,223		

#### H5: Strandkrabber præfererer linemuslinger, når bundmuslinger og linemuslinger forekommer i blandet population

Når linemuslinger og bundmuslinger forekommer i blandede populationer (figur 5.5) er prædationsraten på linemuslinger højere end på bundmuslinger. Denne forskel er dog kun en tendens og der er ikke signifikant forskel mellem de to muslingetyper.

### H6: Bundmuslinger laver en tættere bankestruktur end linemuslinger

Der er forskel i tætheden af bankestrukturen ( $\pm$  SD) mellem bund- og linemuslinger. Generelt er coefficienten af variation (CV) for fordelingerne af bundmuslinger lavere end for linemuslingerne. Dette indikerer, at bundmuslingerne har en mindre aggregeret fordeling, og dermed ikke danner så tæt en bankestruktur som linemuslingerne. Bundmuslinger danner en mindre tæt bankestruktur uafhængig af, om der er krabber til stede eller ej (figur 5.6).



**Figur 5.6.** Varianskoefficienten (CV) ( $\pm$  SD) for bankestrukturen for bund- og linemuslinger henholdsvis uden og med tilstedeværelse af krabbe.

Testes tætheden af bankestrukturen for bund- og linemuslinger kan det vises, at der er en betydelig forskel mellem de to muslingetyper, idet der kan vises en signifikant lavere CV i fordelingen af bundmuslinger (1,64) end linemuslinger (2,00) (Tre-vejs ANOVA,  $P < 0,024$ ) (tabel 5.5).

Af figur 5.6 er der en tendens til at CV på bankestrukturen bliver større for både bundmuslinger og linemuslinger, når der er krabbe til stede. Men testes CV som funktion af muslingetyper og tilstedeværelse af krabber, viser tilstedeværelse af krabber sig ikke at have nogen signifikant effekt på tætheden af bankestrukturen (Tre-vejs ANOVA, ( $P = 0,082$ )).

**Tabel 5.5.** Tre-vejs ANOVA af bankestruktur.

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Mus type	1	0,785	0,785	6,173	0,024
Krabbe	1	0,439	0,439	3,455	0,082
Eksperiment	1	1,672	1,672	13,150	0,002
Mus type x Krabbe	1	0,029	0,029	0,229	0,639
Mus type x Eksperiment	1	0,013	0,013	0,105	0,750
Krabbe x Eksperiment	1	0,068	0,068	0,538	0,474
Mus type x Krabbe x Eksperiment	1	0,386	0,386	3,039	0,100
Residual	16	2,034	0,127		
Total	23	5,427	0,236		

## Konklusion

I undersøgelsen er der hovedsagligt to fokusområder. Det ene er forskellen mellem bund- og linemuslinger med hensyn til lukkemuskel, fasthæftelse og prædationsrate. Det andet fokusområde er, hvordan tilstedeværelsen af strandkrabber påvirker de to muslingetyper.

Linemuslinger var bedre til at fasthæfte sig til underlaget, og etablerede tættere bankestruktur. Dette indikerer at linemuslinger hurtigere danner tætte banke i forhold til bundmuslinger.

Sammenligninger mellem fasthæftelsen for bund- og linemuslinger viste, at linemuslinger har en signifikant bedre fasthæftelse end bundmuslinger, både når bund- og linemuslinger er adskilt i separate populationer, og når de forekommer i blandede populationer.

Sammenligninger af forholdet mellem lukkemuskel og skallængde hos bund- og linemuslinger viste, at bundmuslinger har signifikant større lukkemuskel end linemuslinger når der ikke er krabber til stede. Når der er krabber til stede har linemuslinger signifikant større lukkemuskel end bundmuslinger. Der er ikke signifikant forskel på størrelsen af lukkemuslingen hos bundmuslinger når der er krabbe til stede og når der ikke er. Det vil sige, at linemuslingerne reagerer på tilstedeværelsen af krabber ved at udvikle øget lukkemuskel diameter, mens bundmuslingerne ikke i særlig grad påvirkes af krabbernes tilstedeværelse.

I undersøgelsen findes der ikke forskel i prædationsraten af henholdsvis bund- og linemusling.

Linemuslinger og bundmuslinger reducerer prædation med to forskellige strategier.

Linemuslingerne har en aktiv strategi, hvor der dannes tætte banker og etableres en kraftig fasthæftelse til underlaget og andre muslinger. Bundmuslingerne har en passiv strategi.

Bundmuslingerne udvikler tykke skaller og kraftigere lukkemuskler og reducerer med denne strategi prædation.

Både line- og bundmuslinger kan dog tilpasse sig tilstedeværelsen af krabber. Både bund- og linemuslinger øger byssus fasthæftelsen til underlaget, ved tilstedeværelsen af krabber. Derimod ses der ingen signifikant effekt af tilstedeværelsen af krabber på muslingernes evne til at aggregere og danne tætte banker



## 5 B. Sammenligning af linemuslinger og bundmuslingers vækst og produktion på bunden

Med henblik på at teste produktionen af linemuslinger udlagt på kulturbanker blev der gennemført to eksperimenter.

### Udlagte muslinger – 1. forsøg

I 2006 blev der udlagt linemuslinger og bundmuslinger i 13 rammer af 2 x 2 meter. Den 29. august blev der udlagt 5 rammer med linemuslinger og 5 rammer med bundmuslinger. Den 10. oktober blev der endvidere udlagt 3 rammer med mindre linemuslinger. Der blev lagt 25 kg muslinger ud i hver ramme. Inden udlægning blev der lavet startprøver, hvor forskellige vækstparametre blev målt.

Ved afslutning af eksperiment i den 29. november 2006 blev der optaget video fra alle rammer og der blev indsamlet muslinger i 3 rammer af 0,25 m<sup>2</sup> i hver store ramme. Der blev taget billeder af hver af disse små rammer. Undersøgelserne viste, at alle muslingerne i de tre rammer med små linemuslinger var i forsvundet inden denne prøvetagning. Af video- og billede materialet er det ikke muligt at beregne forekomsten af søstjerner og krabber i rammerne. Analysen af resultaterne vil derfor kun omfatte mængden af muslinger i rammer ved forsøgets afslutning, og væksten af disse muslinger.

### Udlagte muslinger – 2. forsøg

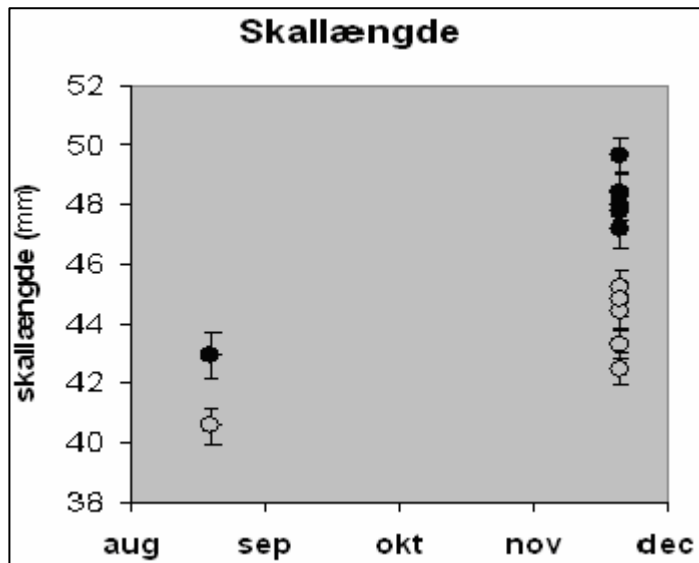
I august 2007 blev forsøget gentaget, men denne gang med muslinger i lukkede netbure på 90 x 110 cm, så krabber og søstjerner blev holdt ude. Der blev udlagt 3 bure med bundmuslinger og 3 bure med linemuslinger. Burene blev bygget af rustfrit stålnet med 10 mm maskestørrelse. Burene blev udlagt på bunden i DSC's anlæg i Lysen Bredning. Der blev udlagt 5 kg muslinger i hvert bur.

Inden udlægning den 29. august blev der udtaget startprøver og efterfølgende blev der udtaget prøver den 8. oktober og 12. december. Kødindhold og størrelsesfordeling er bestemt fra indsamlede prøver.

## Resultater

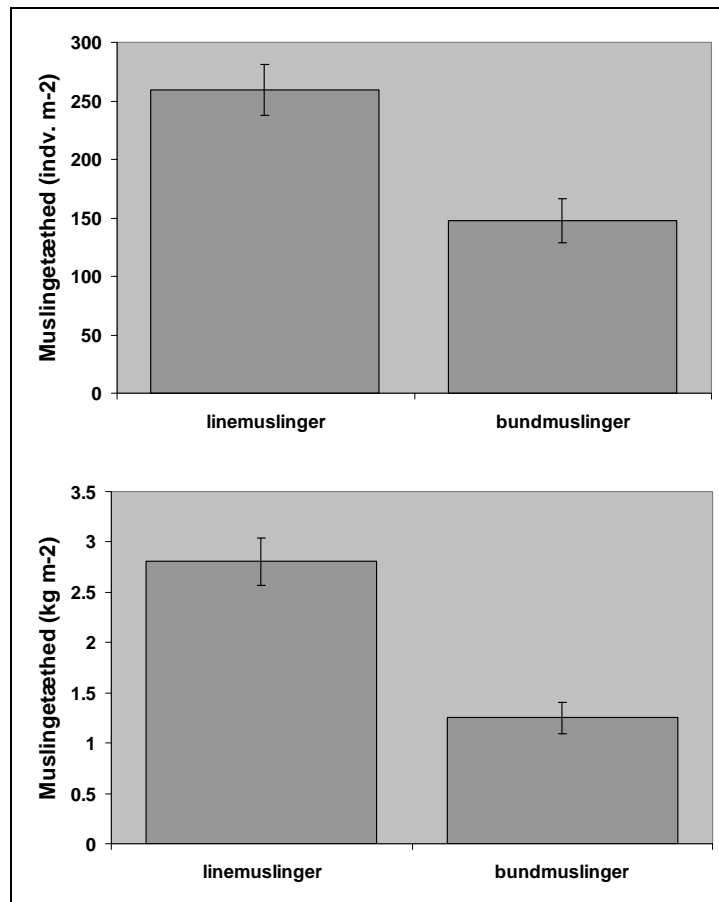
### Udlagte muslinger – 1. forsøg:

I august måned 2006 blev der udlagt blåmuslinger indsamlet fra bunden og fra langliner i 10 rammer. Udlægningstætheden var 6,25 kg muslinger m<sup>-2</sup>. Gennemsnitslængden ( $\pm$  s.e.) af de udlagte bund- og linemuslinger var henholdsvis 40,6  $\pm$  0,6 cm og 43,0  $\pm$  0,8 cm (figur 5.7).



**Figur 5.7.** Gennemsnitsstørrelsen ( $\pm$ s.e.) af linemuslinger (●) og bundmuslinger (○) i august måned ved udlægning i rammer og i november ved afslutning af forsøg.

I slutningen af november måned var individtætheden af linemuslinger signifikant højere end individtætheden af bundmuslinger (tabel 5.7,  $P < 0,001$ ). På figur 5.8 ses, at den gennemsnitlige individtæthed af blåmuslinger i rammer med linemuslinger er  $259 \text{ muslinger m}^{-2}$ , hvorimod den i rammer med bundmuslinger er  $147 \text{ muslinger m}^{-2}$ . Tilsvarende var biomassetætheden af linemuslinger signifikant højere end biomassetætheden af bundmuslinger (tabel 5.8,  $P < 0,001$ ). På figur 5.8 ses, at den gennemsnitlige biomasse af blåmuslinger i rammer med linemuslinger er  $2,8 \text{ kg muslinger m}^{-2}$ , hvorimod den i rammer med bundmuslinger er  $1,2 \text{ kg muslinger m}^{-2}$ . Biomassen af blåmuslinger er således reduceret til 44 % af udlægningstætheden af linemuslinger og til 20 % af udlægningstætheden af bundmuslinger.



**Figur 5.8.** Forekomsten af blåmuslinger i november 2006 fra rammer med henholdsvis linemuslinger og bundmuslinger udlagt i august 2006. Øverst: den gennemsnitlige individtæthed ( $\pm$ s.e.) af henholdsvis linemuslinger og bundmuslinger. Nederst: den gennemsnitlige biomasse ( $\pm$ s.e.) af henholdsvis linemuslinger og bundmuslinger.

**Tabel 5.7.** 2-vejs varians analyse af antal muslinger i rammer som funktion af ramme og muslingetype

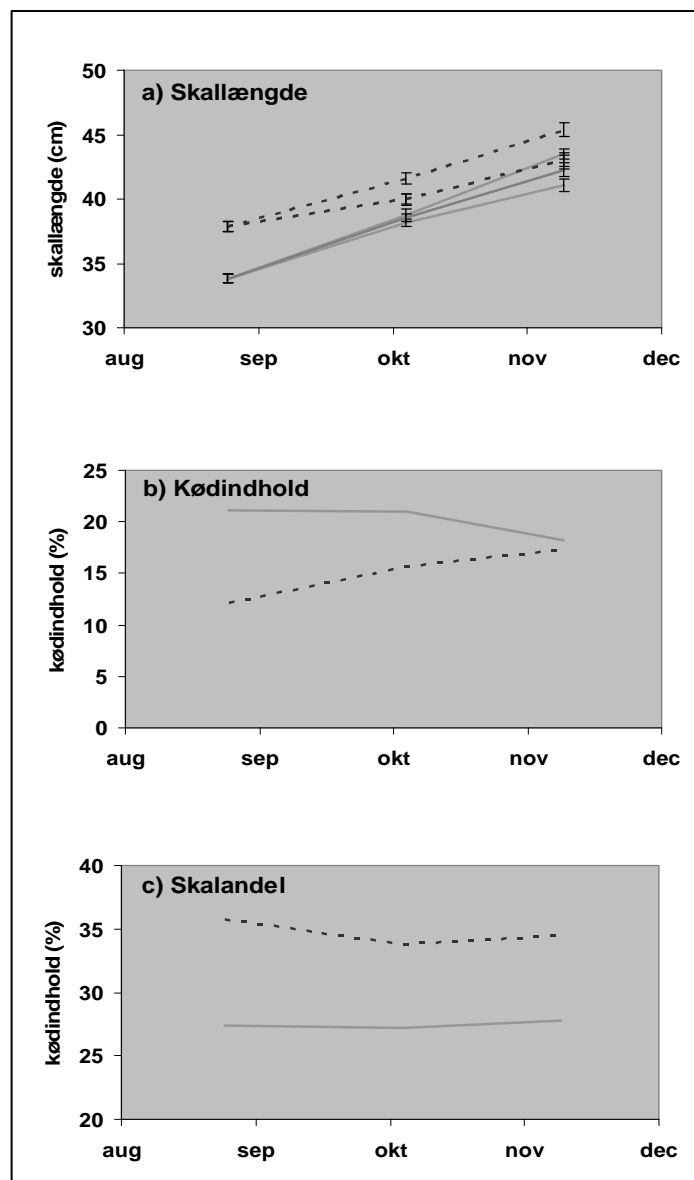
Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
ramme	4	4848,867	1212,217	5,479	0,004
musling	1	5852,033	5852,033	26,448	<0,001
ramme x musling	4	644,467	161,117	0,728	0,583
Residual	20	4425,333	221,267		
Total	29	15770,700	543,817		

**Tabel 5.8.** 2-vejs varians analyse af vægt af muslinger i rammer som funktion af ramme og muslingetype

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
ramme	4	505174,979	126293,745	6,726	0,001
musling	1	1134751,905	1134751,905	60,433	<0,001
ramme x musling	4	70378,675	17594,669	0,937	0,463
Residual	20	375541,440	18777,072		
Total	29	2085846,999	71925,759		

## Udlagte muslinger – 2. forsøg

I august måned 2007 blev der udlagt blåmuslinger indsamlet fra bunden og fra langliner i 6 netbure. Udlægningstætheden var 5 kg pr bur med størrelsen 1 m<sup>2</sup>. Gennemsnitslængden ( $\pm$ s.e.) af de udlagte bund- og linemuslinger var henholdsvis  $37,8 \pm 0,4$  cm og  $33,8 \pm 0,3$  cm (figur 5.9a). Bundmuslingerne var i august signifikant større end linemuslingerne (t-test,  $P < 0,0001$ ). I november varierer gennemsnitsstørrelsen i burene med bundmuslinger fra 43,0 til 45,4 cm og størrelsen af linemuslinger varierer fra 41,1 til 43,5 cm. En t-test viser, at bundmuslingerne også i november er signifikant større end linemuslingerne ( $P=0,004$ ).



**Figur 5.9.** a) Gennemsnitsstørrelsen ( $\pm$ s.e.) af linemuslinger (grå linie) og bundmuslinger (stiplet linie) i august måned ved udlægning i rammer, i oktober og i november ved afslutning af forsøget. b) Køndindhold af linemuslinger (grå linie) og bundmuslinger (stiplet linie) og c) skalandel af linemuslinger (grå linie) og bundmuslinger (stiplet linie).

Bestemmelsen af henholdsvis bund og linemuslingers kødindhold (figur 5.9b) viser, at kødindholdet i august i linemuslinger (21,1 %) er tydeligt større end for bundmuslinger (12,1 %). I november er forskellen i kødindholdet mindre med et kødindhold på henholdsvis 18,2 % og 17,4 %.

Muslingernes vægtandel af skal viser det modsatte mønster (figur 5.9c). I august udgør 35,7 % af bundmuslingernes vådvægt af skal, hvorimod værdien for linemuslinger er 27,4 %. Omtrent de samme andele observeres i november.

## Sammenfatning af vækstforsøg 1 og 2

Sammenligningen af line- og bundmuslingers produktion på bunden i rammeforsøg i 2006 viste at linemuslingerne havde en produktion, der var større end bundmuslingernes. Væksten af både linemuslinger og bundmuslinger fra august til november var ens og i størrelsesordenen ca. 4,5 – 5 mm. Den højere biomasse, der ses i rammer med linemuslinger, må således skyldes en bedre overlevelse af disse muslinger. Dette afspejles også i en højere individtæthed i rammer med linemuslinger ved afslutningen af forsøget. Resultatet skal tolkes med stor varsomhed, idet linemuslingernes størrelse ved udlægning var større end bundmuslingerne. Større muslinger kan forventes at have en bedre overlevelse i forhold til prædation fra både krabbe og søstjerne. De konkrete effekter af disse to prædatorer kan dog ikke kvantificeres, idet eksperimentdesignet vanskeliggjorde en bestandsvurdering af disse to arter i rammerne.

I eksperimentet i 2007 er bundmuslingerne ved forsøgsopstart i august større end linemuslingerne. Bundmuslingerne vokser fra august til november ca. 6 mm, hvorimod linemuslingerne vokser ca. 8 mm. Linemuslingernes kødindhold er tydeligt højere i august end bundmuslingerne, men i november ses der ikke forskel. Andelen af muslingerne, der udgøres af skal er markant større for bundmuslinger end for linemuslinger.

## Samlet diskussion

I både Tyskland og Holland foregår der i disse år forskningsaktiviteter, der skal understøtte opdræt af blåmuslinge yngel til udlægning i kulturbanker på bunden. I Tyskland produceres yngelen på Smart Farm-anlæg, hvor yngelproduktionen er mekaniseret og stordrift er en mulighed. Smart Farm-opdrætsanlæg består af lukkede rør, hvorunder der hænger et grovmasket net. Muslinge yngelen opsamles på nettet og kan dels udtyndes og dels høstes med høstaggregat. Systemet tillader en stor produktion, men er omkostningstungt at etablere. I Holland foretages der både forsøg med opdræt af muslinge yngel i laboratorium og forsøg med opdræt på forskellige systemer, der udhænges i vandsøjlen.

I forbindelse med implementering af bundkulturopdræt af blåmuslinger fra yngel opsamlet i vandsøjlen er der umiddelbart to problemstillinger, der er iøjnefaldende. Første udfordring er at få produceret yngel til en pris, der er konkurrencedygtig i forhold til prisen på det endelige produkt. Den anden udfordring er at identificere en kulturbankepraksis, der sikrer en høj produktion, dvs. vækst og overlevelse, af den muslinge yngel, der anvendes til kulturbankedyrkning. I Vadehavet, hvor de tyske og hollandske aktiviteter foregår, har der i en årrække været mangel på muslinge yngel pga. manglende rekruttering til de naturlige muslinge banker. Produktionen af konsummuslinger er

direkte afhængig af adgang til muslinge yngel, og muslinge producenterne har således skulle reducere produktionen. Produktion af yngel i laboratorium og ved indsamling fra vandsøjlen har således repræsenteret en reel værdi, der kan understøtte en vækst i produktionen af konsummuslinger.

De i dette projekt gennemførte undersøgelser viser, at muslinger opdrættet i vandsøjlen vil have samme produktion, eller en øget produktion, i forhold til bundmuslinger, når linemuslinger udlægges i bundkultur. Linemuslinger har en tyndere skal og muligvis en mindre lukkemuskel, hvilket skulle gøre det lettere for både krabber og søstjerne at åbne og præderer på dem. Linemuslinger har den fordel i forhold til prædation, at de i forhold til bundmuslinger har en stærkere fasthæftelse og etablerer tættere banker. Tidligere undersøgelser i Limfjorden har vist, at prædationen på blåmuslinge yngel af krabber blev reduceret, hvis muslingerne levede i habitat med høj kompleksitet, dvs. på en bund med skaller eller på en muslinge bank (Frandsen og Dolmer, 2002). Krabberne brugte mere tid på at finde muslingerne på disse komplekse bunde, hvilket forklarer en lavere prædationsrate. Omvendt var den tid som krabberne brugte til at åbne og spise muslinger uafhængig af habitatets struktur, dvs., når muslingen var fundet, var det ikke et problem at åbne den. De fordele som bundmuslinger har i forhold til tykkere skal og større lukkemuskel, ser således ud til at være af mindre betydning i forhold til muslingernes chance for overlevelse. Derimod vil linemuslinger med deres evne til at danne tætte muslinge banker have en reduceret prædation.

Linemuslingers fasthæftelse og evne til at etablere en tæt bankestruktur var stærkere end bundmuslingers. Fasthæftelsen blev stærkere når der var krabber tilstede. Denne form for prædatorinduceret forsvarskarakterer er tidligere rapporteret for blåmuslinger. Blåmuslinger vil ved tilstedeværelse af prædatorer, eller blot lugten af prædatorer, etablere stærkere fasthæftelse, tykkere skal og lukkemuskel (Côté 1995, Reimer *et al.* 1995, Reimer and Tedengren 1997, Dolmer 1998, Smith and Jennings 2000).

I Danmark er situationen i dag anderledes end i Tyskland og Holland. I både Vadehavet og Limfjorden er rekrutteringen af blåmuslinge yngel generelt svag, og muslingebestandene er reduceret i forhold til bestandsstørrelserne i 1990'erne. I Vadehavet er det vanskeligt at opnå tilladelse til kulturbankedyrkning, og her vil en adgang til muslinge yngel ikke umiddelbart kunne understøtte en øget muslinge produktion. I Limfjorden dyrkes der blåmuslinger på kulturbanker. Her kan der i de fleste år opfiskes yngel i områder med god yngelproduktion. Denne yngel opfiskes og omplantes til kulturbanker. I 2007 blev der forsøgs mæssigt omplantet 5.000 tons blåmuslinge yngel i Limfjorden. En forsigtig vurdering er, at prisen for omplantning af blåmuslinger ligger på ca. 20 øre per kg omplantet muslinge yngel. Det vil således kræve meget effektive og mekaniserede yngelproduktionsanlæg at konkurrere med denne pris.

I forbindelse med omplantningen af blåmuslinger i 2007 blev der gennemført en konsekvensvurdering af opfiskningen af omplantningsmuslingerne. Det kan i fremtiden forventes, at Habitatdirektiv og Vandrammedirektivet vil regulere mulighederne for at opfiske yngel til omplantning. En forudsætning for en fortsat udvikling af kulturbankedyrkingen er fortsat mulighed for adgang til yngel. Opdræt af yngel eller anvendelse af overskud fra muslingeopdrætter kan således blive en attraktiv mulighed, og vil på sigt kunne være nødvendig for fortsat vækst i bundproduktion af blåmuslinger. Linemuslingernes gode evne til at etablere tætte banker og deres høje vækst indikerer, at disse muslinger vil være egnet til udlægning i bundkultur.

## 6. Miljøundersøgelser

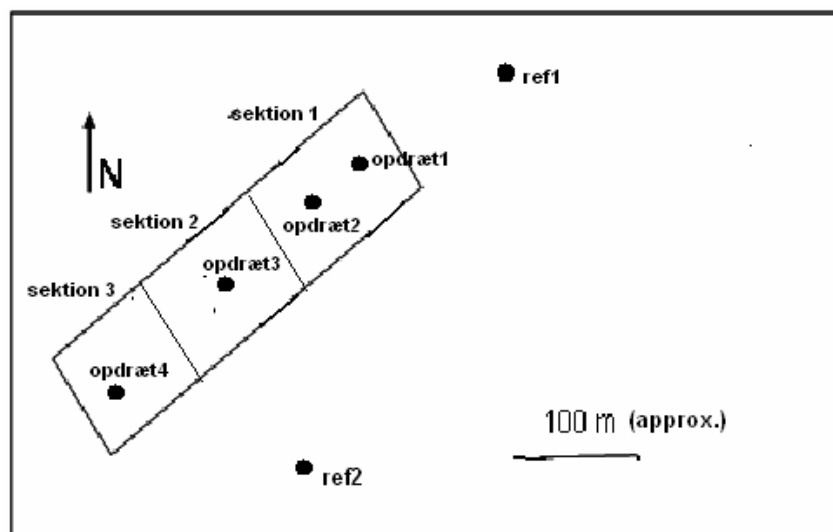
Dyrkning af muslinger på liner kan have en række negative miljøeffekter. Den store koncentration af muslinger på et relativt lille areal medfører en stor affaldsproduktion i form af fækalier, der sedimenterer til bunden under opdrætsanlæggene. Som en direkte følge af den øgede sedimentation kan sedimentet under opdrætsanlæggene indeholde højere koncentrationer af næringssalte og organisk materiale og i mange tilfælde forværre leveomstændighederne for den bentiske fauna sammenlignet med upåvirkede sedimenter. Den øgede sedimentation kan desuden give en øget nedbrydningshastighed af organisk materiale, som medfører et øget iltforbrug, en øget frigivelse af næringssalte fra sedimentet til vandfasen og dermed også en øget aktivitet af anaerobe nedbrydningsprocesser som f.eks. sulfatreduktion, hvorved der dannes sulfid.

Vi har i denne arbejdsmappe foretaget forskellige undersøgelser af de potentielle miljøeffekter på henholdsvis bundens indhold og omsætning af organisk materiale. Derudover har vi forsøgt at sætte undersøgelserne i relation til lokale strømforhold og sedimentationen.

### 6.1. Målestationer og måletidspunkter

Feltundersøgelserne af miljøeffekter af muslingeopdræt er i hovedtrækket delt op i tre:

1. En undersøgelse af årstidsvariation ved anlæg 65 ved Rotholmen. Anlægget er opdelt i tre sektioner (figur 6.1) med forskellig muslingebiomasse og opdrætsintensitet. Indenfor anlægget placerede vi 4 stationer (opdræt1 – opdræt4) jævnt fordelt over de tre sektioner samt to referencestationer (ref1 og ref2). Denne undersøgelse blev suppleret med ekstra målinger på anlæg 99 ved Eskær.
2. En undersøgelse af geografiske forskelle på 8 forskellige anlæg på ét tidspunkt, hvor vi placerede én station midt under hvert brug (opdræt1) og en tilhørende referencestation 50 – 100 m udenfor anlægget (ref1).
3. Effekt på bundfauna, hvor vi har indsamlet bundfauna på stationer placeret henholdsvis lige under anlægget og på en referencestation udenfor anlægget fra 6 opdrætsanlæg på to tidspunkter.



Figur 6.1. Skitse af opdrætsanlægget ved Rotholmen.

De parametre der blev målt i sæsonstudiet (1.) til de givne tidspunkter og anlæg er vist i tabel 6.1.

**Tabel 6.1.** Oversigt over undersøgte parametre i sæsonstudiet (1.). Tabellen angiver hvilke parametre der blev bestemt til de givne tider og lokaliteter. ”Strøm” er strømmålinger, ”sedimentation” er bestemt med sedimentfælder, ”sediment” omfatter måling af puljer og ”fluks” omfatter måling af hastigheder af transport af stoffer til eller fra sedimentet.

Tid	Anlæg	Parametre
<b>Sommer 2005</b> (ultimo juni)	<b>65 - Rotholmen</b> (opdræt2 - opdræt4, ref1)	Strøm (øst og vest for anlæg) Sediment: OM, POC, PON, TP Fluks: O <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
	<b>99 - Eskær</b> (opdræt1 og ref1)	Sulfatreduktion Sulfidpuljer Sulfidfront
<b>Efterår 2005</b> (august-september)	<b>65 - Rotholmen</b> (opdræt2 - opdræt4, ref1)	Strøm (under anlæg) Sediment: OM, POC, PON, TP Fluks: O <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> Sulfatreduktion Sulfidpuljer Sedimentation (opdræt 2 & 4, ref 1 & 2)
<b>Vinter 2005</b> (tidlig december)	<b>65 - Rotholmen</b> (opdræt2 - opdræt4, ref1)	Sediment: OM, POC, PON, TP Fluks: O <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> Sulfatreduktion Sulfidpuljer (opdræt 2, ref 1)
<b>Forår 2006</b> (tidlig maj)	<b>65 - Rotholmen</b> (opdræt2 - opdræt4, ref1)	Sediment: OM, POC, PON, TP Fluks: O <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> Sulfidpuljer
<b>Sommer 2006</b> (tidlig august)	<b>65 - Rotholmen</b> (opdræt2 - opdræt4, ref1)	Strøm (under anlæg) Sediment: OM, POC, PON, TP Fluks: O <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> Sulfatreduktion Sulfidpuljer Sulfidfront Sedimentation (opdræt 1 & 2, ref 1 & 2)
	<b>99- Eskær</b> (opdræt1, ref1)	Sediment: OM, POC, PON, TP Fluks: O <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> Sulfidfront
	<b>91N - Bjørndrup</b> (opdræt1, ref1)	Sediment: OM, POC, PON, TP Fluks: O <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> Sulfidfront
	<b>61F - Færker vig</b> (opdræt2, ref1)	Sediment: OM, POC, PON, TP Fluks: O <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> Sulfidfront
<b>Vinter 2006</b>	<b>65 - Rotholmen</b> (opdræt1, ref1, ref2)	Sedimentation



Biomassen af muslinger på opdrætsanlæg 65 varierede over tid og mellem sektionerne (tabel 6.2). Der var også forskel i temperatur mellem undersøgelsestidspunkterne (tabel 6.2), hvorimod saltholdigheden kun varierede mellem 26-27 PSU. Der blev på alle undersøgelsestidspunkt anvendt en iltmætning på 100% til fluxforsøg, undtagen i sommeren 2006, hvor der var alvorligt iltsvind i området og fluxmålingerne blev gennemført anoxisk.

**Tabel 6.2.** Estimeret biomasse af muslinger (tons) og temperatur (°C) ved bunden i anlæg 65 ved Rotholmen på prøvetagningstidspunkterne.

Tidspunkt	Biomasse af muslinger på linerne				Temperatur °C
	Total	Sektion 1	Sektion 2	Sektion 3	
Sommer05	135	75	50	10	15,2
Efterår05	105	60	35	10	16,0
Vinter 05	100	75	25	0	5,7
Forår06	55	50	5	0	7,5
Sommer06	75	15	35	25	19,8

I tabel 6.3 er vist de valgte anlæg og målte parametre for undersøgelse af geografisk variation (2.). Stationer og indsamlingstidspunkter for bundfaunaundersøgelsen er vist i afsnit 6.8.

**Tabel 6.3.** Oversigt over undersøgte parametre og lokaliteter i studier af geografisk variation (2.). Tabellen angiver hvilke parametre der blev bestemt til de givne tider og lokaliteter. ”Sediment” omfatter måling af puljer, ”sedimentation” er bestemt med sedimentfælder og ”flux” omfatter måling af hastigheder af transport af stoffer til eller fra sedimentet.

Tidspunkt	Anlæg nr.	Placering	Parametre	Bemærkning
Maj 2007	65	Rotholmen		
	91N	Bjørndrup	Sedimentation	
	99	Eskær	Sediment: OM, POC,	
	102L	Lysen Bredning	PON	Strømmålinger i
	102	Kås Bredning	Fluks: O <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ,	Eskær
	112	Grønning Strand	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	
	124	Kås Bredning	Sulfidfront	
	126	Kås Sand		

Der var på prøvetagningstidspunktet forskel mellem anlæggene i stående biomasse af muslinger, men der var ikke betydelig forskel i temperatur eller saltholdighed mellem anlæggene (tabel 6.4).

**Tabel 6.4.** Estimeret biomasse af muslinger (tons), temperatur (°C) ved bunden og saltholdighed (PSU) for undersøgelsen i maj 2007.

Anlæg	Total biomasse	Temperatur	Saltholdighed
65	250	13	26,5
91N	140-170	13	24
99	350	12,5	25
102	70-85	13,5	26
102L	100	12	25
112	200	12,5	25
124	70-85	13,5	25
126	100	14	25

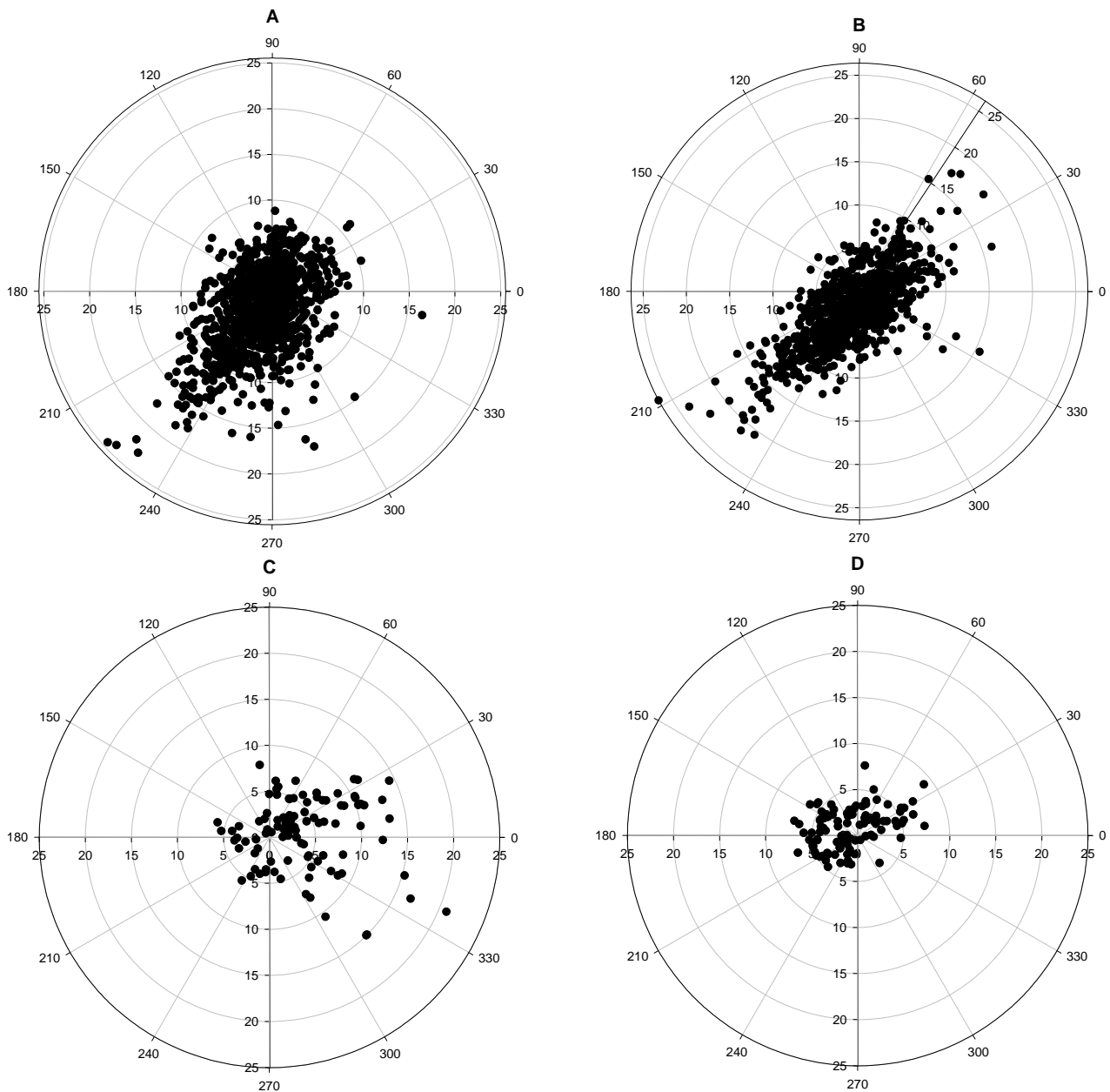
## 6.2. Strømforhold og lagdeling

### Materialer og metoder

Strømmålere af typen Aanderaa RCM9 blev placeret på forskellige vanddybder ved opdrætsanlægget ved Rotholmen (nr 65) og ved Eskær (nr 99) i maj 2007 som det fremgår af tabel 6.1 og 6.3. Strømmålerne blev sat til at logge data med 0,5 times intervaller og samlede data i perioder af flere dage til uger. Ved Eskær i maj 2007 blev strømforholdene desuden beskrevet ved hjælp af en Aanderaa ADCP, der simultant kan måle strømhastighed og retning i flere dybder. Data blev opsamlet med fem minutters intervaller og endelig blev der foretaget en langtidsmåling af lagdeling af vandsøjlen ved Rotholmen ved at placere automatiske temperaturloggere i flere dybder over en længere periode.

### Resultater

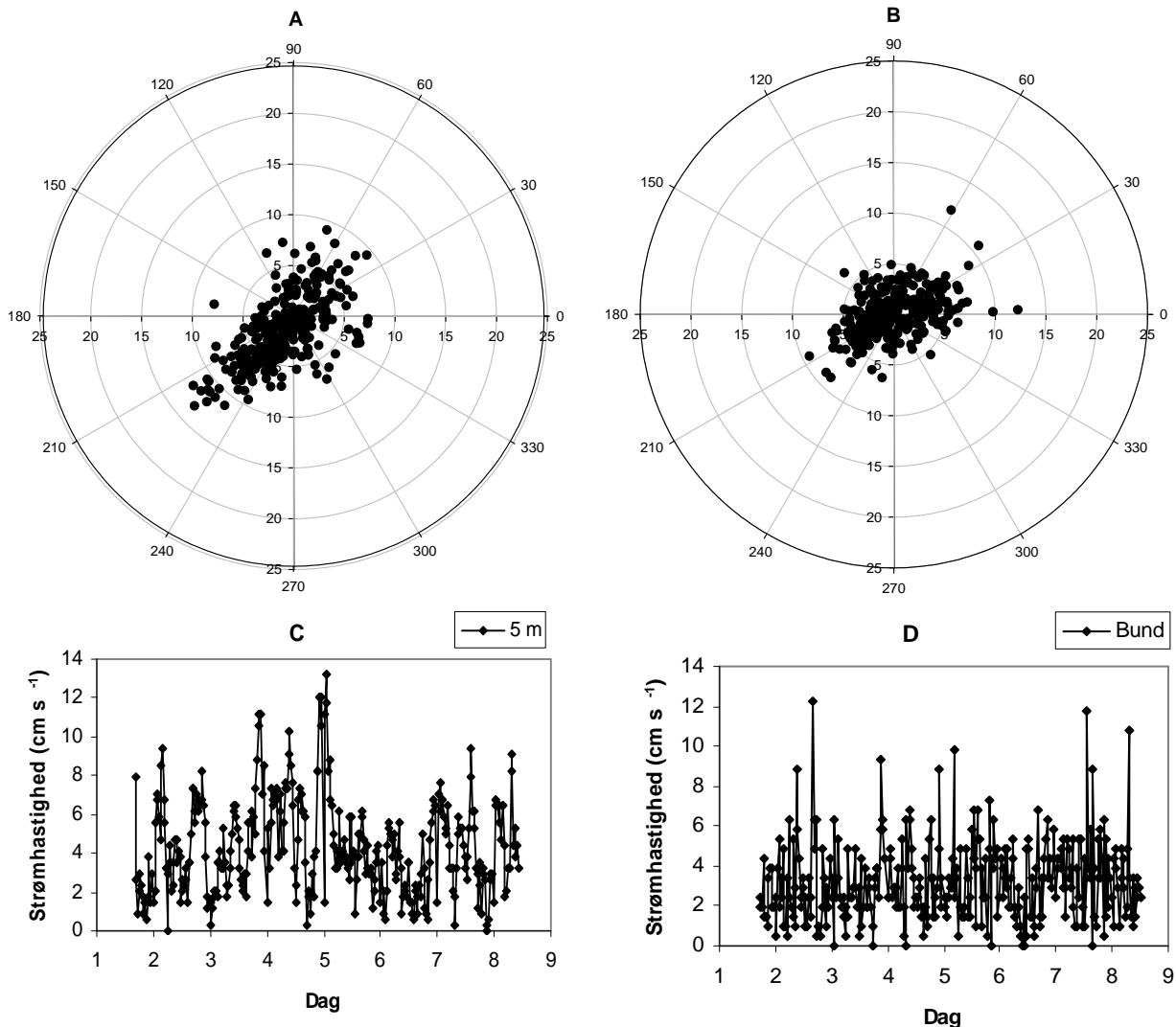
Som det fremgår af eksemplet vist i figur 6.2 er der ikke noget simpelt strømmønster i og omkring opdrætsanlæg 65 ved Rotholmen. I 5 m dybde var der således i juni 2005 tydeligvis en dominerende strømretning langs en gradient fra NØ til SV med dominans i SV retning og tilsyneladende med omtrent samme hastigheder både øst og vest for anlægget. Den sandsynligvis tidevandsdrevne vandudskiftning foregår derfor i dette lag tydeligvis langs denne gradient. Derimod var både hastighed og navnlig retning i 2,5 m dybde og tæt på bunden væsentligt forskellige (figur 6.2). Tæt på overfladen var der en dominans af østlige retninger, hvilket kunne indikere en påvirkning fra vestenvinden, mens der ikke var noget entydigt mønster og lave hastigheder ved bunden.



**Figur 6.2.** Polarplot af strømretning x strømshastighed ved anlæg 65, Rotholmen i juni 2005. **A:** 2-30/6, 5 m dybde, vest for anlægget, middel strømshastighed  $5,0 \text{ cm s}^{-1}$ . **B:** 2-28/6, 5 m dybde, øst for anlægget, middel strømshastighed  $5,6 \text{ cm s}^{-1}$ . **C:** 28-30/6, 2,5 m dybde, øst for anlægget, middel strømshastighed  $5,8 \text{ cm s}^{-1}$ . **D:** 28-30/6, lige over bunden (7,5 m), øst for anlægget, middel strømshastighed  $3,7 \text{ cm s}^{-1}$ .

Et tilsvarende billede tegner sig for strømmålingerne i september 2005 (figur 6.3). Midt i vandsøjlen, hvor muslingerne hænger, var der en dominerende SV-NØ gradient, mens strømretningen var mere diffus på bunden. Strømshastighederne midt i vandsøjlen (figur 6.3C) viste en oscillerende trend, hvilket indikerer tidevandsdrevet vandudskiftning. Det er dog tydeligt, at tidevandsbevægelsen ofte blev overlejret af andre fænomener fx trykforskelle mellem Nordsøen og

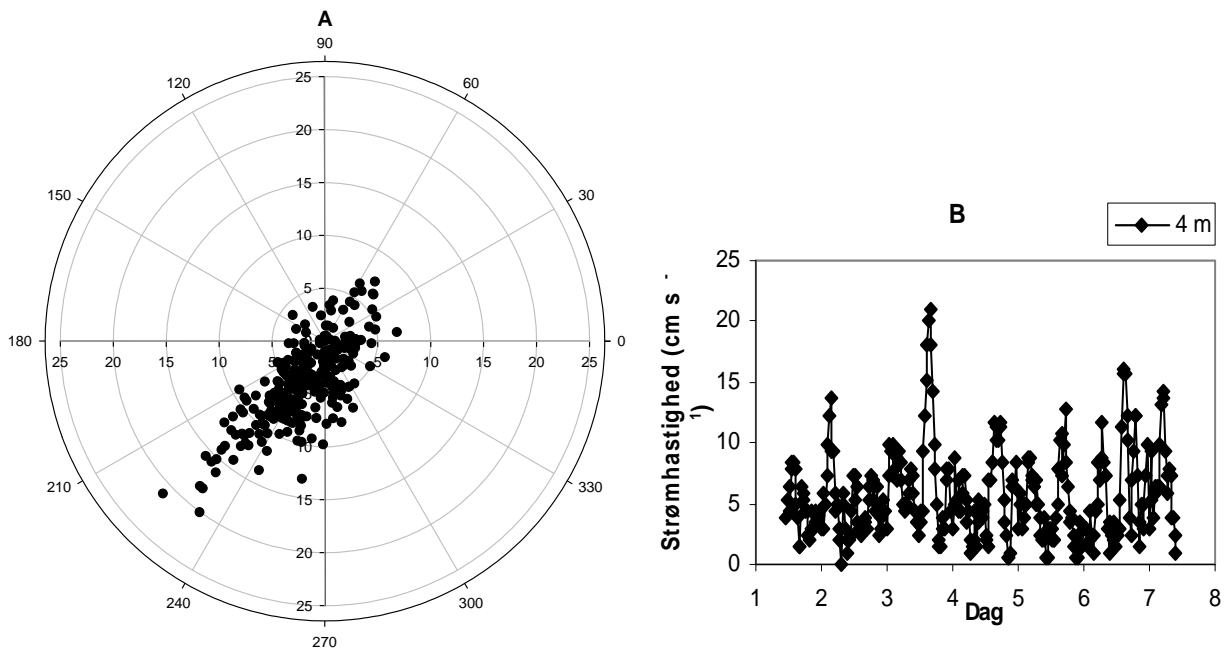
Kattegat og vindhændelser. På bunden var der ikke et tydeligt tidevandsmønster og sammenholdt med de diffuse strømretninger tyder det på, at vandudskiftningen her var lav.



**Figur 6.3.** Strømretning og strømhastigheder ved anlæg 65, Rotholmen i september 2005. **A:** Polarplot af retning x hastighed 20-27/9, 5 m dybde, under anlægget. **B:** Polarplot af retning x hastighed 20-27/9, lige over bunden (7 m), under anlægget. **C:** Strømhastigheder 20-27/9, 5 m dybde, under anlægget, middel strømhastighed 4,3 cm s<sup>-1</sup>. **D:** Strømhastigheder 20-27/9, lige over bunden (7 m), under anlægget, middel strømhastighed 3,2 cm s<sup>-1</sup>.

Strømmålingerne fra august 2006 bekræfter yderligere dette billede (figur 6.4). Den dominerende gradient var også her SV-NØ med kraftigst indstrømning til den sydlige del af Riisgårde Bredning, Lovns bredning og Skive Fjord (SV retning) og en mere diffus udstrømning (NØ), som muligvis delvist foregår i andre lag samtidig med indstrømningen. For anlæg 65 tyder data således på, at vandet i det lag muslingerne hænger primært strømmer langs en SV-NØ gradient med dominans i SV retning og med middel strømhastigheder på 4-6 cm s<sup>-1</sup>. Retningen i både indstrømmende og udstrømmende vand er givetvis påvirket af, at Rotholmen ligger umiddelbart nord for anlægget og således bryder en mere forventet nord-syd gradient. Det betyder at strømmen overvejende løber

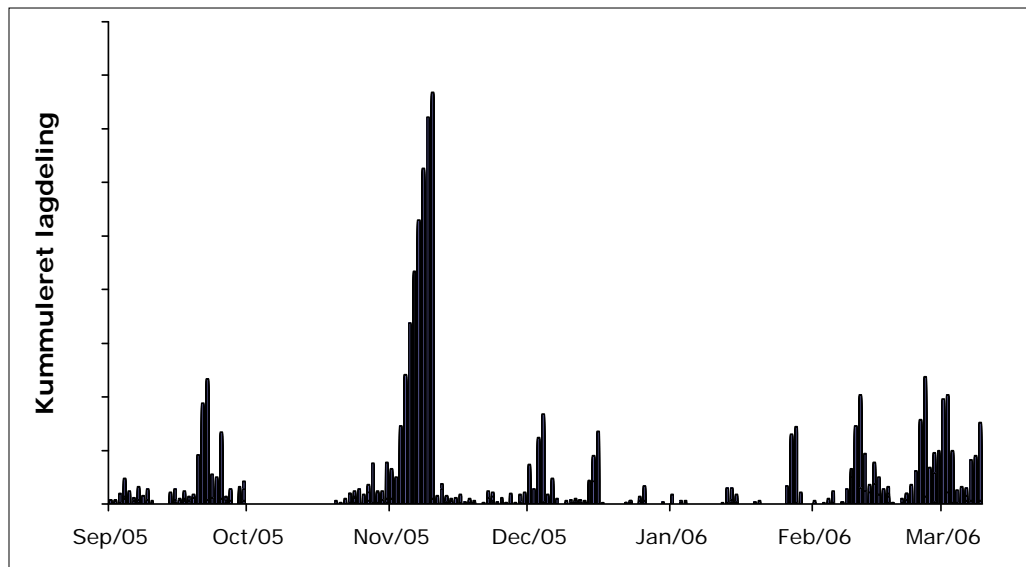
parallelt med anlægget og medfører, at referencestationen ref1 i perioder teoretisk kan blive påvirket af anlægget af sedimenterende materiale fra anlægget. Derimod vil referencestation ref2 ikke kunne blive påvirket.



**Figur 6.4.** Strømretning og strømhastigheder ved anlæg 65, Rotholmen 17-23/8 2006, under anlægget i 4 m dybde. **A:** Polarplot af retning x hastighed. **B:** Strømhastigheder, middel strømhastighed 5,7 cm s<sup>-1</sup>.

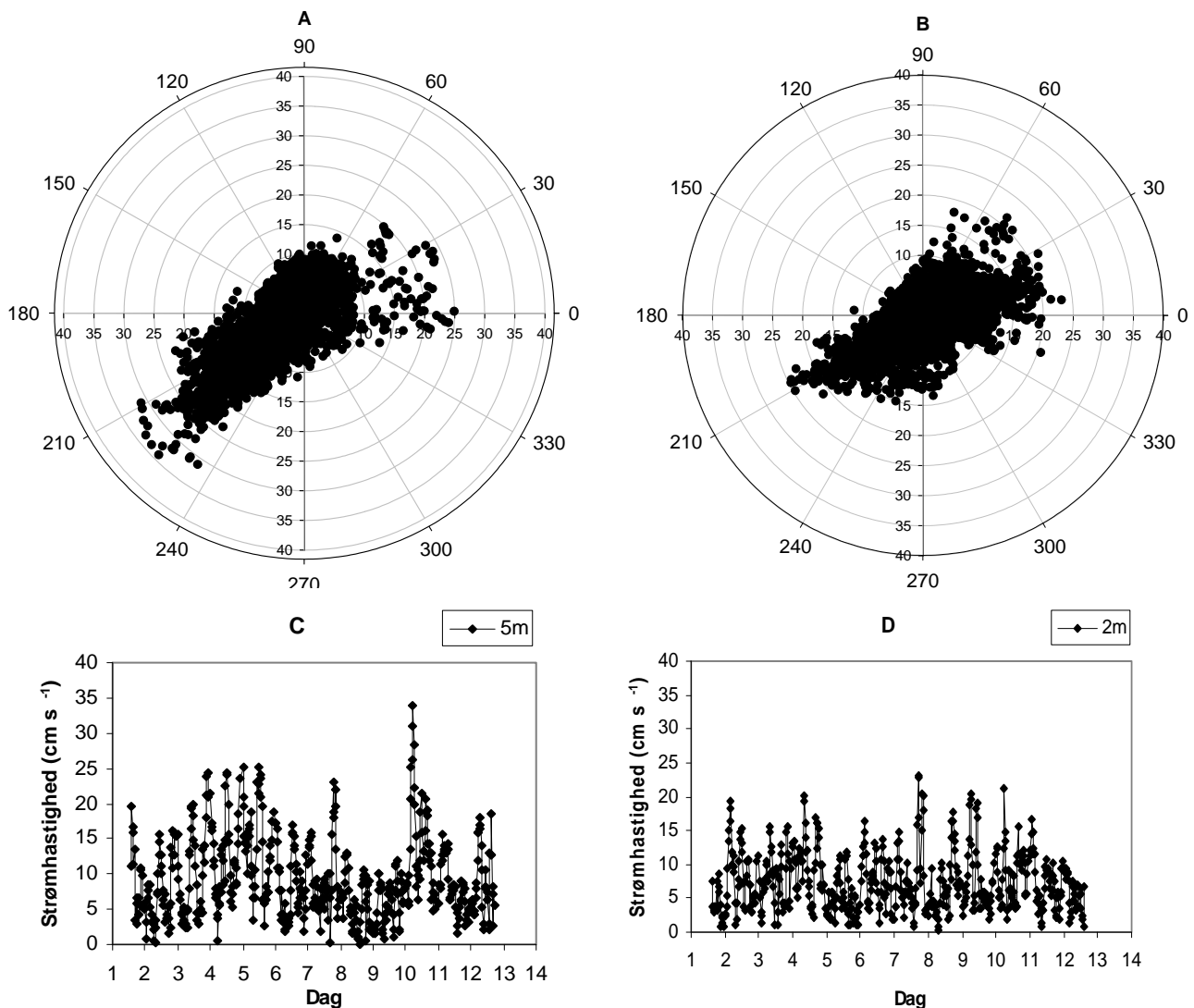
Ikke sammenfaldende strømretninger og hastigheder i forskellige vandlag kan dels hænge sammen med den generelle opbremsning af vandstrømmen ned mod bunden og påvirkning af vindgenereret overfladestrømme i overfladen, men indikerer derudover lagdeling af vandsøjlen. I september blev der samtidig målt temperatur og saltholdighed i to vanddybder under opdrætsanlægget. Af data fremgår det, at vandsøjlen var permanent lagdelt og at saltholdigheden i gennemsnit var 3 PSU højere og temperaturen i gennemsnit var 1°C lavere i 5 m dybde sammenlignet med 2 m dybde.

I en periode fra september 2005 til april 2006 blev der kontinuert målt temperatur henholdsvis lige over og 6 m over bunden. Gennemsnitlig temperatur blev logget for hver 0,5 time ved hjælp af Ebro termologgere. Ved en forskel i temperatur mellem top og bund på 0,3°C blev vandsøjlen anset for at være lagdelt. Med denne definition var vandsøjlen i vinterperioden lagdelt i 35% og opdelt i 65% af tiden. Længste ubrudte lagdelte periode varede i 8 dage, mens længste ubrudte opblandede periode varede i 19,7 dage (figur 6.5).



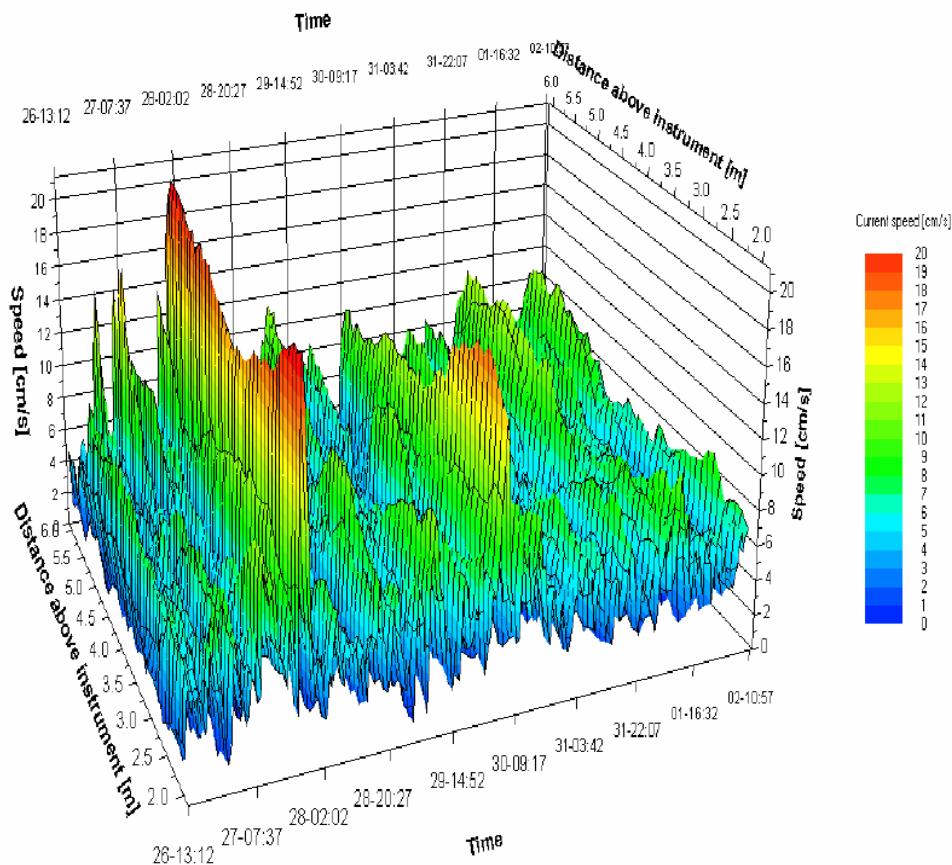
**Figur 6.5.** Kumuleret lagdeling ved anlæg 65, Rotholmen, i perioden 26/09/05-03/04/06. Søjlerne markerer kumulerede 0,5 timer med  $>0,3^{\circ}\text{C}$  i forskel mellem 0,3 og 6 m over bunden. Ingen søjler ( $y=0$ ) indikerer fuld opblanding af vandsøjlen.

De supplerende strømmålinger ved Eskær demonstrer to forhold: På den ene side viste strømmålinger foretaget i en vanddybde, at selv om der ikke er stor afstand mellem de to områder var der forskel i strømmønster mellem de to områder. I 5 m dybde var retningen øst for anlægget overvejende langs en NØ-SV gradient og tilsvarende SV domineret, men med højere middel strømhastigheder (figur 6.6). Retningen i overfladen var delvist afvigende og hastighederne var lavere. På den anden side viste de mere detaljerede studier gennemført med ADCP, at strømforholdene er meget dynamiske (figur 6.7). I en periode i slutningen af maj 2007 var der således ikke blot store forskelle mellem dage, der var også forskelle mellem vanddybder.



**Figur 6.6.** Strømretning og strømhastigheder ved anlæg 99, Eskær i maj 2007. **A:** Polarplot af retning x hastighed 21/5-1/6, 5 m dybde, øst for anlægget. **B:** Polarplot af retning x hastighed 21/5-1/6, 2 m dybde over, øst for anlægget. **C:** Strømhastigheder 21/5-1/6, 5 m dybde, under anlægget, middel strømhastighed  $9,3 \text{ cm s}^{-1}$ . **D:** Strømhastigheder 21/5-1/6, 2 m vanddybde, øst for anlægget, middel strømhastighed  $7,4 \text{ cm s}^{-1}$ . Muslingerne hænger fra ca. 2-5 m dybde.

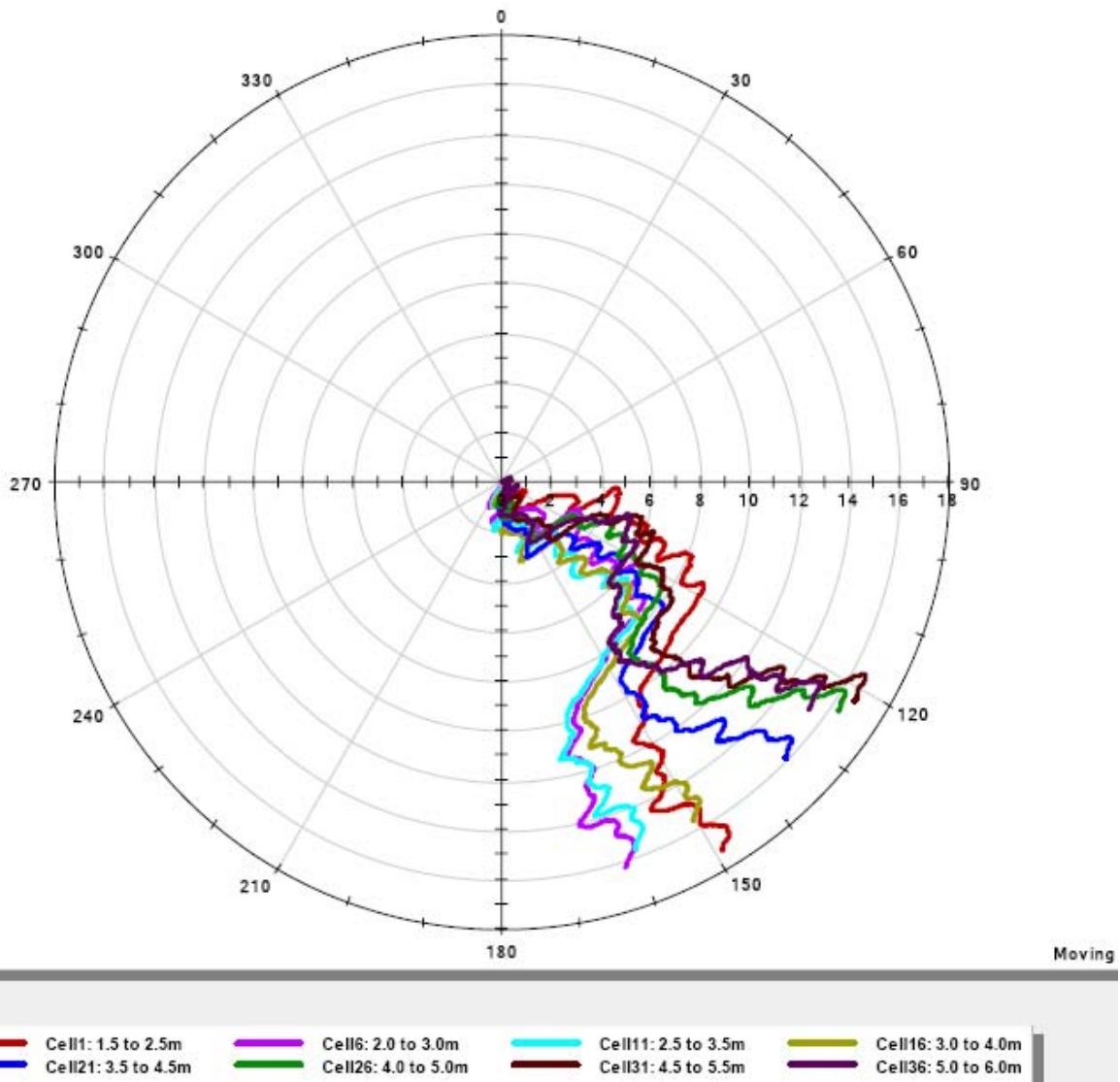
Disse enkeltstående målinger af strøm giver selvfølgelig ikke et komplet billede af strømforholdene ved de to brug, da de fx ikke dækker et helt år eller alle de parametre som styrer strømningmønstrene i Limfjorden. Dermed kan vi heller ikke give et fuldstændigt billede af, hvor fækalier fra muslingerne vil ramme bunden. Vores data tyder dog på, at der er forskel mellem de to områder. Ved Rotholmen vil sedimenterende fækalier i det vandlag, hvor muslingerne slipper dem, fortrinsvis blive transporteret langs anlægget, mens de i de nedre vandlag ikke vil blive transporteret langt. Ved Eskær vil fækalierne også blive transporteret hovedsagligt langs anlægget (figur 6.8), der ligger på en NNV-SSØ gradient, men med større hastighed og dermed potentielt med mulighed for at nå længere væk.



**Figur 6.7.** Tre-dimensionelt plot af strømshastigheden i forskellige vanddybder fra 26/5-1/6 2007 under anlæg 99, Eskær.

En fuldstændig beskrivelse af fækalietransport vil kræve en fuldstændig beskrivelse af vandbevægelserne i alle vandlag, da vores undersøgelser netop viser, at der er forskelle mellem vandlagene, som data i figur 6.8 viser for et afgrænset tidsrum. Når sedimenterende fækalier falder ned gennem vandsøjlen vil de således ofte blive ført i forskellige retninger i forskellige dybder. Endvidere er hastighederne i Limfjorden generelt af en sådan størrelse, at vi ikke kan forvente en stor spredning af sedimenterende fækalier (se nedenfor).





**Figur 6.8.** Strømhastighed x retning vist som progressiv vektor i forskellige vanddybder under anlæg 99, Eskær 26/5 – 2/6 2007.

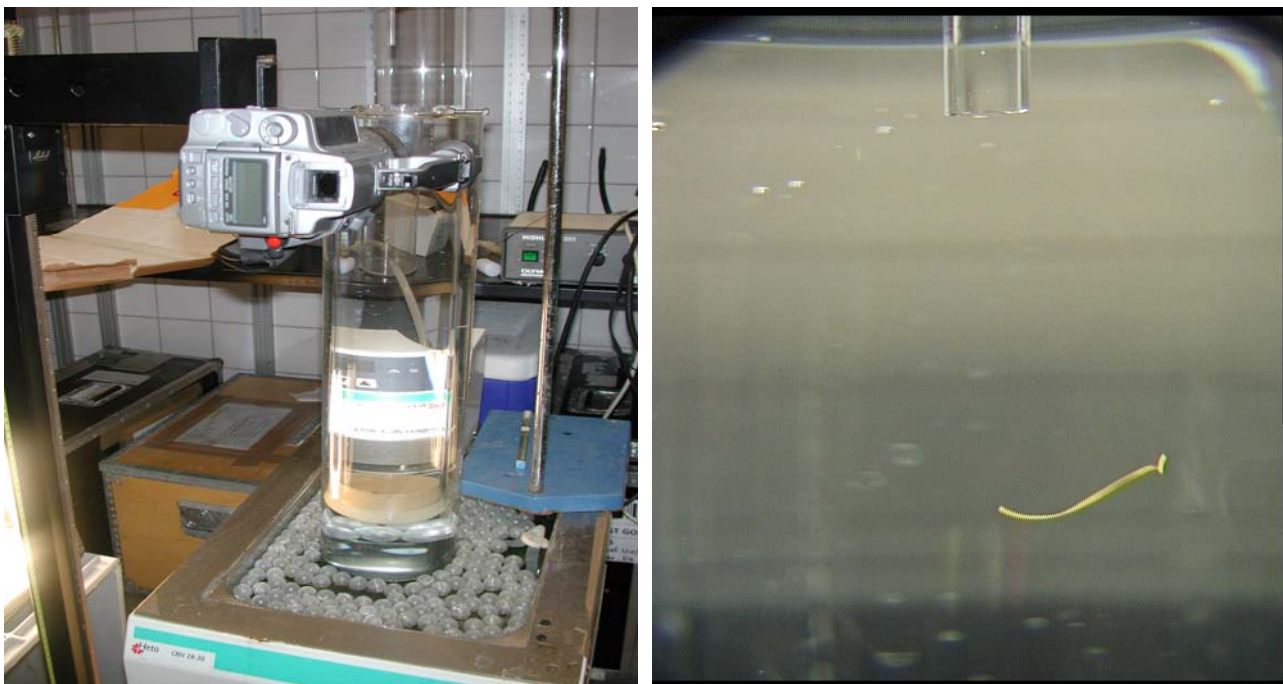
### 6.3. Faldhastigheder

For at kunne vurdere betydningen af spredningen af fækalier samt deres omsætningen i vandsøjlen er det nødvendigt at kende ikke blot de lokale strømforhold men også fækaliernes faldhastighed gennem vandsøjlen. Til det forhold blev faldhastigheder bestemt i laboratoriet under kontrollerede forhold.

#### Materialer og metoder

Muslinger blev i laboratoriet holdt ved ca. 15°C og konstant fodret med monokulturer af dyrkede alger *Rhodomonas baltica*. Op til hvert forsøg blev muslingerne fodret med konstante koncentrationer af alger på enten ca. 4000 celler ml<sup>-1</sup> eller 10.000 celler ml<sup>-1</sup> svarende til henholdsvis ca. 4 og 10 µg klorofyl a l<sup>-1</sup>. Udvalgte åbne muslinger blev observeret og fækalier

indsamlet umiddelbart efter de havde forladt muslingerne. Fækaliene blev overført til petriskåle med samme temperatur og saltholdighed som i forsøgsopstillingen og opbevaringskarrene. Faldhastigheder blev bestemt ved at pipettere fækaliene fra petriskålene over i en faldkolonne (figur 6.9) lavet af akryl og med en indvendig diameter på 83 mm. Faldkolonnen var omgivet af et andet gennemsigtigt akrylrør, hvor der konstant cirkulerede temperaturkonstant vand (15,2°C) for at sikre mod konvektionsstrømme i faldkolonnen. Sedimenterende fækalier blev filmet med video og faldhastighed bestemt fra et stykke efter, at fækaliene havde forladt pipetten. Faldhastigheder blev bestemt ved hjælp af videoanalyse og pipetten med en diameter på 6,95 mm blev brugt som størrelsesreference. Udover koncentration af foder blev effekt af alder af fækaliene bestemt ved at teste mellem friske fækalier og fækalier, der var opbevaret i petriskålene 1-3 timer før bestemmelse af faldhastighed.

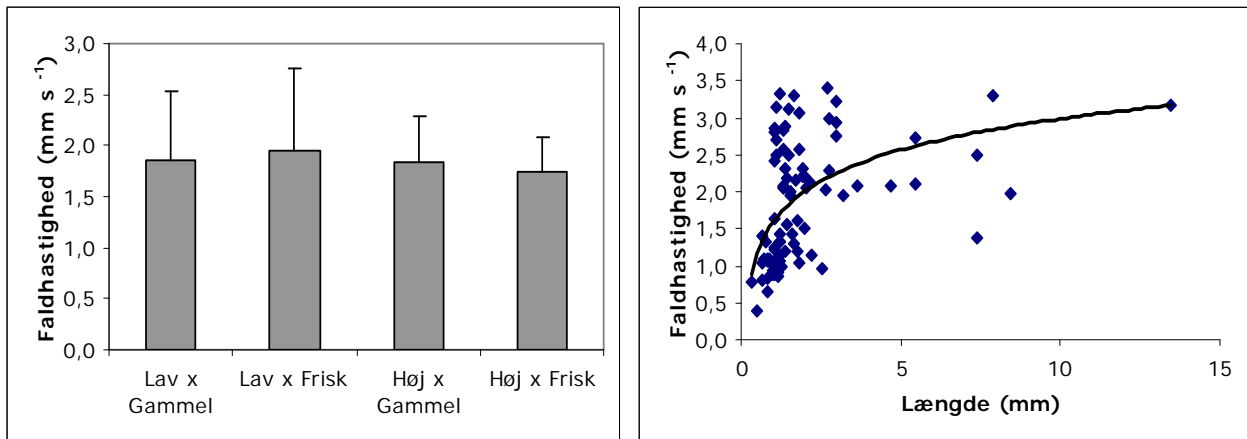


**Figur 6.9.** Bestemmelse af faldhastigheder i laboratoriet. Til venstre: Forsøgsopstilling med termokonstansbad, faldkolonne og videokamera. Til højre: Videobillede af fækalie på vej ned gennem faldkolonnen. Øverst i billedet pipetten.

### Resultater og diskussion

Faldhastigheder varierede mellem 0,5 og 4,5 mm s<sup>-1</sup> med en gennemsnitlige faldhastighed på ca. 2 mm s<sup>-1</sup> (figur 6.10). Faldhastigheden var uafhængig af fækaliernes alder og den koncentration af alger muslingerne var blevet fodret med, idet der ikke var signifikante forskelle mellem de forskellige behandlinger (figur 6.10). Der var en svag relation mellem længden af den enkelte fækalie og faldhastigheden (figur 6.10). Supplerende forsøg til bestemmelse af effekt af en lagdelt vandsøjle med et øvre lag på ca. 20 PSU og et nedre lag på ca. 30 PSU viste ingen signifikant forskel i hastighed i de to lag, og selve skillefladen påvirkede ikke eller kun i mindre grad fækaliernes fald. De målte faldhastigheder svarer til studier af faldhastigheder målt i New Zealand på fækalier fra *Perna canaliculus*. (f.eks. Giles og Pilditch, 2004). Vi kunne i disse forsøg ikke konstatere effekt af foderkoncentration og en tættere pakning af fækaliene ved høje fødekonzentrationer. Derimod vil et højere indhold af uorganiske partikler sandsynligvis påvirke

faldhastigheden (Giles og Pilditch, 2004). I Limfjorden er vandsøjleens koncentration af suspenderet materiale i høj grad domineret af fytoplankton og resuspension vil primært bringe lettere partikler i suspension og dermed næppe påvirke faldhastighederne signifikant.



**Figur 6.10.** Faldhastighed af fækalier fra blåmuslinger. Venstre: Gennemsnitlig faldhastighed for friske og gamle fækalier, samt for fækalier der kommer fra muslinger fodret med hhv. lav og høj fødekonzentration. Højre: Faldhastighed (F) som funktion af længden (L) af fækalierne  $F = 0,6 \ln(L) + 1,6$ ,  $r^2 = 0,25$ .

De fleste opdrætsanlæg i Limfjorden er placeret på vanddybder mellem 5-10 m. Fratækkes undersænkning af strømperne og en strømpelængde på 2-3 m er der i de fleste brug mellem min. 1 m og max. 8 m faldedybde for fækalierne. Med en gennemsnitlig faldhastighed på 2 mm s<sup>-1</sup> vil det tage mellem fra ca. 10-70 min for en fækalie at nå bunden fra den har sluppet muslingen. De fleste muslinger befinder sig på de fleste anlæg på fra ca. 3-6 meters dybde svarende til, at de opholder sig frit i vandsøjlen i ca. 15-40 min. I områder med middel strømhastighed på 4 cm s<sup>-1</sup> vil fækalierne kunne spredes 36-160 m. Med en middel strømhastighed på 10 cm s<sup>-1</sup> vil fækalierne kunne spredes 90-240 m.

Som vist ovenfor er strømningsmønstrene ikke simple og ofte varierer retningen og hastigheden betydeligt i forskellige dybder. Ved anlæg 65, Rotholmen, var strømhastigheden i ca. 5 m dybde, svarende til nederste del af strømperne, ca. 6 cm s<sup>-1</sup> i SV retning og ca. 4 cm s<sup>-1</sup> i NØ retning, mens den var lavere og af mindre betydning ved bunden (figur 6.2 – 6.5). Derud løb strømmen kun mod NØ i ca. en tredjedel af tiden den løb mod SV (figur 6.2-6.5). Ved at antage, at disse strømforhold er gældende for et vandlag på 3-6 m sammenfaldende med det vandlag, hvor størstedelen af fækalierne frigives, vil vi, i løbet af de ca. 25 min fækalierne opholder sig her, kunne forvente en betydelig horisontal spredning midt i vandsøjlen. Således kan fækalier der slippes i 3 m dybde potentielt spredes ca. 90 meter i SV retning og 50 m i NØ retning. Konkret betyder det, at referencestationen refl ikke bør være påvirket i væsentlig grad af bruget. Imidlertid vil både strømretning og hastighed variere over tid og en mindre påvirkning af stationen kan ikke udelukkes. Den tilsvarende afstand, som fækalierne kan spredes med ved station 99, Eskær, er ca. 135 meter. Der er altså potentielt en langt større spredning af fækalier og andet sedimenterende materiale i Eskær end ved Rotholmen. Med de høje strømhastigheder kan det således heller ikke udelukkes, at anlægget i Eskær også påvirkes af andre sedimentationskilder som fx andre anlæg i nærheden.

## 6.4. Sedimentation

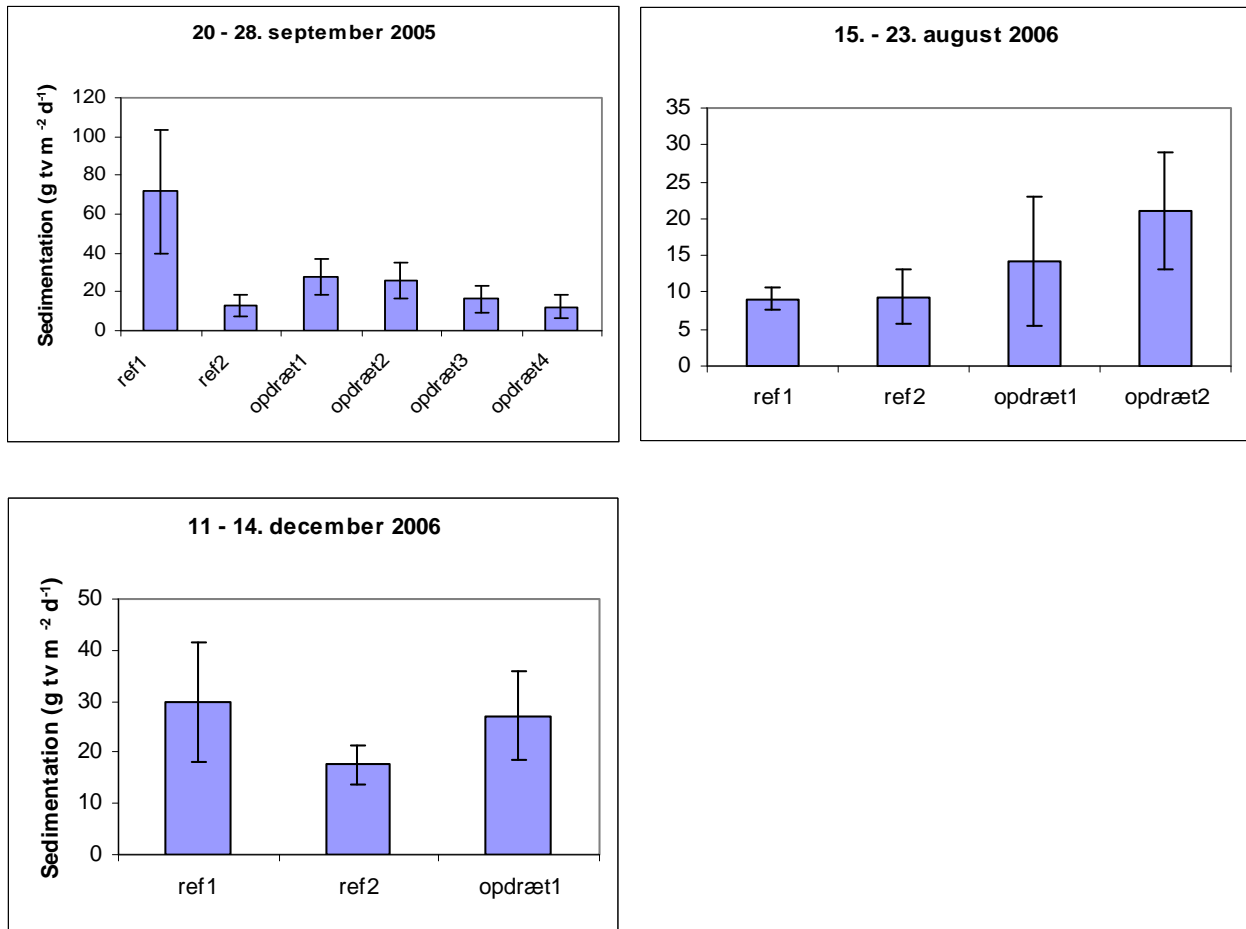
Sedimentationen er transportvejen for organisk materiale produceret af muslinger placeret på opdrætsanlæg til bunden. Umiddelbart kan man derfor forvente en øget sedimentation og et større organisk indhold af det sedimenterede materiale lige under opdrætsanlæg sammenlignet med tilsvarende områder uden opdrætsanlæg. Som ovenfor beskrevet vil de lokale strømforhold imidlertid have betydning for, hvor det sedimenterende materiale ender, ligesom strøm og bølger også kan påvirke graden af resuspension af materiale sedimenteret til bunden og dermed påvirke sedimentationen i området. Vi har i denne undersøgelse gennemført målinger af sedimentation på forskellige tidspunkter i og omkring samme anlæg (1.) samt i og omkring flere forskellige anlæg på samme tidspunkt (2.).

### Materialer og metoder

Stationsvalg og prøvetagningstidspunkter er vist i tabel 6.1 og 6.3. Til bestemmelse af sedimentationen blev 4 sedimentfælder sat ud og bjærget ca. én gang i døgnet på hver af de målte stationer i en periode på 3-9 dage. Ved indsamling af fælderne blev disse forsigtigt bragt om bord af dykker og materialet overført til flasker. Ved ankomst til laboratoriet blev prøverne filtreret på Whatman™ GF/F filtre. Filtrene blev tørret ved 80°C i mindst 24 t eller til yderligere væggtab ikke kunne opnås, hvorefter filtrene blev vejet og efterfølgende glødet ved 440°C i min. 2 t. Ved bestemmelserne i august 2006 og maj 2007 blev nogle af filtrene i stedet for glødning analyseret for indhold af POC og PON i en Carlo Erba elemental analysator 1100EA. Ved samme indsamlinger blev indholdet af 1 fælde brugt til at tælle antallet af muslingefækalier. Det indsamlede materiale blev ved ankomst til laboratoriet sat til bundfældning og supernatanten blev suget væk og det resterende tilsat lugol. Antallet af fækalier blev talt under stereolup.

### Resultater

I sæsonstudiet ved Rotholmen var sedimentationen generelt højere indenfor bruget sammenlignet med referencen og især ved opdræt1 og opdræt2, som var de stationer med den højeste muslingebiomasse (figur 6.11). Dog var effekten kun signifikant ved opdræt2 i august 2006 ( $p = 0,001$ ). På ref1 var der endda i nogle tilfælde en højere sedimentation end på stationerne under anlægget.



**Figur 6.11.** Sedimentation ved anlæg 65, Rotholmen, på stationer udenfor (ref1 og ref2) og under opdrætsanlægget (opdræt1-4). Søjlerne angiver et gennemsnit af sedimentationen målt én gang om dagen for hele perioden. +- standardafvigelse. Bemærk at skaleringen på y-aksen er forskellig for de 3 grafer.

Det organiske indhold af det sedimenterende materiale var ca. 30% tv ved Rotholmen i september 2005, august 2006 og maj 2007. I december 2006 var indholdet dog mindre og lå på ca. 20%. Der var ikke forskel mellem indholdet af organisk materiale på stationerne udenfor og under brugt (tabel 6.5 og 6.7). Der var heller ikke signifikante forskelle på indholdet af kulstof, kvælstof eller total fosfor (TP) indenfor og udenfor anlægget.

**Tabel 6.5.** Indhold af organisk materiale (OM), kulstof (POC), kvælstof (PON) og fosfor TP målt som % af tørvægten i det sedimenterede materiale i 3 forskellige perioder på referencestationer (REF) og under (Opdræt) anlæg 65, Rotholmen.

	September 2005	August 2006				December 2006
	OM (% tv)	OM (% tv)	POC (% tv)	PON (% tv)	TP (% tv)	OM (% tv)
REF 1	24,83	28,85	9,7	1,5	0,23	21,26
REF 2	33,26	29,39	10,1	1,5	0,21	20,14
Opdræt 1	33,21	28,60	7,5	1,1	0,17	22,48
Opdræt 2	31,99	28,87	8,4	1,3	0,17	Ingen data
Opdræt 3	34,02	Ingen data				
Opdræt 4	35,74					

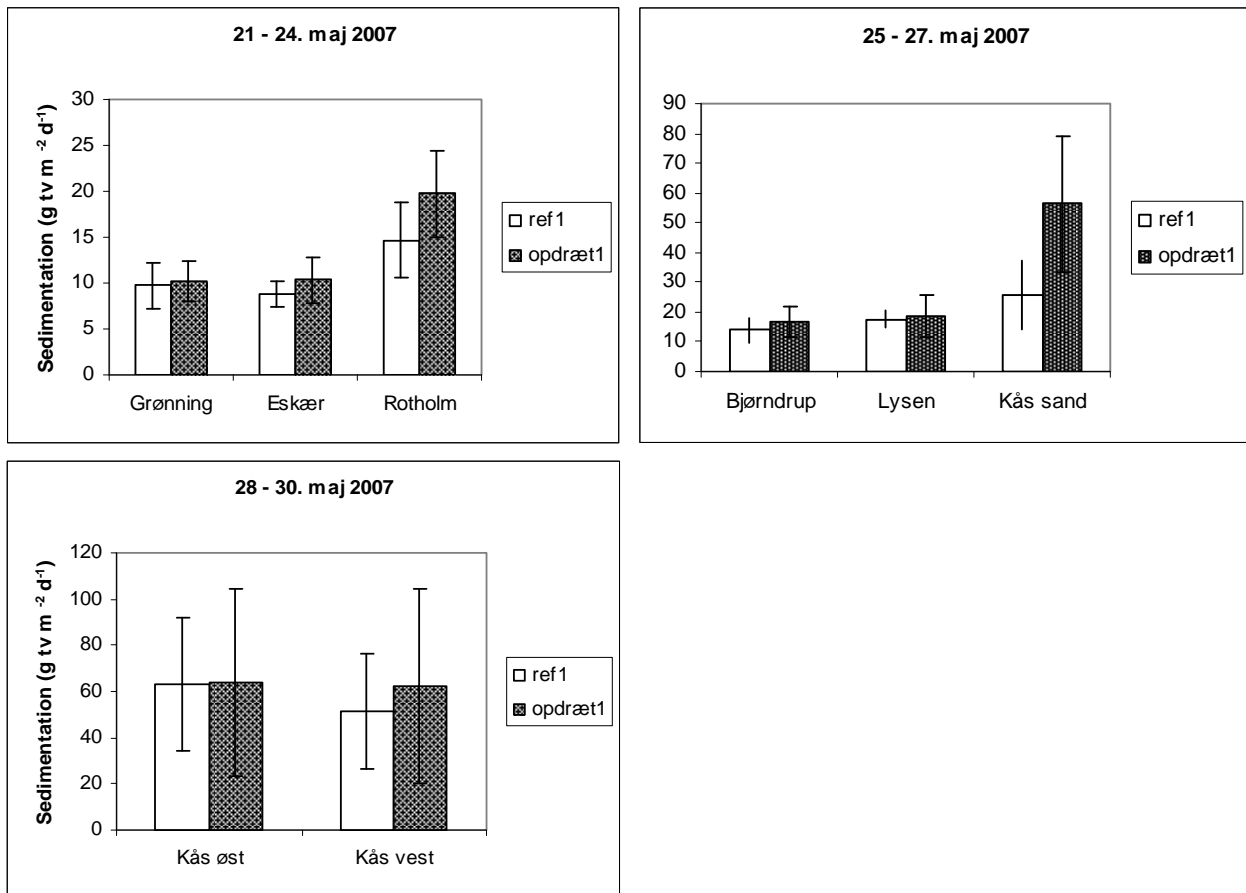
Analyse af fældematerialet for forekomst af identificerbare fækalier viste i modsætning til de øvrige analyser klare forskelle mellem referencestationen og under opdrætsanlægget (tabel 6.6). Der blev talt fækalier i 1 fælde pr. dag gennem prøvetagningsperioden (tabel 6.6). Bl.a. de store standardafvigelser viser, at opgørelserne er behæftet med en del usikkerhed, da det på grund forskel i fækaliestørrelse er svært at adskille fragmenter af fækalier fra hele fækalier. Data viser imidlertid en tydelig trend med kraftig forøget sedimentation af fækalier under brugene sammenlignet med udenfor brugene.

**Tabel 6.6.** Gennemsnitlig antal muslingefækalier i sedimentfælder fra på forskellige lokaliteter i august 2006 og maj 2007 ± standardafvigelse.

Tidspunkt	Lokalitet		Antal fæk. (antal m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )
Sommer 2006	65-Rotholmen	Ref1	1500 ±1000
		Ref2	500 ±200
		opdræt1	7500 ±4000
		opdræt2	8000 ±2000
Maj 2007	65-Rotholmen	ref1	230 ±200
		opdræt2	37300 ±10000
	99-Eskær	ref1	300 ±300
		opdræt2	11800 ±9000
	112 Grønning	ref1	0
		opdræt2	9600 ±8000
	91N-Bjørndrup	ref1	93 ±100
		opdræt2	23200 ±4000
	102L-Lysen	ref1	ingen prøve
		opdræt2	ingen prøve
	126-Kås Sand	ref1	0
		opdræt2	20500 ±18000
	102-Kås	ref1	0
		opdræt2	20618 ±3500
	124-Kås	ref1	0
		opdræt2	33206 ±9000

I undersøgelsen af forskelle i sedimentation mellem anlæg (2.) var der for ingen af anlæggene signifikant forskel på sedimentationen indenfor og udenfor anlæggene (figur 6.9). Der var forskel i sedimentation mellem lokaliteterne (figur 6.12), idet sedimentationen både indenfor og udenfor anlæggene i Kås Bredning var signifikant større ( $p < 0,05$ ) end ved anlæggene i Riisgårde Bredning, Lysen Bredning og Bjørndrup.

Som i sæsonstudiet var der små og ikke signifikante forskelle i det sedimenterende materiales indhold af kulstof og kvælstof (tabel 6.7). Der var overordnet forskel mellem områderne således, at indholdet af POC og PON fra anlæggene i Kås Bredning var signifikant lavere ( $p < 0,05$ ) end i materialet fra Rotholmen, Eskær og Bjørndrup.



**Figur 6.12.** Sedimentation under og udenfor 8 forskellige opdrætsanlæg i perioden 21. – 30. maj 2007. Søjlerner viser den gennemsnitlige ( $\pm$  standardafvigelse) sedimentation bestemt fra 3 fælder, målt én gang om dagen. Bemærk at skaleringen på Y-aksen er forskellig på de 3 grafer.

Som ved Rotholmen var der også for alle anlæggene i den geografiske undersøgelse stor forskel i mængden af fækalier mellem referencestationerne og under brugene. På flere af lokaliteterne blev der slet ikke fundet fækalier i fælderne på referencestationen (tabel 6.6).

**Tabel 6.7.** Indhold af organisk materiale (OM), kulstof (POC) og kvælstof (PON) som % af tørvægten i det sedimenterede materiale fra forskellige lokaliteter i Limfjorden indsamlet maj 2007.

Maj 2007					
		OM (% tv)	POC (% tv)	PON (% tv)	C:N ratio
<b>65-Rotholmen</b>	Ref1	28,64	4,4	0,8	5,5
	opdræt1	30,64	6,1	2,0	3,1
<b>99-Eskær</b>	Ref1	27,35	8,5	1,5	5,6
	Opdræt1	28,36	8,2	0,6	13,2
<b>112-Grønning</b>	ref1	24,95	4,1	0,3	13,2
	opdræt1	28,11	6,2	0,7	8,4
<b>91N-Bjørndrup</b>	ref1	23,78	8,5	1,4	6,1
	opdræt1	28,44	8,0	1,3	6,0
<b>102-Lysen</b>	ref1	25,49	6,4	0,9	7,0
	opdræt1	25,01	6,8	1,0	6,9
<b>126-Kås Sand</b>	ref1	24,18	6,0	0,9	6,5
	opdræt1	23,87	8,1	1,1	7,2
<b>102-Kås</b>	ref1	22,52	4,5	0,5	9,5
	Opdræt1	24,55	4,4	0,5	8,8
<b>124-Kås</b>	ref1	22,79	4,5	0,5	8,7
	opdræt1	23,91	4,5	0,5	9,6

## Diskussion

Overordnet giver studierne af sedimentation ikke et særligt klart billede af opdrætsanlæggenes effekt. I flere tilfælde var det ikke muligt at identificere signifikante forskelle i hverken sedimentation eller det sedimenterende materiales organiske indhold eller indhold af næringsalte. Der er flere mulige forklaringer på denne tilsyneladende mangel på forskelle mellem kontrolområder og under anlæggene, hvor vi havde forventet en effekt:

- Som følge af lokale strømforhold vil det sedimenterende materiale spredes med strømmen inden i og i et vist omfang ud af anlæggene. Denne effekt af strøm vil desuden variere over tid, som illustreret ved Rotholmen, og være forskellig mellem lokaliteter.
- Den høje koncentration af organisk materiale i vandfasen i Limfjorden og resuspension af labilt organisk materiale fra bunden vil bidrage til alment høj sedimentation, som vil gøre det svært at detektere effekterne af selve anlæggene.
- Lokale forskelle betyder, at det kan være svært at detektere effekter. Fx var sedimentationen i Kås Bredning betydelig højere end i de andre undersøgte områder, men indholdet af kulstof og kvælstof var mindre.
- Mange af anlæggene havde ikke fuld produktion og den reducerede produktion har måske ikke været tilstrækkelig til at dokumentere en effekt på sedimentationen. På flere af anlæggene var der dog specielt ved prøvetagningen i maj 2007 en meget stor biomasse af muslinger på linerne.

På ét område var der dog tydelig forskel mellem referencestationer og stationer under brugene og det var for antallet af fækalier eller fækaliefragmenter i fælderne. Den største forskel mellem reference og brug blev fundet ved Rotholmen i maj 2007 under en sektion med fuld produktion, og svarer til en sedimentation på ca. 37.000 fækalie-stykker pr. m<sup>2</sup> pr døgn. Ved at bruge denne maksimale forskel og antage, at det samlede antal fækalie-stykker repræsenterer 50% af intakte



fækalier, et kulstofindhold på ca. 45 µg pr. fækalie og et meget højt kulstof:tørstof forhold (90%) vil sedimentationen af fækalier bidrage med ca. 5% af den samlede sedimentation. Det er derfor klart, at selvom der er en tydeligt forøget sedimentation af fækalier under brugene, vil det på grund af de generelle betingelser i Limfjorden ikke have stor betydning for den totale sedimentation eller dennes indhold af organisk materiale. Sedimentation er derfor ikke en specielt følsom parameter for måling af effekter af muslingebrug i Limfjorden.

## 6.5. Iltforbrug af fækalier i vandsøjlen

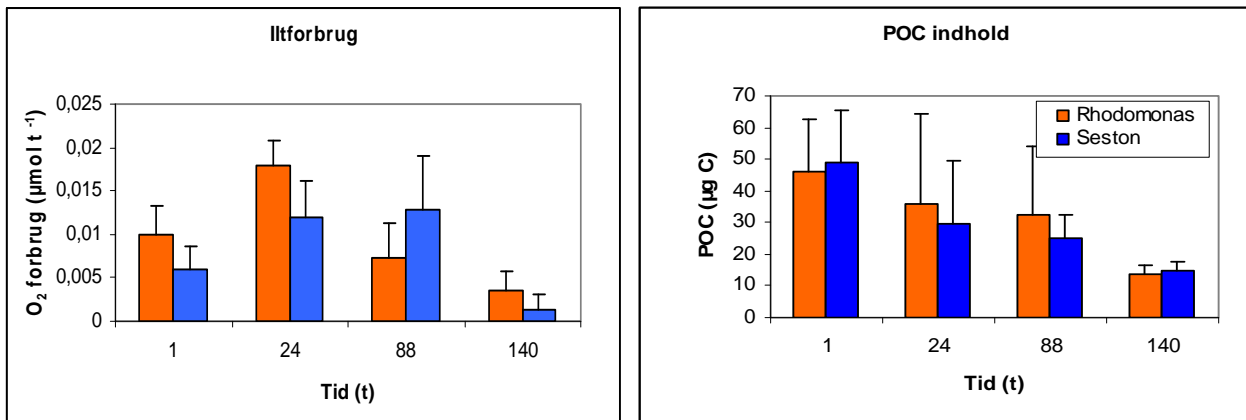
Fra fækalierne slipper muslingerne til de når bunden kan der som beregnet ovenfor gå 10-70 minutter. I denne periode vil nedbrydningen af fækalierne begynde, hvilket vil medføre både et iltforbrug og sandsynligvis en frigivelse af næringssalte. Det har ikke været muligt at udvikle metoder til beskrivelse af næringssaltfrigivelsen af enkelte fækalier. Derimod har vi været i stand til at måle iltforbrug og dette vil blive brugt som et mål for fækaliernes omsætning.

### Materialer og metoder

Muslinger blev indsamlet og anbragt i akvarier i laboratoriet. Her blev de kontinuert fodret med enten en monokultur af dyrkede alger, *Rhodomonas baltica*, eller naturligt plankton. Åbne muslinger blev observeret og fækalier indsamlet umiddelbart efter de havde sluppet muslingen. Fækalierne blev overført til petriskåle, fotograferet og størrelsen blev bestemt som areal af fækalierne ved hjælp af billedanalyse. Fækalierne blev herefter enkeltvis overført til et inkubationskammer (vol: 0,5 ml) udstyret med et hul (100 µm) til injektion af mikroelektroder. Fækalierne blev inkuberet 2-3 timer ad gangen fra ca. 0,5-1 time fra de havde sluppet muslingen til de ikke længere udviste noget betydende iltforbrug. Med andre ord indtil de var udbrændte. Fækalier produceret og målt på tilsvarende vis blev samlet op, frosset ned og efterfølgende analyseret for POC indhold. Dette blev udført ved at afbrænde fækalierne i en IRGA ovn ved høj temperatur (600-800°C) efter gentørring. Både iltforbrug og fækaliernes indhold af POC blev korrigeret for størrelse af fækalierne. Fækaliestørrelsen varierede mellem ca. 2 mm<sup>2</sup> og 10 mm<sup>2</sup>, hvor gennemsnittet lå på omkring 5 mm<sup>2</sup>. Der blev således korrigeret til en størrelse på 5 mm<sup>2</sup>.

### Resultater og diskussion

Iltforbruget var umiddelbart efter fækalierne havde sluppet muslingerne ikke maksimalt, men toppede efter ca. 24 t, hvorefter det var aftagende indtil ca. 140 timer (6 dage), hvor iltforbruget nærmest var ikke eksisterende (figur 6.13). Denne lag-phase indikerer, at bakterierne fra muslingernes tarm eller de koloniserende bakterier fra vandsøjlen først er effektive efter 1 døgn tid. I modsætning til iltforbruget falder POC indholdet fra lige efter fækalierne er sluppet og kontinuert gennem forsøgsperioden. Forskellen mellem udviklingen i iltforbrug og indholdet af POC indikerer, at en del af tabet fra fækalierne skyldes lækage og ikke kun bakteriel omsætning. Der var ikke signifikante forskelle i iltforbrug eller indhold af POC i fækalier fra muslinger fodret med kulturalger eller naturligt plankton, hvilket indikerer at?.



**Figur 6.13.** Omsætning af fækalier fra muslinger fodret med monokultur af dyrkede alger (*Rhodomonas*) og naturligt plankton (seston). Til venstre: Størrelseskorrigeret iltforbrug hos enkelte fækalier. Til højre: Størrelseskorrigeret indhold af partikulært kulstof (POC). Alle rater er korrigeret for størrelse af fækalierne til en størrelse på 5 mm<sup>2</sup>. Resultaterne viser et gennemsnit af 8 – 12 fækalier.

Undersøgelsen viste, at i det tidsrum muslingefækalierne opholder sig i vandsøjlen, vil de bidrage til vandsøjlels iltforbrug. Selv om iltforbruget var meget lavt for en enkelt fækalie, kan den samlede mængde fækalier under et opdrætsanlæg medføre et substantielt iltforbrug. Under anlægget ved Rotholmen blev der under anlægget i august 2006 og maj 2007 observeret en gennemsnitlig sedimentation på ca. 22.500 fækalier m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. Hvis vi konservativt antager, at dette antal repræsenterer hele fækalier og anvender en opholdstid i vandsøjlen på ca. 30 min samt et iltforbrug pr. fækalie på 0,01 µmol t<sup>-1</sup> (figur 6.13), vil iltforbruget i vandsøjlen være på ca. 112,5 µmol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>. Det skal dog bemærkes, at dette kan betragtes som et groft estimat, da antallet af fækalier i vandsøjlen varierede mellem målinger og at sedimentationen af fækalier fra anlægget ikke på noget tidspunkt er målt ved maksimal hængende biomasse af muslinger. Som forventet var iltforbruget i fækalierne i vandsøjlen meget lavere end i sedimentet, da sedimentets iltforbrug under opdrætsanlægget ved Rotholmen varierede mellem ca. 50-150 mmol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> og ligger på omkring 30-50 mmol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> for danske fjordsedimenter (fx Jørgensen 1977), hvilket er ca. 500-1000 gange større. Fækalierne vil dog fortsat kunne bidrage til vandsøjlels iltforbrug i det omfang de bliver resuspenderet indenfor 6 døgn efter de er sedimenteret.

## 6.6. Sedimentforandringer

Sedimenterende fækalier fra opdrætsanlæggene vil berige sedimentet med organisk materiale og næringssalte og kan dermed potentielt forandre sedimentforholdene og påvirke nedbrydningen af organisk materiale. Sedimentet kan dermed blive en indikator for påvirkningen fra opdrætsanlæg, idet dets udseende og organiske indhold ofte giver et hurtigt indblik i sedimentets aktuelle sundhedstilstand. Er sedimentationen af organisk materiale lav og iltforholdene ved bunden gode, er sedimentet oxideret og fremtræder rød-brunligt i overfladen. Øges sedimentationen og forringes iltforholdene bliver sedimentet som regel blødt og mørkt, og til tider helt sort. Oxideret jern farver sedimentet rødbrunt, mens et højt indhold af sulfid, som er med til at reducere jernene ved at danne jernsulfid-forbindelser, farver sedimentet sort. Sediment med højt sulfidindhold kan også genkendes på det såkaldte lig-lagen, som er et hvidt lag af den sulfidoxiderende bakterie *Beggiatoa*.

Organisk berigelse af sedimentet vil desuden påvirke dybere sedimentlag og dermed de anaerobe nedbrydningsprocesser, som fx sulfatreduktionen, som er den mest dominerende i danske farvande, og som kan forventes at blive øget. Ved sulfatreduktion dannes sulfid som kan bindes med jern og danne jernsulfider. Dannelsen af jernsulfid kan delvis ses med det blotte øje, idet sedimentets rødbrune farve ændres til sort. Ved tilstedeværelse af oxideret jern kan sulfiden blive reoxideret tilbage til sulfat. Når hele den oxiderede jernpulje er opbrugt vil sulfiden diffundere op til den iltholdige zone og blive reoxideret. Dette får iltforbruget til at øges betydeligt som følge af den direkte oxidation med ilt. Sedimentets sulfidfront fortæller hvor langt op mod sedimentoverfladen sulfiden når. Er sulfidfronten tæt på sedimentoverfladen tyder det på en stor belastning med organisk materiale i sedimentet, som følge af stimuleret sulfatreduktion. Sulfidfronten svarer ofte ret godt til de farveændringer, man kan se i dybden med det blotte øje i en sedimentkerne, hvor den oxiderede zone rødbrun og sulfidzonen er sort.

### Materialer og metoder

Tidspunkt og lokalitet for indsamling af prøver til bestemmelse af sediment-parametre er vist i tabel 6.1 for undersøgelse af sæsonvariation (1.) og i tabel 6.3 for undersøgelse af geografiske forskelle (2.). Til bestemmelse af sedimentets organiske indhold inklusiv organisk C og N samt total P i overfladen (0-1 cm) blev sedimentkerner indsamlet af dykkere. Tre kerner blev indsamlet fra hver station. Kernerne blev forsigtigt løftet op i båden og transporteret til Dansk Skaldyrcenter, hvor de blev opbevaret ved temperatur og saltholdighed som på indsamlingslokaliteten. Den øverste cm af kernerne blev skrabet af og tørret ved 100°C i 12 t. Herefter blev en del af prøven taget fra til analyse af POC og PON på samme vis som det sedimenterede materiale. En anden del af prøven blev brugt til analyse af total P vha. spektrofotometer. Resten af prøven blev brugt til undersøgelse af organisk materiale vha. glødning.

Sulfatreduktion blev bestemt ved at inkubere de indsamlede sedimentkerner med en sulfat tracer i 6-10 timer hvorefter sulfatreduktionen og sulfidpuljer blev målt i hver cm fra sedimentoverfladen ned til 10cm. Selve SRR analysen blev foretaget ved destillation af de enkelte sedimentskiver (1 cm intervaller) for at opsamle materiale til en fælde forbundet til opstillingen. Derefter blev den ene del af fældematerialet analyseret på en scintillationstæller til bestemmelse af sulfatreduktionsrate, mens den anden del blev brugt til at bestemme koncentrationen af sulfid (TRIS) vha. spektrofotometri. Sulfidfronten blev målt ved at stikke sølvpinde (længde: 16,5 cm) 10 cm ned i indsamlede sedimentkerner, mens kernerne inkuberet under ilt- og temperaturforhold som på indsamlingslokaliteten og med identisk saltholdighed. Når pindene havde stået i mindst 8 timer blev sulfidfronten målt som dybden af den del af pinden, der ikke var blevet sort. Ved en høj sulfidfront forstås altså, at den sorte farve starter ved en forholdsvis kort afstand fra sedimentoverfladen (toppen af pinden).

For at angive om muslingebruget eller sæsonen havde signifikante effekter på sedimentets organiske materiale og/eller SRR og TRIS blev der foretaget en ANOVA analyse, hvor  $p < 0,05$  indikerer signifikant forskel. Den statistiske analyse for SRR og TRIS er dog ikke foretaget for hver enkelt cm ned gennem dybdeprofilen, men begrænser sig til den dybdeintegrerede del af resultaterne (se nedenfor).

### Resultater

Sedimentet ved Rotholmen var meget blødt og mørkt på alle årstider både indenfor og udenfor opdrætsanlægget og om sommeren lugtede det stramt af sulfid. Det organiske indhold i sedimentet

viste sig dog ikke at variere betydeligt hverken mellem stationer eller årstider, og lå på omkring 20 % af tørvægten (tabel 6.8). Ligeledes var der ingen sammenfaldende variation mellem POC, PON eller TP mellem referencestationen og stationerne under opdrætsanlægget.

**Tabel 6.8.** Indholdet af organisk materiale (OM), kulstof (POC), kvælstof (PON) og total fosfor (TP) målt som % af tørvægt i den øverste cm af sedimentet målt 5 gange ved 4 stationer ved opdrætsanlæg 65, Rotholmen. Resultaterne viser et gennemsnit af tre prøver.

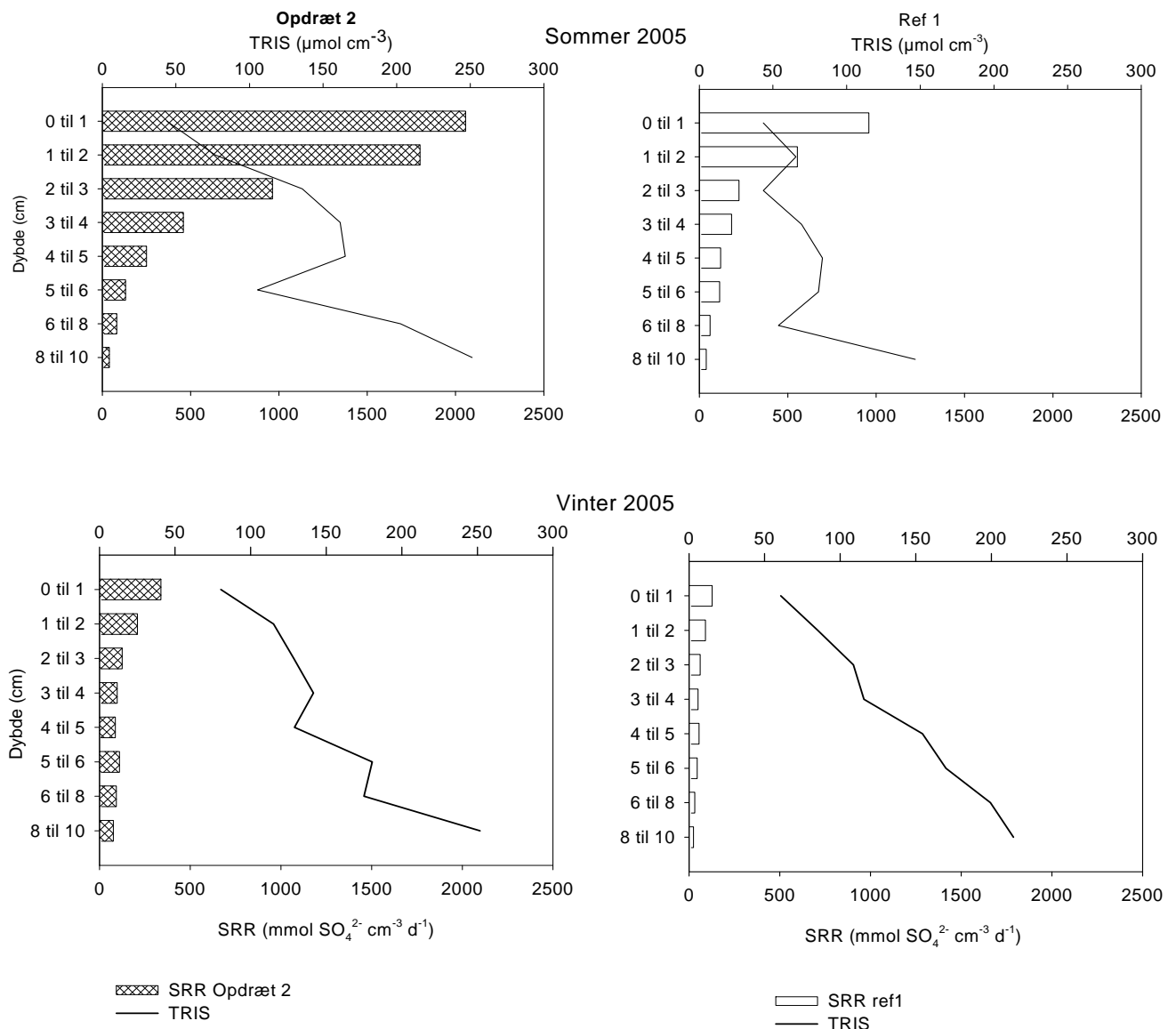
		OM (% tv)	POC (% tv)	PON (% tv)	TP (% tv)
Juni 2005	ref1	19,99	6,28	0,66	0,10
	Opdræt2	25,16	6,20	0,67	0,10
	Opdræt3	20,70	6,49	0,68	0,10
	Opdræt4	18,26	5,89	0,57	0,13
August 2005	REF1	19,69	8,54	0,72	0,09
	Opdræt2	17,36	6,23	0,59	0,11
	Opdræt3	19,87	8,42	0,69	0,11
	Opdræt4	15,03	5,77	0,51	0,13
December 2005	ref1	19,78	6,32	0,65	0,10
	Opdræt2	20,04	6,82	0,53	0,12
	Opdræt3				
	Opdræt4				
Maj 2006	REF1	20,47	6,96	0,71	0,16
	Opdræt2	19,59	7,74	0,82	0,16
	Opdræt3	19,38	7,74	0,82	0,15
	Opdræt4	23,15	6,88	0,76	0,15
August 2006	ref1	20,68	6,29	0,60	0,10
	Opdræt2	20,30	7,72	0,86	0,11
	Opdræt3	28,27	8,94	0,99	0,12
	Opdræt4	25,23	7,46	0,75	0,11

Der var ingen signifikant forskel i det totale organisk indhold, organisk kulstof og kvælstof (OM, POC, PON) mellem referencestation og under opdrætsanlæggene i den geografiske undersøgelse i maj 2007 (tabel 6.9). Men, som de tilsvarende resultater for sedimentationen også viste, var der forskel mellem lokaliteterne. De områder, der havde de laveste indhold af POC og PON i det sedimenterede materiale havde også de laveste indhold af POC og PON i selve sedimentet (se tabel 6.7).

**Tabel 6.9.** Indholdet af organisk materiale (OM), kulstof (POC), kvælstof (PON) og C:N-forhold målt som % af tørvægt i den øverste cm af sedimentet ved 8 forskellige opdrætsanlæg målt i maj 2007.

		Maj 2007			
		OM (% tv)	POC (% tv)	PON (% tv)	C:N ratio
<b>65-Rotholmen</b>	Ref1	18,64	5,90	0,51	11,65
	Opdræt1	20,76	6,59	0,53	12,53
<b>99-Eskær</b>	ref1	19,45	6,48	0,64	10,18
	Opdræt1	17,99	6,51	0,50	12,93
<b>112-Grønning</b>	ref1	16,84	6,62	0,57	11,57
	Opdræt1	18,32	6,50	0,53	12,36
<b>91N-Bjørndrup</b>	ref1	14,84	3,84	0,17	22,14
	Opdræt1	16,31	3,84	0,20	19,16
<b>102-Lysen</b>	ref1	15,85	3,99	0,19	21,47
	Opdræt1	18,43	4,47	0,29	15,67
<b>126-Kås Sand</b>	Ref1	13,64	4,58	0,24	19,31
	Opdræt1	14,85	3,04	0,13	24,34
<b>102-Kås</b>	ref1	14,85	2,90	0,11	26,01
	Opdræt1	13,89	3,04	0,11	27,99
<b>124-Kås</b>	ref1	15,34	2,83	0,13	21,78
	Opdræt1	15,62	3,09	0,11	28,00

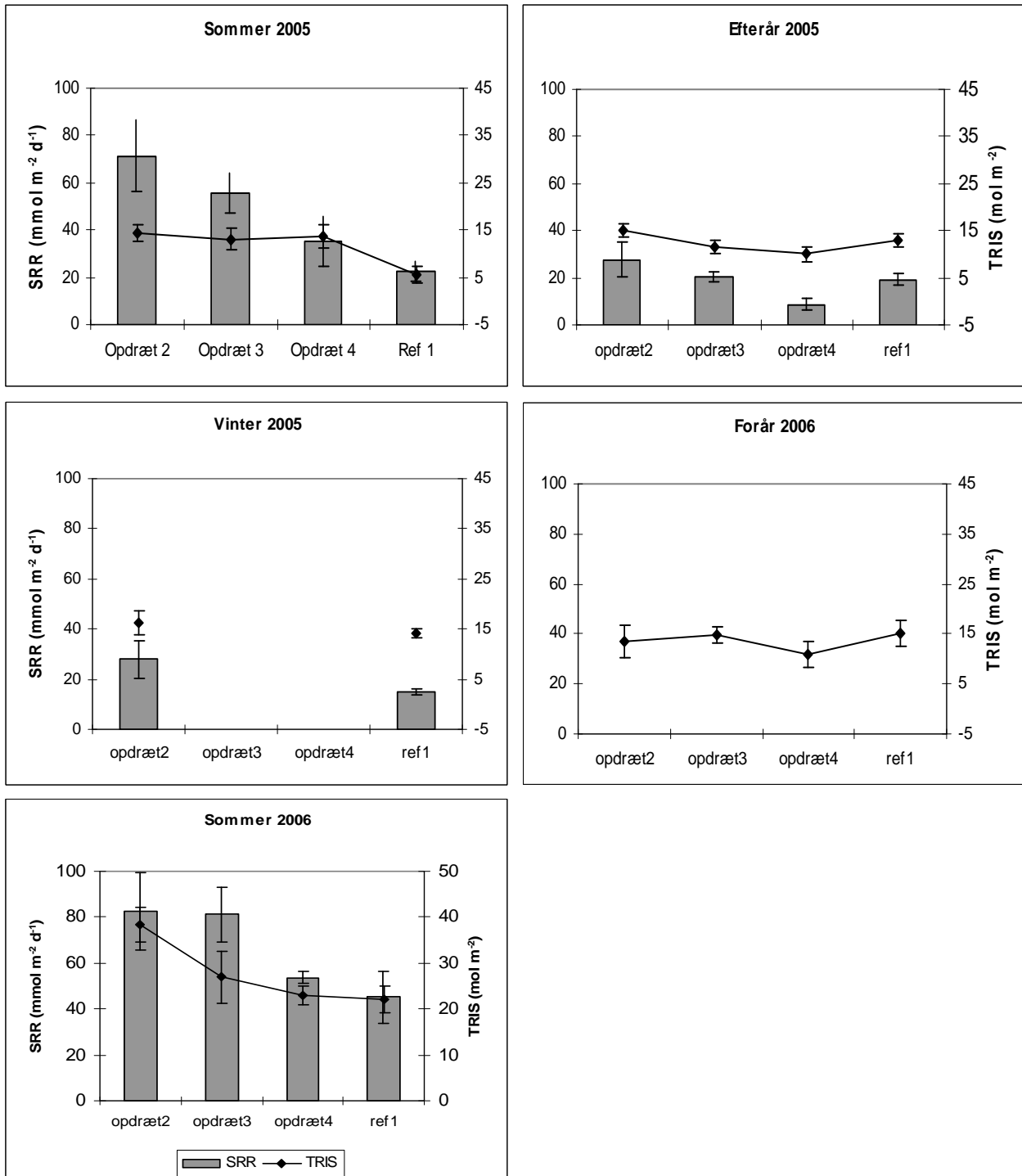
I sedimentet under Rotholmen var der en tydelig effekt af muslingebruget på sulfatreduktionsraterne (SRR) og dermed sulfidproduktionen i sedimentet. Dette var i særdeleshed gældende i de øverste cm af sedimentet, hvor indholdet af organisk materiale var størst (figur 6.14). Effekten på sulfatreduktion var årstidsbestemt med størst sulfatreduktion om sommeren, hvor SSR under anlægget i den øverste cm (opdræt2: ca.  $2000 \mu\text{mol SO}_4^{2-} \text{ cm}^{-3} \text{ d}^{-1}$ ) var dobbelt så stort som på referencestationen (ref1: ca.  $1000 \mu\text{mol SO}_4^{2-} \text{ cm}^{-3} \text{ d}^{-1}$ ). Om vinteren var sulfatreduktionen markant mindre ved begge stationer, med henholdsvis ca.  $400 \mu\text{mol SO}_4^{2-} \text{ cm}^{-3} \text{ d}^{-1}$  under anlægget og ca.  $150 \mu\text{mol SO}_4^{2-} \text{ cm}^{-3} \text{ d}^{-1}$  på referencestationen i den øverste cm. Ikke desto mindre var der også en effekt af anlægget om vinteren. Derudover var koncentrationen af sulfid (TRIS= total reduced inorganic sulfur) højere under bruget end udenfor (figur 6.14). Om sommeren nåede koncentrationen under anlægget op på ca.  $250 \mu\text{mol cm}^{-3}$ , hvorimod den var omkring  $150 \mu\text{mol cm}^{-3}$  på referencestationen. Modsat sulfatreduktionen var sulfidpuljen ret konstant over året fra sommer til vinter. Sulfidpuljen viste desuden en omvendt dybdeprofil sammenlignet med sulfatreduktionen. De højeste koncentrationer blev observeret i 10 cm og de laveste i den øverste cm, som følge af den øgede tilgængelighed af ilt i de øverste sedimentlag. Tilgængelig ilt vil oxidere den dannede sulfid. Der blev ikke bestemt sulfatreduktion ved de øvrige opdrætsanlæg.



**Figur 6.14.** Dybdeprofil af sulfatreduktionen (SRR) og sulfidpuljen (TRIS) målt under opdrætsanlæg 65, Rotholmen, (opdræt2) og på en referencestation (ref1) om sommeren og vinteren. Til venstre: opdræt2, til højre: ref1. Resultaterne viser et gennemsnit af tre målinger.

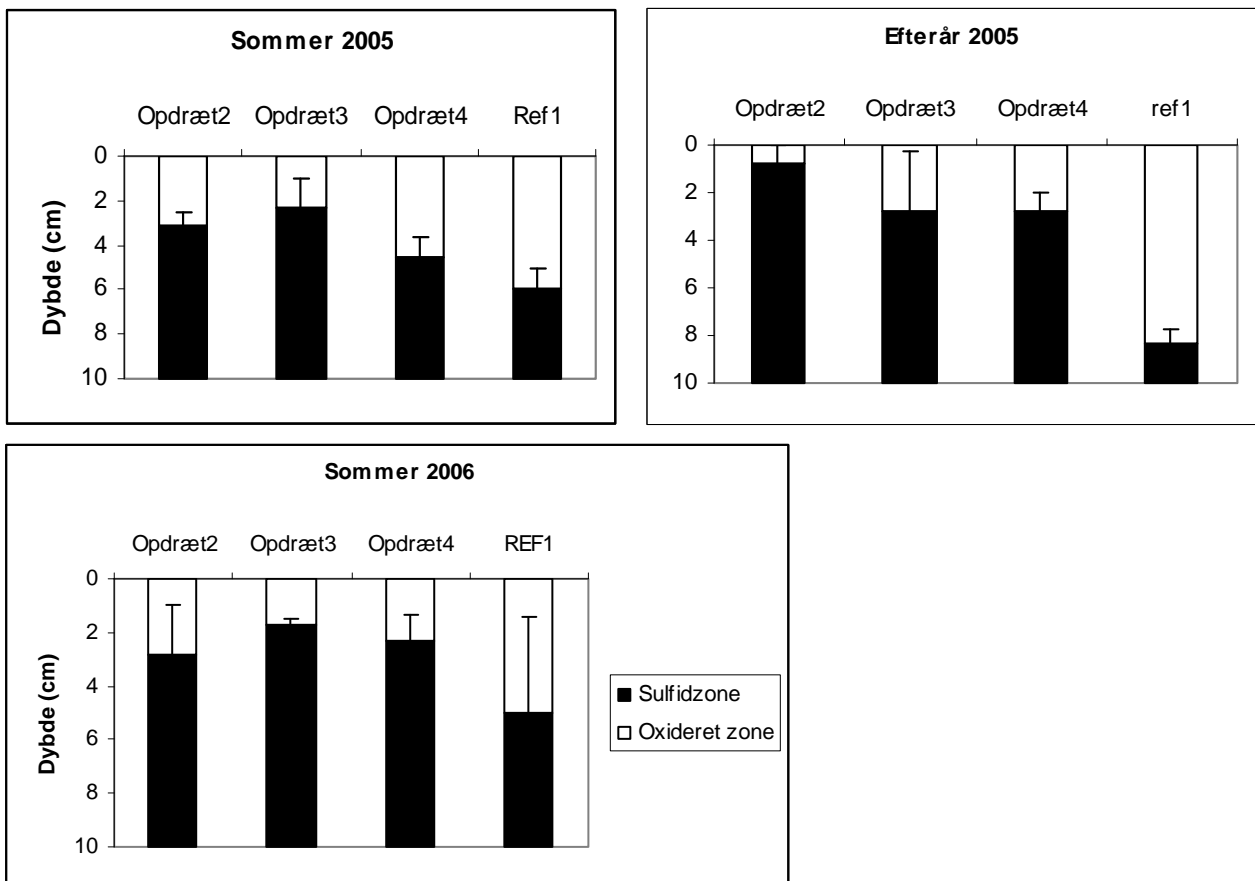
Ved at integrere alle dybderne i dybdeprofilen for sulfatreduktion fås et samlet overblik over sulfatreduktionen og sulfidpuljerne på de forskellige stationer og tidspunkter (figur 6.15). Der er både signifikant effekt af station ( $p=0,0001$ ) og årstid ( $p=0,0001$ ) på SRR og ingen signifikant interaktion mellem de to faktorer ( $p=0,07$ ). For sulfidpuljer var der en signifikant effekt af opdrætsanlæg ( $p=0,034$ ), men ikke af årstid ( $p=0,3$ ). SRR var i de fleste tilfælde større på stationerne under opdrætsanlægget end på referencestationen, specielt i sommerperioderne, men dette var kun signifikant om sommeren 2005. Ligeledes var sulfidpuljerne under muslingebruget signifikant højere i sommeren 2005 og 2006. Modsat sulfatreduktionsraterne, som generelt aftog fra sommer til efterår og vinter, forblev sulfidpuljerne på nogenlunde samme niveau fra sommeren 2005 og hen over vinteren til foråret 2006. Dette kan skyldes, at sulfiden om sommeren 2005, hvor der ikke observeredes iltsvind på lokaliteten, blev reoxideret og, at sulfiden derfor ikke ophobes i

sedimentet. Anderledes var det i sommeren 2006, hvor der var iltsvind i Riisgårde Bredning, og sulfidpuljerne blev ophobet i sedimentet, specielt under opdrætsanlægget (figur 6.15).



**Figur 6.15.** Dybdeintegreret sulfatreduktion (SRR) og sulfidpuljer (TRIS) målt 5 gange fra sommeren 2005 til sommeren 2006 under opdrætsanlæg 65, Rotholmen, (opdræt2-4) og på en referencestation (ref1) ± standardafvigelse. Bemærk, at der ikke blev foretaget målinger ved opdræt3&4 om vinteren og af SRR i foråret.

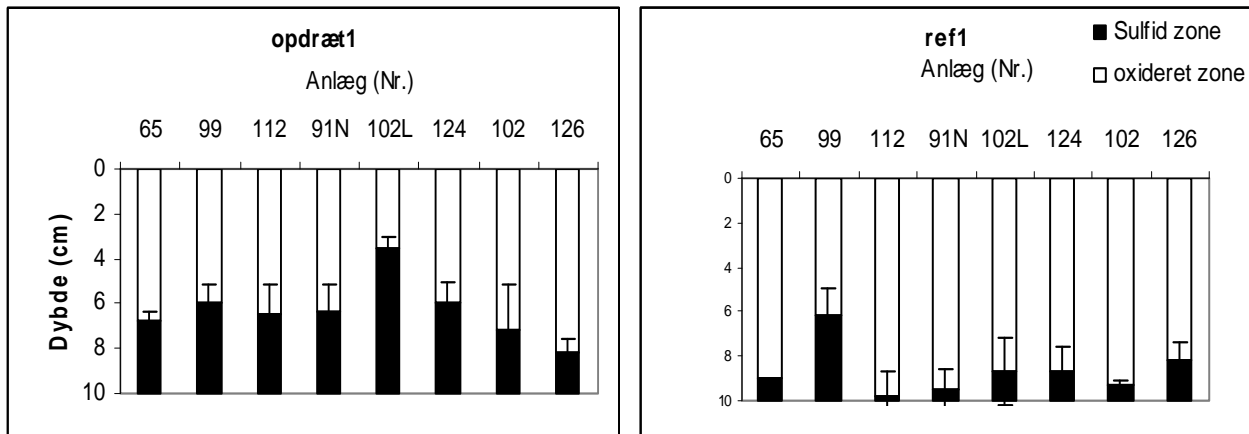
Sulfidfronten lå højere, det vil sige tættere på sedimentoverfladen, under opdrætsanlægget sammenlignet med på referencestationen og med særligt markante forskelle i efteråret 2005 (figur 6.16). Effekten af opdrætsanlægget var signifikant om sommeren og efteråret 2005 ( $p=0,01 - 0,001$ ). Generelt var sulfidzonen tættere på sedimentoverfladen (fronterne højere) om sommeren og efteråret sammenlignet med foråret (maj 2007, figur 6.17).



**Figur 6.16.** Dybde for sulfidfronten ( $\pm$  standardafvigelse) under opdrætsanlæg 65, Rotholmen, (opdræt2-4) og på en referencestation (ref1) på 3 forskellige tidspunkter fra sommeren 2005 til sommeren 2006.

Mønsteret med en tydelig effekt af opdrætsanlægget på sulfidfronten gik igen i den geografiske undersøgelse ved forskellige opdrætsanlæg (figur 6.17), idet sulfidfronten var tættere på sedimentoverfladen under muslingebrugene sammenlignet med referencestationerne. Sulfidfronten var signifikant højere under alle opdrætsanlæg sammenlignet med udenfor, undtagen i Eskær (99), Kås Øst (102) og Kås Vest (124).





**Figur 6.17.** Dybde for sulfidfronten ( $\pm$  standardafvigelse) under 8 forskellige opdrætsanlæg (opdræt1) og på de tilhørende referencestationer (ref1) maj 2007. Placering af anlæg nr. fremgår af tabel 6.3.

### Opdrætternes egenkontrol

I forbindelse med licenstilladelse har Fiskeridirektoratet stillet som vilkår, at opdrætterne skal indsamle prøver til bestemmelse af organisk indhold og koncentration af fosfor og kvælstof i de øverste 2 cm af sedimentet. I perioden 2005 til 2007 har opdrætterne indsamlet og analyseret 3 prøver under henholdsvis deres opdrætsanlæg og på en referencestation. Der var ingen statistisk eller entydig forskel mellem de to øverste cm, og data er derfor puljet for hver station (tabel 6.10).

Der var der ingen signifikant effekt af opdrætsanlæggene, undtagen for anlæg nr. 65 (Rotholmen) og 98 (Sundsøre) ( $p < 0,05$ ), hvor indholdet af organisk stof, C og N var højere under anlæggene end udenfor (tabel 6.10). Den overordnede sammenlignelighed under anlæggene og referencestationerne er i overensstemmelse med undersøgelserne ovenfor på flere årstider ved Rotholmen og for 8 anlæg i maj 2007, hvor der heller ikke blev observeret en signifikant effekt af muslingedrift. Der er i egenkontrol-programmet valgt en anden kontrolstation for anlægget ved Rotholmen, hvilket kan forklare forskellen mellem vores undersøgelse og egenkontrol-programmet. Imidlertid kan netop forskellen ved Rotholmen indikere, at længere tids drift af et anlæg med fuld produktion kan medføre ændringer i sedimentets indhold af kulstof og næringsalte.

**Tabel 6.10.** Glødetab, koncentration af fosfor og koncentration af kvælstof i sedimentet under en række muslingebrug med tilhørende reference. Resultaterne viser gennemsnittet for 3 prøver  $\pm$ standardafvigelse.

Dato	Anlægsnr.	Lokalitet	Glødetab (% af t.v.)	Fosfor (mg/Kg)	Kvælstof (mg/Kg)
Juni 2007	61G	Glyngøre	10 $\pm$ 2,7	635 $\pm$ 165	3608 $\pm$ 2868
	Ref (61G)		12 $\pm$ 0,6	612 $\pm$ 50	2710 $\pm$ 96
	147	Gudnæs Bugt	12 $\pm$ 2,5	643 $\pm$ 203	3587 $\pm$ 1246
	Ref (147)		13 $\pm$ 2,3	830 $\pm$ 188	4027 $\pm$ 1269
Sep/Okt 2007	61L	Lysen Bredning	11 $\pm$ 0,25	523 $\pm$ 47	2508 $\pm$ 658
	91S	Lysen Bredning	13 $\pm$ 2,7	520 $\pm$ 43	2187 $\pm$ 402
	Ref (61L og 91S)		11 $\pm$ 0,67	548 $\pm$ 98	2737 $\pm$ 966
	82	Kås Bredning	9 $\pm$ 0,97	555 $\pm$ 37	1678 $\pm$ 809
	102	Kås Bredning	9 $\pm$ 0,9	542 $\pm$ 39	2277 $\pm$ 360
	115V	Sillerslev Vest	10 $\pm$ 1,9	545 $\pm$ 79	1208 $\pm$ 1135
	Ref (82, 102, 115V)		9 $\pm$ 0,5	578 $\pm$ 62	1782 $\pm$ 647
	91N	Bjørndrup	11 $\pm$ 1,5	577 $\pm$ 44	1962 $\pm$ 894
	Ref (91N)		12 $\pm$ 0,3	643 $\pm$ 16	2815 $\pm$ 956
	109	Junget Øre	12 $\pm$ 4,7	573 $\pm$ 72	3268 $\pm$ 1874
	108	Junget Øre	18 $\pm$ 6,5	737 $\pm$ 87	4053 $\pm$ 1586
	54	Hvalpsund	14 $\pm$ 4,2	658 $\pm$ 95	4955 $\pm$ 1231
	105	Risgårde Bredning	12 $\pm$ 1,3	658 $\pm$ 90	4287 $\pm$ 1448
	65	Rotholmen	16 $\pm$ 1,2	953 $\pm$ 91	6207 $\pm$ 1676
	Ref (109, 108, 54, 105, 65)		13 $\pm$ 1,9	482 $\pm$ 73	2977 $\pm$ 1396
	98	Sundsøre	14 $\pm$ 0,79	940 $\pm$ 188	4780 $\pm$ 1610
	101	Hvalpsund	11 $\pm$ 0,44	523 $\pm$ 60	2593 $\pm$ 1134
	99	Sundsøre/Hvalpsund	13 $\pm$ 1,1	653 $\pm$ 97	3517 $\pm$ 1613
	112	Sundsøre	15 $\pm$ 1,0	860 $\pm$ 180	5360 $\pm$ 1707
	Ref (98, 101, 99, 112)		10 $\pm$ 0,43	530 $\pm$ 54	3422 $\pm$ 1028
	94	Visby Bredning	11 $\pm$ 2,0	623 $\pm$ 125	4765 $\pm$ 2093
	96	Visby Bredning	9 $\pm$ 2,7	603 $\pm$ 208	2157 $\pm$ 547
	Ref (94, 96)		10 $\pm$ 1,4	618 $\pm$ 92	4568 $\pm$ 864
56N	Skyum	13 $\pm$ 0,95	660 $\pm$ 120	3457 $\pm$ 1950	
74N	Ørhale	11 $\pm$ 2,2	492 $\pm$ 86	2373 $\pm$ 1833	
Ref (56N, 74N)		10 $\pm$ 1,9	478 $\pm$ 109	3205 $\pm$ 1548	
179	Thisted Bredning	10 $\pm$ 3,0	505 $\pm$ 109	3250 $\pm$ 1933	
Ref (179)		7 $\pm$ 4,7	727 $\pm$ 444	1968 $\pm$ 1900	
Aug 2006	49	Syd for Dråby Vig	12 $\pm$ 0,56	740 $\pm$ 43	3122 $\pm$ 475
	Ref (49)		11 $\pm$ 1,3	773 $\pm$ 102	3090 $\pm$ 485
	49Ø	Grynderup	4 $\pm$ 2,7	435 $\pm$ 280	1400 $\pm$ 885
	Ref (49Ø)		9 $\pm$ 1,1	687 $\pm$ 118	2422 $\pm$ 387
	93-1	Lysen Bredning	10 $\pm$ 1,4	602 $\pm$ 67	2807 $\pm$ 379
	102L	Lysen	11,25 $\pm$ 1,6	690 $\pm$ 47	3367 $\pm$ 234
	Ref (93-1, 102L)		10 $\pm$ 0,78	578 $\pm$ 64	3417 $\pm$ 360
	124	Kås ved Gammellund	7 $\pm$ 1,9	592 $\pm$ 73	1733 $\pm$ 535
	Ref (124)		9 $\pm$ 0,5	637 $\pm$ 30	2133 $\pm$ 175
	126	Kås ved Kås Sand	10 $\pm$ 0,8	710 $\pm$ 43	2433 $\pm$ 308
Ref (126)		9 $\pm$ 0,9	615 $\pm$ 50	2200 $\pm$ 341	
Juli 2005	56S	Skyum	10 $\pm$ 0,7	602 $\pm$ 55	3605 $\pm$ 197
	74N	Ørhale	14 $\pm$ 0,6	773 $\pm$ 117	5050 $\pm$ 515

Ref (56S, 74N)		13 ±1,1	730 ±109	5215 ±618
82	Kås Bredning	9 ±1,4	697 ±49	2675 ±604
102	Kås Bredning	10 ±1,1	640 ±104	2103 ±364
115V	Sillerslev Vest	11 ±0,7	712 ±99	2513 ±399
Ref (82, 102, 115V)		10 ±0,44	705 ±37	2097 ±323
91S	Lysen Bredning	10 ±0,53	727 ±40	3200 ±266
Ref (91S)		11 ±1,2	663 ±100	3605 ±403
91N	Bjørndrup	11 ±0,61	797 ±122	3000 ±175
Ref (91N)		12 ±1,4	918 ±166	3347 ±572
94	Visby Bredning	12 ±0,60	768 ±70	4608 ±759
96	Visby Bredning	9 ±1,3	658 ±95	3608 ±593
Ref (94, 96)		10 ±0,52	678 ±47	4158 ±319
99	Sundsøre/Hvalpsund	15 ±0,68	898 ±92	5943 ±431
101	Hvalpsund	17 ±0,66	965 ±118	6838 ±556
112	Sundsøre	16 ±1,3	908 ±86	6243 ±643
Ref( 99, 101, 112)		11 ±0,56	655 ±85	4997 ±1940
105	Risgård Bredning	11 ±1,3	687 ±100	4530 ±784
108	Junget Øre	18 ±0,92	788 ±97	5102 ±515
109	Junget Øre	11 ±0,4	765 ±69	4135 ±316
Ref (105, 108, 109)		9 ±3,7	567 ±165	3352 ±1543

## Diskussion

Vi kan ikke dokumentere en effekt af opdrætsanlæggene på det organiske indhold i sedimentet, hvilket er i overensstemmelse med andre undersøgelser under muslingebrug (fx Grant et al 1995; Giles et al 2006), men er i modstrid med resultater fra et lignende muslingebrug i Italien, hvor man fandt betydelig berigelse af sedimentets organiske indhold (Nizzoli et al 2006). Denne modsætning i litteraturen kan skyldes, at referencestationen i den italienske undersøgelse havde et meget lavt organisk indhold (2-3 % tv) sammenlignet med Rotholmen og de andre lokaliteter, der havde et højt organisk indhold (ca. 20 %). Den høje baggrundsværdi kan betyde, at det er svært at detektere mindre ændringer, og at sedimentets organiske indhold således ikke er en særlig velegnet indikator af effekter af opdrætsanlæg, specielt ikke i danske fjorde, hvor det organiske indhold i forvejen ofte er højt.

Andre sedimentparametre, som målinger af sulfatreduktion har i denne undersøgelse vist sig at være mere følsomme, da SRR helt klart udviser en effekt af muslingeopdræt. Årsagen til dette kan være, at sulfatreduktionen generelt er begrænset af tilførslen af organisk stof, og stimuleres af et øget input fra muslingeproduktionen. Størrelsen af sulfidpuljer i sedimentet hænger sammen med sulfatreduktion, idet sulfid dannes ved reduktion af sulfat. Der ses også en effekt på sulfidpuljerne af opdrætsanlæggene både ved målinger af puljerne og ved bestemmelse af sulfidfronten. Der findes ingen undersøgelser af sulfatreduktion i forbindelse med muslingeopdræt, men i forbindelse med øredopdræt i f.eks. Kolding Fjord (Holmer & Kristensen 1992) blev der observeret op til 4 gange så store effekter sammenlignet med nærværende undersøgelse.

## 6.7. Udveksling mellem sediment- og vandfasen

En berigelse af sedimentet vil udover at påvirke nedbrydningen af organisk stof i sedimentet også kunne påvirke den fluks af stoffer, der finder sted mellem sediment og vandfasen. Udvekslingen

omfatter både næringssalte som kvælstof og fosfor samt ilt, men også svovlforbindelser og andre opløste forbindelser kan diffundere fra sedimentet til vandfasen og dermed påvirke vandkvaliteten.

I de danske fjorde varierer iltoptaget normalt meget med årstiden. Om sommeren, når temperaturen er høj og vandsøjlen ofte er lagdelt, er iltforbruget højest og iltkoncentrationen i bundvandet lavest, hvorefter den øges i takt med at det bliver koldere og kommer mere omrøring i vandet pga. blæst. Ved at måle sedimentets iltoptag kan man få informationer om den organiske belastning, idet iltoptaget i vid udstrækning beror på omsætning af organisk materiale. Iltoptagelsen er et udtryk for både den aerobe mineralisering i sedimentet samt oxidationen af de reducerede forbindelser dannet ved den anaerobe mineralisering, som f.eks. oxidationen af sulfid dannet ved sulfatreduktion. Iltoptagelsen er derfor et resultat af både den aerobe og den anaerobe respiration. Vi vil således forvente, at sedimenter under muslingebrug har et øget iltoptag sammenlignet med sedimenter udenfor muslingebrug. Målinger af iltoptag under en række muslingebrug bekræfter også delvist denne forventning (fx Hatcher et al 1994; Giles et al. 2006). Som følge af den hyppige opblanding af vandet i lavvandede områder, forventer vi dog, at iltkoncentrationen i vandfasen naturligt varierer i løbet af sæsonen, også indenfor kort tid som timer og i forskellige vanddybder.

For næringssalte gælder, at kvælstof mobiliseres fra den organiske stofpulje primært i form af ammonium, som frigives fra sedimentet til vandsøjlen. Ammonium kan oxideres til nitrat af nitrificerende bakterier (nitrifikation) i sedimentet, som derefter kan indgå i denitrifikation og frigives som frit kvælstof, eller ammonium kan fjernes fra systemet ved anaerob oxidation til frit kvælstof (ANAMMOX). Nitrat kan som ammonium frigives til vandsøjlen eller medvirke i andre processer, som fx denitrifikation, hvor nitrat reduceres til frit kvælstof eller omdannes ved dissimilatorisk reduktion til ammonium. Udvekslingen af kvælstofforbindelser mellem sediment og vandfase er således et samlet resultat af et kompliceret kvælstofkredsløb, som i vid udstrækning påvirkes af de organismer, der lever i havbunden, iltforholdene, lysforholdene og mængden og kvaliteten af det organiske materiale i sedimentet. Fosfor frigives som uorganisk fosfat ved mineraliseringen. Fosfat kan bindes til sedimentet som jernforbindelser ( $\text{Fe(III)PO}_4$ ), hvilket bevirker, at frigivelsen af fosfor kan være forsinket i op til måneder eller år. Frigivelsen af fosfat afhænger således i høj grad af tilstedeværelsen af oxideret jern. Så længe jern er i den oxiderede form, bliver fosfat i sedimentet, men når jern reduceres, vil der ske en frigivelse af fosfat. Fosfor afgives derfor primært om sommeren, hvor den oxiderede jernpulje er lavest som følge af lave iltkoncentrationer. Vi forventer således, at opdræt af muslinger i vandfasen vil føre til øget frigivelse af ammonium og fosfat fra sedimentet under opdrætsanlæggene.

### Materialer og metoder

Iltoptagelse blev bestemt på forskellig måde: I laboratoriet som et dosis-respons forsøg med berigelse af sediment med muslingefækalier og i felten under og udenfor opdrætsanlæg som enten direkte feltmålinger eller ved bestemmelse på intakte sedimentkerner. I laboratoriet blev der indsamlet fækalier fra muslinger, der var blevet fodret med enten monokulturer af dyrkede alger, *Rhodomonas baltica*, eller naturligt plankton som beskrevet i afsnit 6.5. Indsamlede sedimentkerner fra Limfjorden blev tilsat enten 0, 40 eller 60 fækalier af standardstørrelse på  $5 \text{ mm}^2$ . Efterfølgende blev iltforbruget målt ca. hver 2. timer i 6 timer. Derudover blev der gennemført et forsøg med tilsætning af 60 fækalier og udviklingen i iltoptaget blev efterfølgende fulgt over tid.

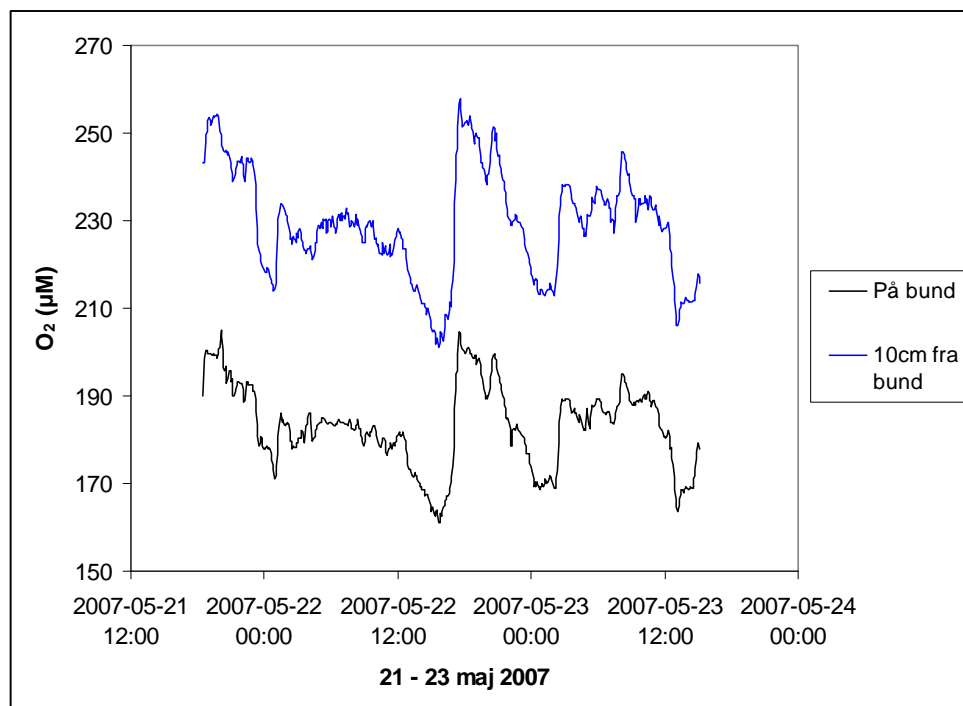
Sedimentkerner til feltundersøgelser som beskrevet i afsnit 6.6 på tidspunkter og lokaliteter som vist i tabel 6.1 og 6.3 blev indsamlet af dykker og bragt til DSC. Kernerne blev inkuberet i

inkubationskammer 2-3 timer i sommerperioderne og 3-4 timer i vinter og forårsperioderne under samme betingelser mht. temperatur, saltholdighed og iltmætning som på indsamlingslokaliteten (afsnit 6.1). Kernerne blev inkuberet i mørke, da lysintensiteten ved bunden på indsamlingslokaliteterne var <1% af overfladeindstrålingen. Alle kerner blev brugt til bestemmelse af fluks af både ilt og næringssalte. Prøverne til ilt og næringssalte blev taget ved inkubationens start og sluttidspunkt, hvorefter forskellen i koncentrationerne pr.  $\text{m}^{-2}$  pr. døgn blev betegnet som den pågældende fluks. Iltkoncentrationen blev målt vha. winkler titrering og næringsskoncentrationerne ( $\text{NH}_4^+$  og  $\text{PO}_4^{3-}$ ) vha. spektrofotometri.

Som et supplement blev iltforholdene lige over bunden under opdrætsanlæg 99, Eskær, beskrevet ved brug af optoder placeret i to højder (2 cm og 10 cm) over bunden. Optoderne loggede iltkoncentrationen kontinuerligt hvert 5. minut i 2 døgn i en periode i maj 2007. Desuden blev i tre perioder á ca. et døgn sat *in situ* kamre ud under anlægget ved Eskær, der kunne måle sedimentets iltoptag direkte.

## Resultater

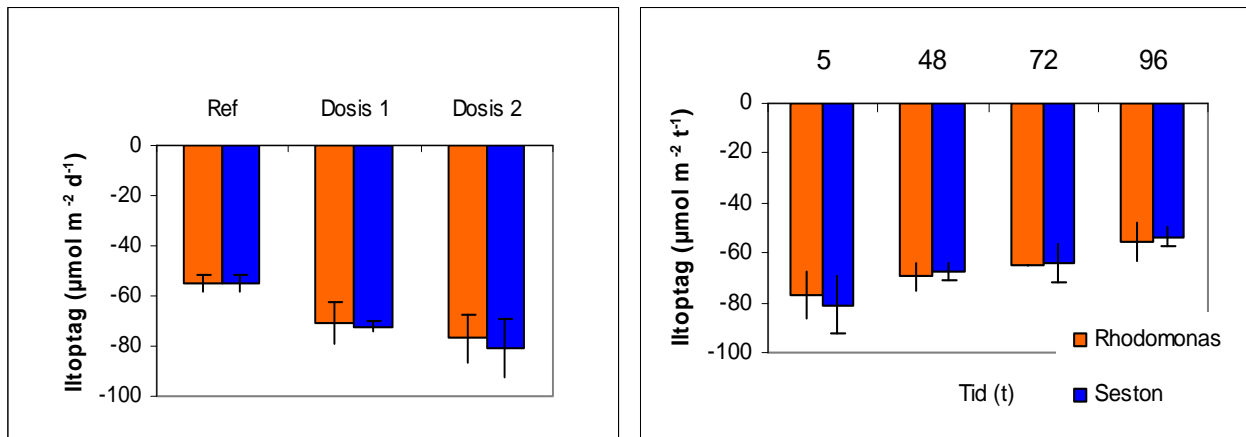
**Ilt:** Koncentrationen af ilt i bundvandet varierede meget både med afstand fra bunden og over tid (figur 6.18). Selvom data kun er indsamlet over en kort periode på et bestemt tidspunkt af året illustrerer de ikke desto mindre, hvor dynamiske iltforholdene er i vandet lige over sedimentet med variationer på ca.  $50 \mu\text{M O}_2$  over blot få timer.



**Figur 6.18.** Iltkoncentrationen henholdsvis 2 cm (På bund) og 10 cm (10cm fra bund) over bunden under opdrætsanlæg 99, Eskær, i maj 2007.

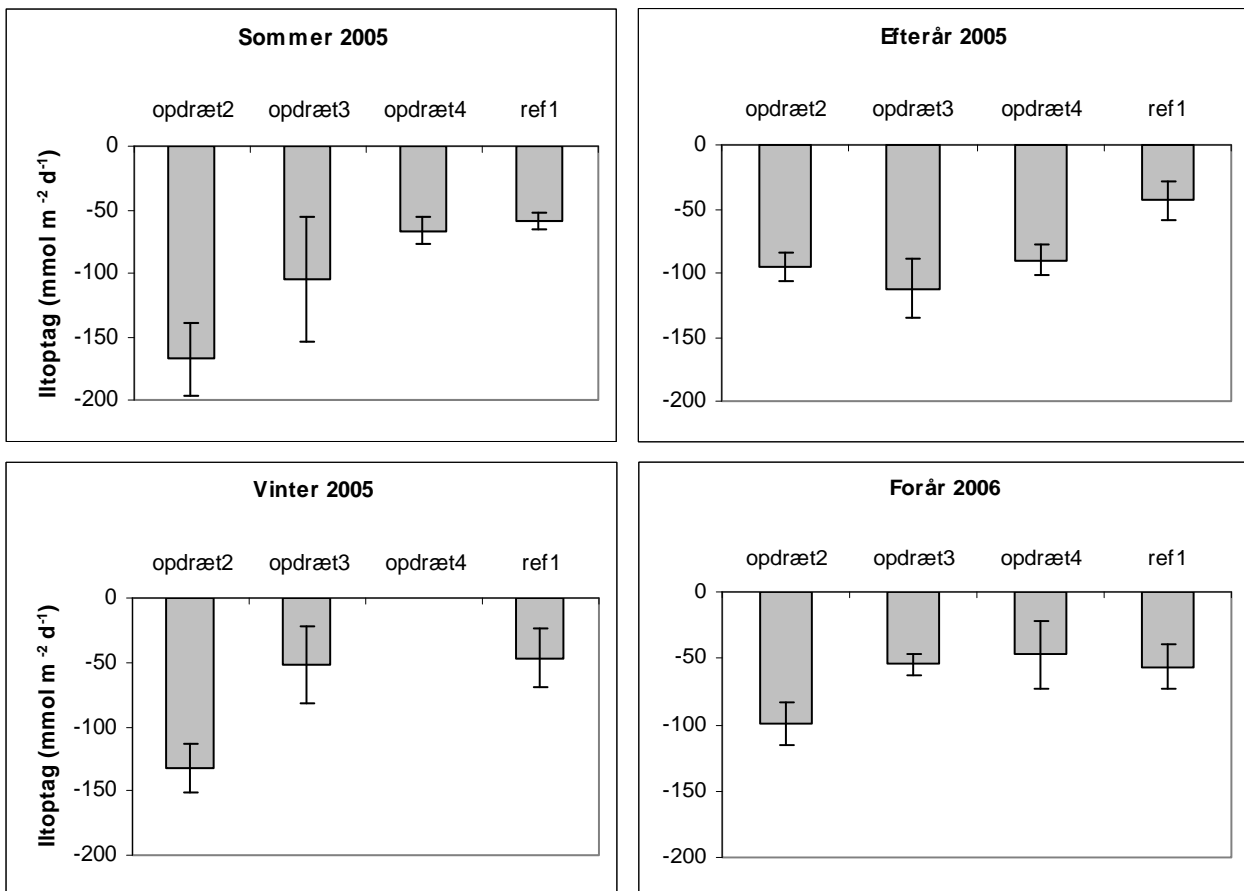
Organisk materiale i form af muslingefækalier stimulerer sedimentets iltoptag i forhold til den mængde der tilføres (figur 6.19). Således førte en dosis på 40 fækalier til et forøget iltoptag fra ca.  $55 \text{ mmol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  til ca.  $65 \text{ mmol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , mens iltforbruget blev øget til ca.  $75 \text{ mmol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  ved

tilsætning af 60 fækalier. Det tilførte antal fækalier havde en større effekt end forventet ud fra iltforbruget af enkeltfækalier i vandsøjlen (afsnit 6.5). Modsat var fækalierne hurtigere ”brændt ud” på sedimentet, hvor iltforbruget faldt til referenceniveau allerede efter 96 t (figur 6.19) sammenlignet med respirationen i vandsøjlen, hvor fækalierne først ”brændte ud” efter 140 timer. Det er ikke overraskende, at fækaliernes iltforbrug, når de er sedimenteret, har forskellig udvikling i forhold til vandfasen, idet sedimentet indeholder mange flere mikroorganismer, der er med til at øge nedbrydning af det organiske materiale.



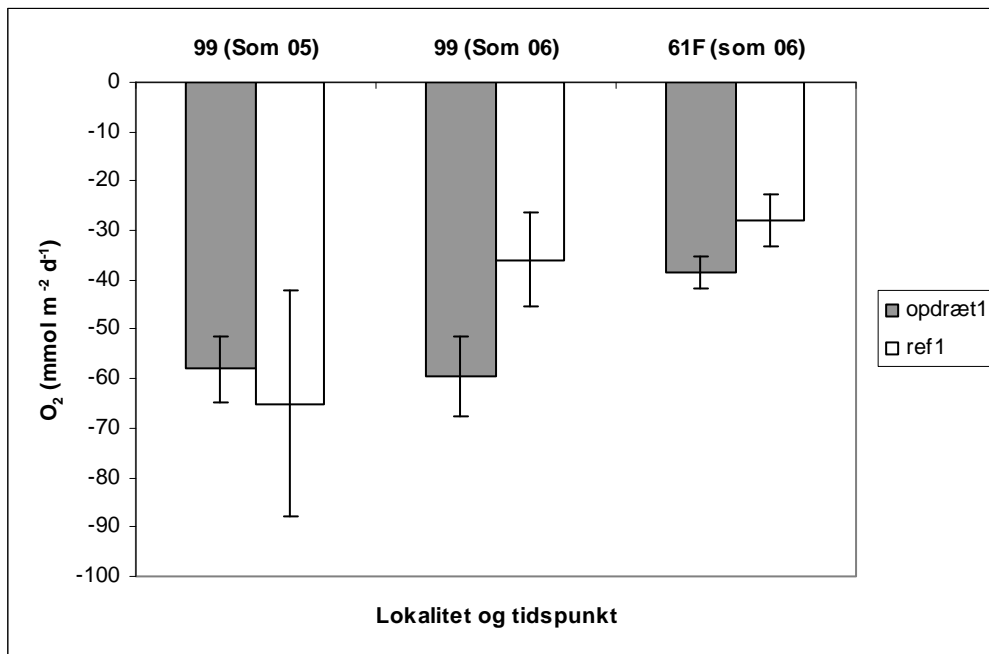
**Figur 6.19.** Sedimentets iltforbrug efter tilsætning af muslingefækalier fra muslinger fodret med en monokultur af dyrkede alger (*Rhodomonas*) eller naturligt plankton (seston). Til venstre effekt af tilsætning af 0 (ref), 40 (Dosis 1) og 60 fækalier (Dosis 2). Til højre iltforbruget over tid efter tilsætning af 60 fækalier.

Effekten på sedimentets iltoptag af tilførslen af muslingefækalier som vist i laboratoriet blev også fundet i felten. Således viste iltoptaget i sedimentkernerne, at dette var signifikant forskelligt mellem både stationer ( $p=0,0001$ ) og årstider ( $p=0,0001$ ). Desuden var interaktion mellem disse to faktorer signifikant ( $p=0,0001$ ), hvilket betyder, at årstiden havde en indflydelse på effekten af opdrætsanlægget. Iltoptaget var størst under bruget, og forskellen mellem den mest belastede station under bruget og referencestationen var højere om sommeren end på de andre årstider og i størrelsesordenen 2-3 større end på referencestationen (figur 6.20). Endvidere var der signifikante forskelle mellem stationerne under bruget, idet iltoptaget ved opdræt2 hver gang var signifikant højere end ved ref1, mens opdræt3 og opdræt4 kun var højere end ref1 om efteråret. Dette stemmer overens med den forventede belastning, idet der i den sektion (sektion 1) generelt var den højeste produktion i undersøgelsesperioden (tabel 6.2).



**Figur 6.20.** Sedimentets iltforbrug målt 4 gange fra sommer 2005 til sommer 2006 under opdrætsanlæg 65, Rotholmen, (opdræt2-4) og på en referencestation (ref 1)  $\pm$  standardafvigelse. På grund af iltsvind blev der ikke foretaget målinger i sommeren 2006. Bemærk, der er ingen måling ved opdræt4 i vinteren 2005.

At iltoptaget ved bunden er dynamisk, forstået som forskelligt mellem årstider og lokaliteter, men påvirket af opdrætsanlæg, er illustreret i figur 6.21. Ved opdrætsanlægget i Eskær var der i sommeren 2005 kun lige etableret yngelliner og en egentlig produktion var ikke i gang. Følgelig var der ikke signifikant forskel mellem iltoptaget under og udenfor anlægget. I sommeren 2006 var der derimod som forventet en signifikant ( $p=0,04$ ) forskel mellem de to stationer og iltoptaget på referencestationen var væsentligt lavere end det foregående år. Altså en indikation af forskelle mellem år og som funktion af opdrætsanlæg. I Færker Vig var der væsentlig lavere iltoptag end ved Eskær på samme tidspunkt, men ingen signifikant forskel mellem referencestation og under bruget, hvilket kan skyldes, at produktionen i Færker Vig på dette tidspunkt var meget lav (biomasse <20 t). Dette er en illustration af lokalitetsforskelle og af, at produktionen skal have en vis størrelse for at påvirke sedimentets iltoptag.

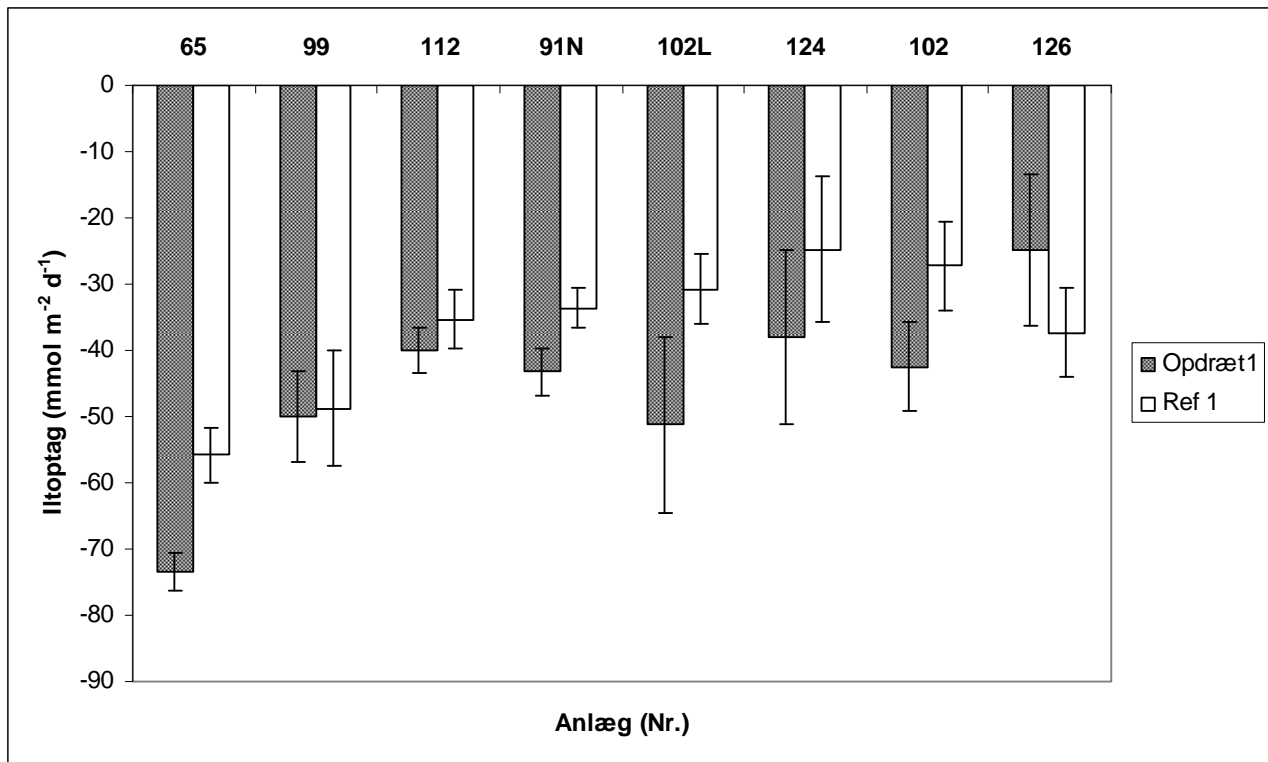


**Figur 6.21.** Sedimentets iltoptagelse under opdrætsanlæg (opdræt1) og på referencestationer (ref 1) i Eskær (anlæg 99) i sommeren 2005 og 2006 samt Færker Vig (DSCs forsøgsanlæg) i sommeren 2006. Bemærk at der på grund af iltsvind ikke er data fra Bjørndrup. Anlæg nr. fremgår af tabel 6.1.

De geografiske forskelle i sediments iltoptag blev yderligere illustreret af data fra 8 lokaliteter undersøgt i maj 2007, hvor der var betydelige forskelle mellem lokaliteterne (figur 6.22). Generelt havde sedimentet på stationerne under opdrætsanlæggene et højere iltoptag sammenlignet med sedimentet på referencestationerne, men denne tendens var kun signifikant ved Rotholmen ( $p=0,004$ ) og i Bjørndrup ( $p=0,02$ ), mens  $p$ -værdien ved Lysen og Kås Bredning var henholdsvis 0,06 og 0,07. Der var ikke signifikante forskelle for de øvrige anlæg.

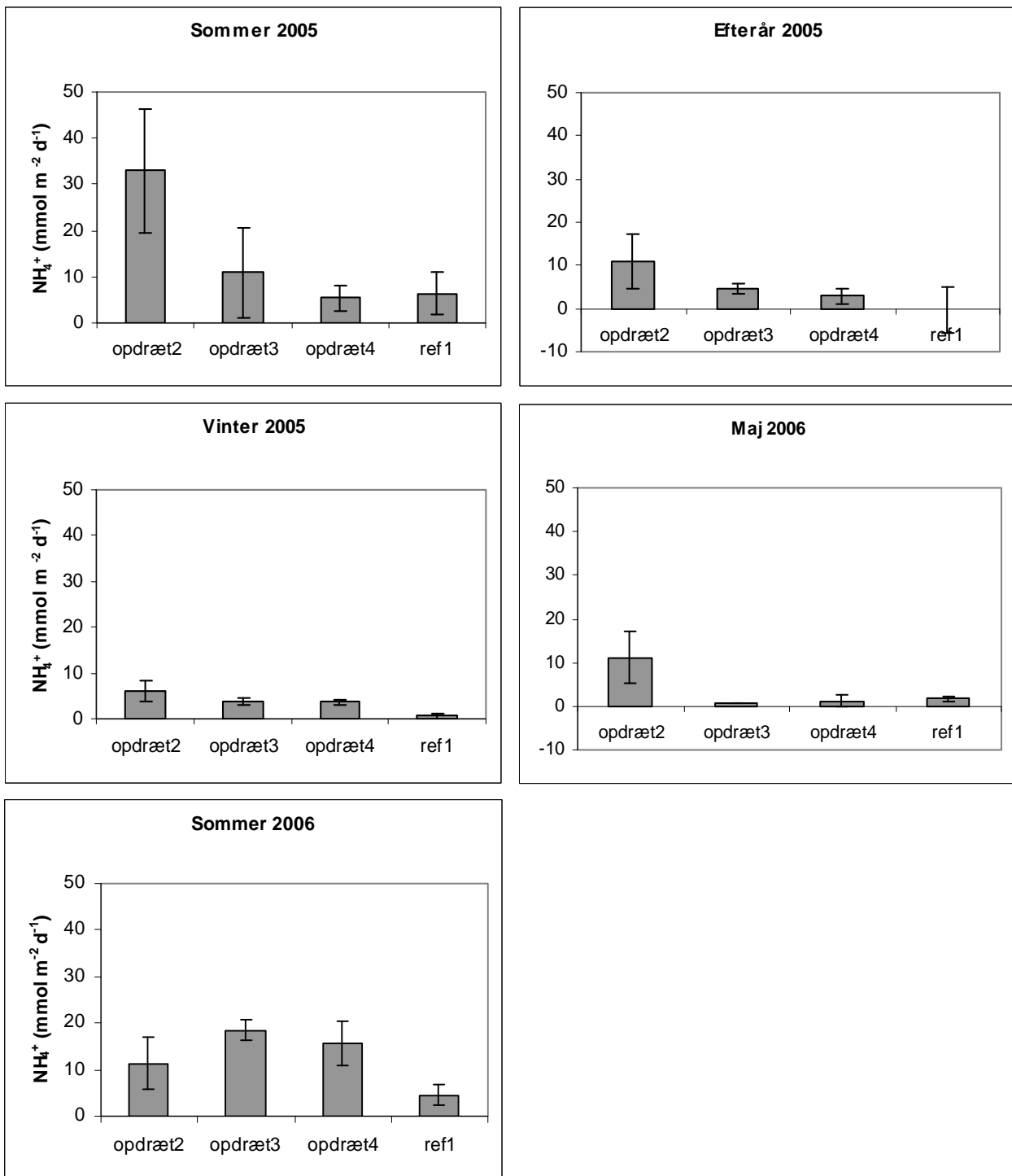
Iltoptaget der blev målt vha. *in situ* kammeret ved anlægget i Eskær viste et iltoptag på 37-73 mmol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> (data ikke vist). Det viser altså, at iltoptaget varierer en del indenfor kort tid, men også at iltoptaget i Eskær målt i laboratoriet er pålideligt, idet det lå på ca. 48 mmol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>.





**Figur 6.22.** Sedimentets iltoptag under opdrætsanlægget (Opdræt1) og på en referencestation (Ref 1) målt ved 8 forskellige anlæg i maj 2007  $\pm$ standardafvigelse. Placering af anlæg fremgår af tabel 6.3.

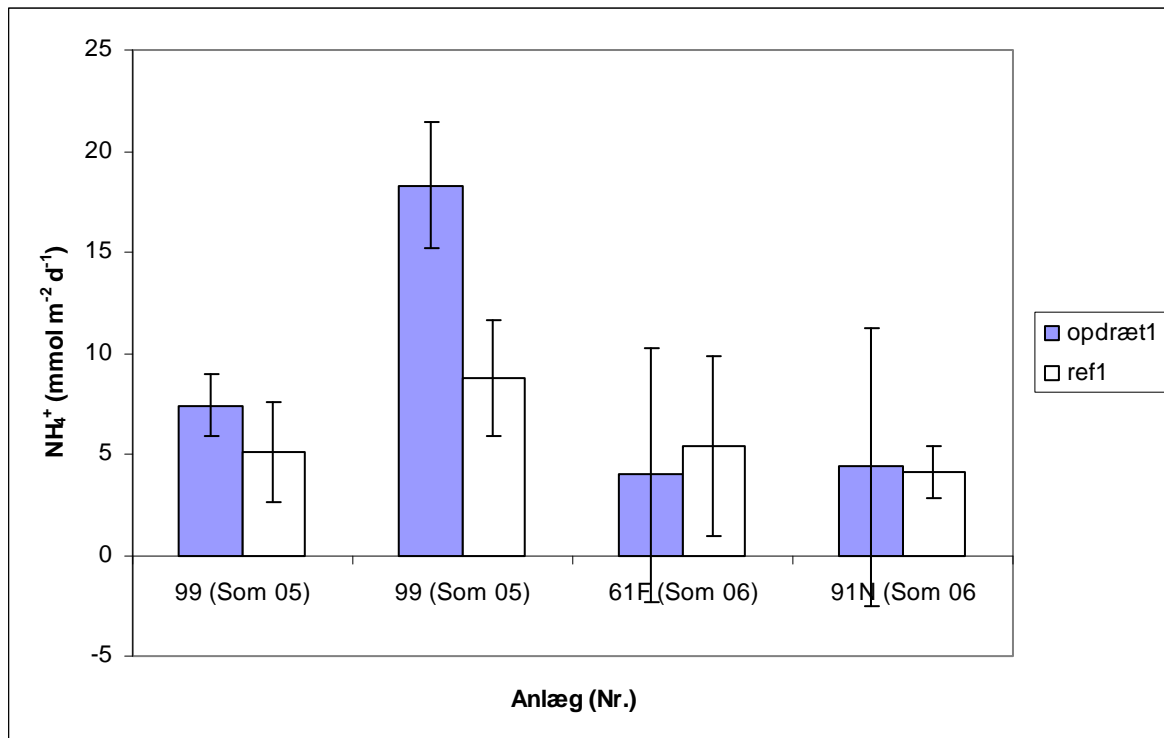
Næringsalte: Der var en tydelig effekt af opdrætsanlæg og årstid på udveksling af ammonium mellem sediment og vandfase (figur 6.23). Således var frigivelse af ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) signifikant ( $p=0,0001$ ) større under anlægget (opdræt2 eller opdræt3) ved Rotholmen sammenlignet med referencestationen og ligeledes signifikant ( $p=0,0013$ ) større (op til 3 gange vintermålingerne) om sommeren sammenlignet med andre årstider. Interaktionen for station og årstid var også signifikant ( $p=0,025$ ), hvilket viser, at effekten af opdrætsanlægget var afhængigt af årstid. Der var mellem de to sommerperioder forskel på hvilke af de to stationer under bruget, hvor de højeste frigivelser af ammonium blev fundet, hvilket kan hænge sammen med forskelle i muslingebiomasse i de forskellige sektioner i de to perioder (tabel 6.2). De højeste  $\text{NH}_4^+$  frigivelser var på ca.  $33 \text{ mmol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  og blev målt i sommeren 2005 på station opdræt2. Frigivelsen af  $\text{NH}_4^+$  på referencestationen varierede i løbet af året, men nåede aldrig over  $10 \text{ mmol m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ .



**Figur 6.23.** Udveksling af ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) mellem sediment og vandfase under opdrætsanlæg 65, Rotholmen, (opdræt2-4) og på en reference station (ref1) målt 5 gange i perioden sommeren 2005 til sommeren 2006 ±standardafvigelse. Positive værdier indikerer en frigivelse fra sedimentet til vandfasen.

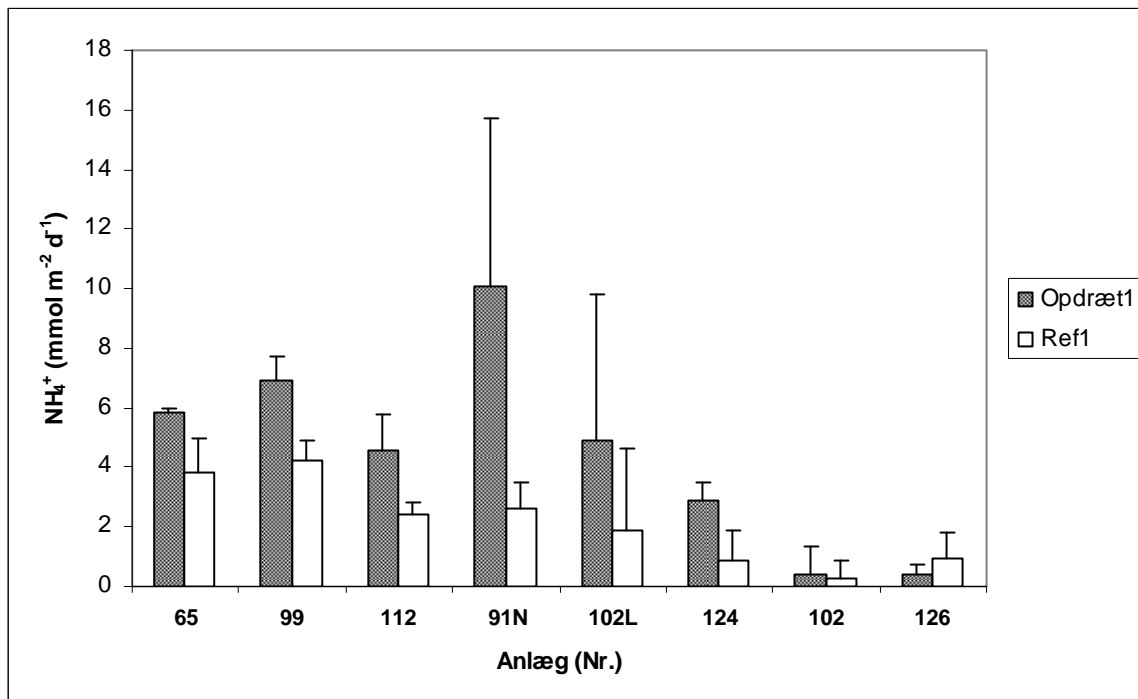
De supplerende undersøgelser ved Eskær og Bjørndrup og i Færker Vig viste, at der er store forskelle mellem områder og at en betydelig produktion af muslinger kan påvirke udvekslingen af ammonium mellem sediment og vand, men at mindre produktioner ikke nødvendigvis fører til øget

fluks (figur 6.24). I 2006, efter 1 års fuld produktion (estimeret biomasse i sommeren 2006: 200 t) af muslinger, var der i Eskær signifikant ( $p=0,04$ ) større ammoniumfrigivelse under brugt sammenlignet med referencestationen. Derimod var der ingen signifikante effekter i Færker Vig og ved Bjørndrup, hvor der i samme periode var væsentlige lavere hængende biomasse af muslinger (<70 t). Bemærk dog den store variation i de målte flukse under brugene, som indikerer en spredt fordeling af belastningen af sedimentet.



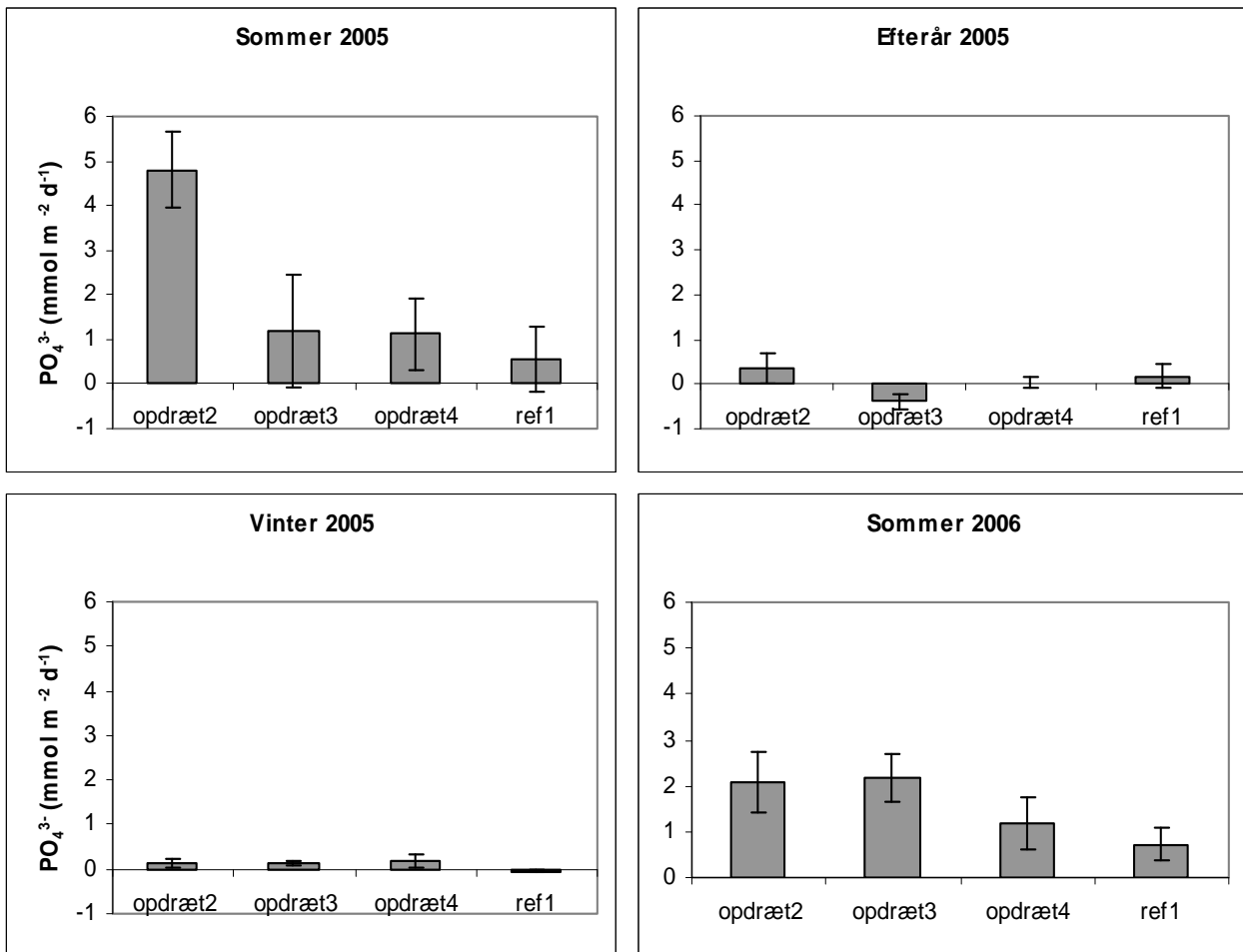
**Figur 6.24.** Udveksling af ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) mellem sediment og vandfase under opdrætsanlæg (opdræt1) og på referencestationer (ref 1) i Eskær (anlæg 99) i sommeren 2005 og 2006 samt i Færker Vig (61F DSCs forsøgsanlæg) og ved Bjørndrup (anlæg 91N) i sommeren 2006  $\pm$ standardafvigelse. Positive værdier indikerer en frigivelse fra sedimentet til vandfasen. Anlæg nr. fremgår af tabel 6.1.

Målingerne i maj 2007 på 8 forskellige lokaliteter viste ligeledes generelt en forhøjet frigivelse af ammonium under opdrætsanlæg dog således, at forskellen kun var signifikant for anlæggene ved Rotholmen, Eskær, Grønning og Kås Sand (figur 6.25). Der var som for andre parametre tydelige forskelle mellem lokaliteterne af fluks af ammonium.



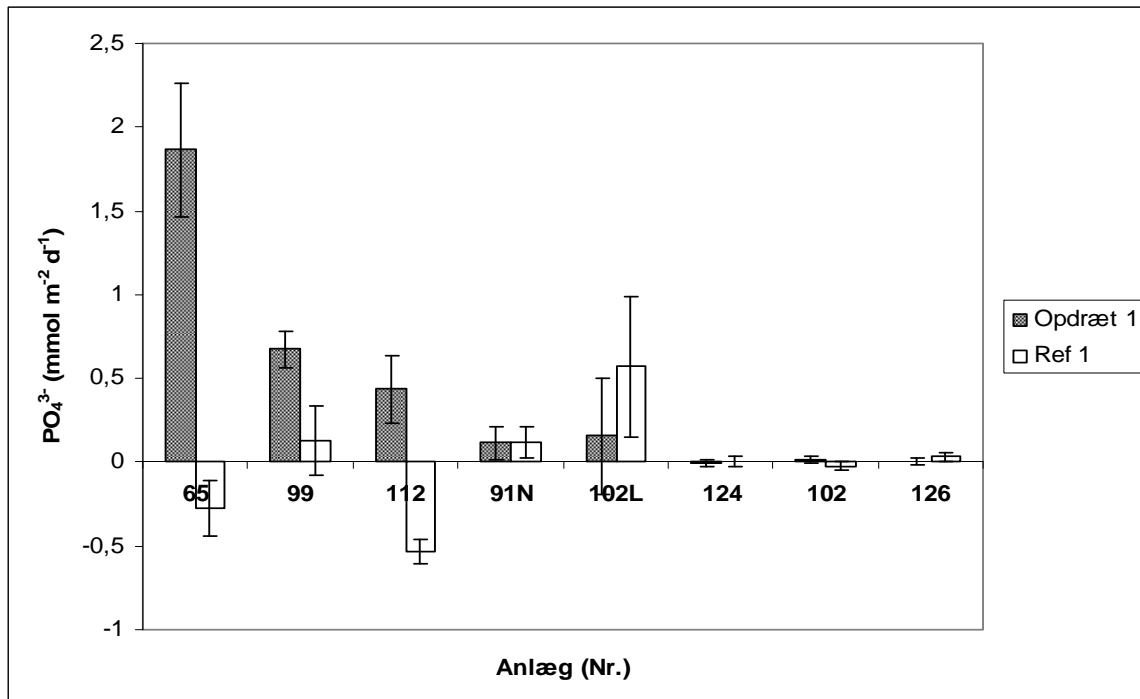
**Figur 6.25.** Udveksling af ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) mellem sediment og vandfase under opdrætsanlægget (Opdræt1) og på en referencestation (Ref 1) målt ved 8 forskellige anlæg i maj 2007  $\pm$ standardafvigelse. Positive værdier indikerer en frigivelse fra sedimentet til vandfasen. Anlægs nr. fremgår af tabel 6.3.

Som for ammoniumfluks var der også for fosfatfluks en effekt af både opdrætsanlæg og årstid. Der var en signifikant effekt af både station ( $p=0,0001$ ), årstid ( $p=0,0001$ ) og for interaktionen mellem de to faktorer ( $p=0,0001$ ) på udvekslingen af fosfat mellem sedimentet og vandfasen (figur 6.26). I sommerperioderne var frigivelsen fra sedimentet under opdrætsanlægget ved Rotholmen henholdsvis ca. 5 gange og ca. 2 gange højere end ved referencestationen. Om efteråret og vinteren var der ingen signifikante effekter af muslingebruget, hvor udvekslingen i øvrigt generelt var lav.



**Figur 6.26.** Udveksling af fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) mellem sediment og vandfase under opdrætsanlæg 65, Rotholmen, (opdræt2-4) og på en reference station (ref1) målt 4 gange i perioden sommeren 2005 til sommeren 2006  $\pm$ standardafvigelse. Positive værdier indikerer en frigivelse fra sedimentet til vandfasen. Bemærk, at der ikke er målinger for foråret 2006.

Undersøgelsen af fosfatfluks på 8 forskellige lokaliteter i maj 2007 gav ikke et entydigt billede af effekten af opdrætsanlæg på fosfatfrigivelsen fra sedimentet, men for anlæggene Grønning ( $p=0,001$ ), Eskær ( $p=0,02$ ) og Rotholmen ( $p=0,003$ ) var der en signifikant effekt af anlæggene. På de andre lokaliteter var fluksen af fosfat væsentligt lavere (figur 6.27).



**Figur 6.27.** Udveksling af fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) mellem sediment og vandfase under opdrætsanlægget (Opdræt1) og på en referencestation (Ref 1) målt ved 8 forskellige anlæg i maj 2007. Positive værdier indikerer en frigivelse fra sedimentet til vandfasen.

## Diskussion

Sedimentets høje iltoptag og de høje frigivelser af  $\text{NH}_4^+$  og  $\text{PO}_4^{3-}$  under muslingebrugene indikerer tydeligt, at opdrætsanlæggene beriger sedimentet med organisk stof. Den lave udveksling af fosfat om efteråret og vinteren indikerer en stor oxideret jernpulje, der formår at tilbageholde fosfat i disse perioder. Det er tydeligt, at der er geografiske forskelle selv indenfor Limfjorden og, at de undersøgte lokaliteter i Kås Bredning havde de laveste frigivelser af næringssalte, hvilket hænger sammen med sedimentets forholdsvis lave indhold af organisk materiale samt lave organiske indhold i det sedimenterede materiale. Når produktionen på disse anlæg har kørt ved fuld kapacitet i nogle år forventer vi på baggrund af udviklingen i Eskær en tilsvarende udvikling her. Vores undersøgelser viser dog også, at der kan forventes både temporale og spatielle variationer også i fremtidige målinger. For at få et fuldstændigt billede af effekten af muslingeopdræt i vandfasen bør flere anlæg på forskellige steder i Limfjorden genbesøges efter et par år med fuld produktion på anlæggene. Tilsvarende effekter af muslingebrug på næringssaltudvekslingen som vist i denne undersøgelse er påvist for andre områder (fx Baudinet et al 1990, Grant et al 1995; Christensen et al 2003; Giles et al 2006). De fleste af disse undersøgelser demonstrerer frigivelsesrater i samme størrelsesorden som under muslingebruget ved Rotholmen og samme årstidsvariation med højeste flukse om sommeren.

I modsætningen til flukse af næringssalte var iltoptaget under bruget ved Rotholmen generelt højere end i de fleste tilsvarende undersøgelser vedrørende muslingebrug. Det gælder specielt om sommeren, hvilket kan skyldes faktorer, som er karakteristiske for danske forhold som lav vanddybde (Holmer et al, 2003), danske farvandes høje eutrofieringsgrad (Conley et al, 2000) samt meget lave iltkoncentrationer om sommeren. Endvidere var lysintensiteten lav på bunden ved

Rotholmen, hvilket forhindrer bentisk primærproduktion og dermed iltproduktion på bunden. I og med, at eutrofieringsgraden i forvejen er høj og lysforholdene på bunden dårlige, medfører belastningen fra muslingebruget en øget anaerob nedbrydningsaktivitet, som betyder at forholdsvis meget af den optagne ilt i sedimentet forbruges til oxidation af reducerede forbindelser.

At de observerede forandringer i iltoptag og fluks af næringssalte er forårsaget af tilførsel af fækalier er sandsynliggjort af dokumentationen af den forøgede sedimentation af fækalier under anlæggene og påvisning af øget omsætning i sedimentet ved tilførsel af selv små mængder fækalier.

## 6.8. Bundfauna

Som sedimentet bliver også bundfaunaen påvirket af øget tilførsel af organisk materiale. I en undersøgelse over flere år (Mattson & Lindén 1983, Mattsson & Linden 1984) blev det påvist, at bundfaunaen under et nyetableret svensk muslingebrug successivt blev forringet for alle parametre. Individantal, biomasse og artsantal/biodiversitet faldt i løbet af 2-3 år og artssammensætningen skiftede, så store organismer som slangestjerner og forskellige infaunale muslingearter forsvandt og blev erstattet af opportunistiske og ilttolerante børsteorme. Indledningsvis steg biomassen af muslinger i form af afstødte, nedfaldne blåmuslinger, men i takt med at disse sank ned i dyndet eller døde under perioder med iltsvind blev også de reduceret i antal og biomasse. Tilsvarende undersøgelser fra andre lande viser et identisk billede, men der er ikke i Danmark gennemført sådanne studier.

### Materialer og metoder

Undersøgelsen er gennemført efter det såkaldte BA-CI design, hvor der tages prøver før (B = before) og efter (A = after) en forventet påvirkning, i dette tilfælde opdræt af muslinger i vandsøjlen, i et kontrolområde (C = control), der forventes at være upåvirket, og i det område (I = impact), hvor påvirkningen forventes at finde sted. Ved 6 opdrætsanlæg i Limfjorden blev der taget bundfaunaprøver på en referencestation 2-400 udenfor uden for anlægget samt på en station lige under anlægget før der var produktion på anlægget og i 2007 (tabel 6.11). Ved anlæg 65, Rotholmen, havde der dog været en produktion da før-prøven blev taget. På hver station blev der taget 8 prøver med en HAPS bundhenter der dækker et indsamlingsareal på 0,0143 m<sup>2</sup>. Efter prøvetagning blev prøverne skyllet, filtreret på sigter (1 mm) og opbevaret i 96% ethanol. Prøverne blev oparbejdet under stereolup på DMU. Data er analyseret for forskelle i biodiversitet med test af similaritet (ANOSIM, med programmet PRIMER) samt med t-test.

**Tabel 6.11.** Anlæg, lokalitet og indsamlingstidspunkter for bundfaunaprøver. Ved hvert anlæg er der indsamlet prøver under anlægget og på en referencestation.

Anlæg	Lokalitet	Før	Efter
65	Rotholmen	August 2005	September 2007
91N	Bjørndrup	November 2004	September 2007
91S	Lysen Bredning	November 2004	September 2007
94	Visby Bredning	Oktober 2004	September 2007
99	Eskær	August 2005	September 2007
101	Hvalpsund	November 2004	September 2007

## Resultater og diskussion

Alle prøver kan karakteriseres ved at være meget arts- og individ-fattige samfund bestående af meget tolerante arter. De fundne dyr var fortrinsvis blåmuslinger og forskellige andre arter af muslinger som hvid pebermusling (*Abra alba*) og hampefrømusling (*Corbula gibba*) samt forskellige børsteorme. Der kunne ikke konstateres nogen signifikant effekt af opdrætsanlæggene på sammensætningen af bundfaunaen (ANOSIM), hvilket primært skyldes, at der var meget få arter i prøverne og der derfor ikke var tilstrækkelig statistisk power til detektere effekter.

Ved at teste for individtæthed og biodiversitet (antal arter pr. prøve) viste der sig dog et andet billede (tabel 6.12 og 6.13). For alle anlæg samlet var der under anlæggene signifikant ( $p < 0,02$ ) færre arter pr prøve efter påvirkning fra opdrætsanlæggene sammenlignet med før anlæggene kom i gang, hvorimod der ikke var en tilsvarende forskel for kontrolstationerne ( $p = 0,99$ ). Der var også et signifikant ( $p = 0,04$ ) fald i antal individer i prøverne under anlæggene fra før til efter, men ikke et tilsvarende fald i kontrolområderne ( $p = 0,99$ ).

**Tabel 6.12.** Gennemsnitligt antal arter pr prøve for bundfaunaprøver indsamlet under 6 forskellige anlæg (Påvirkning) og på kontrolstationer (Kontrol) i efteråret 2004/2005 (før) og efteråret 2007 (efter)

Anlæg	Kontrol		Påvirkning	
	Før	Efter	Før	Efter
65	1,125	0,625	3,25	0,25
91N	1,75	0,25	0,75	0,625
91S	0,875	2	2,625	0,875
94	2,75	2,625	1,375	1,875
99	2,5	1,25	2,875	0,625
101	0,125	2,25	1,625	2
<i>Gennemsnit</i>	<i>1,52</i>	<i>1,5</i>	<i>2,08</i>	<i>1,04</i>

**Tabel 6.13.** Gennemsnitligt antal individer pr prøve for bundfaunaprøver indsamlet under 6 forskellige anlæg (Påvirkning) og på kontrolstationer (Kontrol) i efteråret 2004/2005 (før) og efteråret 2007 (efter)

Anlæg	Kontrol		Påvirkning	
	Før	Efter	Før	Efter
65	3,25	0,625	19,375	0,25
91N	5,625	0,375	1,375	2,375
91S	6,25	4,5	40,375	0,875
94	19	7,5	21	15,5
99	19	2,25	19,75	1,625
101	0,125	37,625	12,5	17,75
<i>Gennemsnit</i>	<i>8,875</i>	<i>8,81</i>	<i>19,06</i>	<i>6,4</i>

En separat analyse for de enkelte anlæg viser, at der for antal arter kun var en signifikant før-efter effekt under anlæggene ved Rotholmen og Eskær og næsten ( $p = 0,07$ ) i Lysen Bredning, mens der for antal individer kun var signifikant før-efter effekt under anlægget ved Eskær.

Bundfauna er ofte heterogent fordelt mellem år og områder og et stort antal prøver vil ofte være nødvendigt for at dokumentere effekter. I fattige bundsamfund vil man endvidere ikke kunne teste på et samlet mål for diversitet. Yderligere er der for nogen af anlæggene tale om anlæg med endnu



begrænset produktion og begrænset antal år med produktion. På trods af, at de undersøgte områder var karakteriseret af i forvejen at være fattige på bundfauna, fandt vi alligevel en effekt af opdrætsanlæggene ved at betragte dem samlet. Isoleret for de enkelte anlæg var der kun signifikante effekter på få af anlæggene og typisk på anlæg med en høj produktion. På den baggrund forudser vi, at yderligere nogle år med fuld produktion vil medføre tydeligere effekter under de enkelte anlæg. De beskrevne undersøgelser var kun tilrettelagt mht. at spore effekter. Hvor stort et areal af havbunden som påvirkes er endnu ikke undersøgt.

## 6.9. Sammenfatning

I denne undersøgelse har vi målt flere parametre, som er relevante for at bedømme effekter af muslingeopdræt i vandsøjlen. Af data kan vi konkludere, at flere af parametrene bliver signifikant påvirket af opdræt af muslinger i vandfasen, men at ikke alle parametre er lige følsomme.

- **Sedimentation**

Sedimentationen var ikke en følsom parameter for påvirkninger fra muslingeopdræt. Dette kan skyldes den alment høje sedimentation i Limfjorden og at sedimentationen vil være meget påvirket af lokale forhold. Kun antallet af fækalier i prøverne viste betydende forskelle mellem stationer, men disse udgør vægtmæssigt kun en lille del af det sedimenterende materiale. Det kan ikke udelukkes, at der under anlæg med fuld produktion i hele anlæggets udstrækning kan måles effekter på sedimentationen.

- **Iltforbrug af fækalier**

Vi kunne konstatere et måleligt iltforbrug hos enkeltfækalier, som var koblet til deres indhold af kulstof. Omsætningen af fækalierne blev stimuleret af sedimentets bakterieflora og de sedimenterende fækalier øgede sedimentets iltforbrug. Med de målte faldhastigheder og de lave vanddybder i Limfjorden vil omsætningen i vandfasen af fækalierne kun udgøre en mindre del af den totale omsætning af fækalierne.

- **Ændringer i sediment**

Af undersøgelsen kan konstateres at det totale indhold af organisk materiale inklusiv indholdet af C, N og total P ikke er en følsom parameter for effekter af muslingeopdræt. Dette er begrundet i de høje indhold af organisk materiale, der i forvejen karakteriserer sedimentet i Limfjorden. Derimod var sulfatreduktionsraten og indholdet af sulfidpuljer samt sulfidfronten i sedimentet tydeligt påvirket af opdræt og kan betragtes som gode indikatorer for tilførsel organisk materiale i form af muslingefækalier. Især er måling af sulfidfrontens placering en nem, hurtig og billig måde at bestemme sedimentændringer.

- **Udveksling mellem sediment og vandfase**

Der var tydelige indikationer på, at sedimentets iltoptag blev påvirket af muslingeopdræt, hvilket under anlæg med fuld udnyttelse af produktionspotentialen kan betyde en forværring af iltforholdene under anlæggene. Ligeledes var frigivelsen af næringssalte signifikant påvirket af de fleste opdrætsanlæg. Der var dog for alle flukse mellem sediment og vand betydelige sæsonmæssige og geografiske variationer. Sidstnævnte kan være forårsaget af

forskelle i hængende biomasse af muslinger på de undersøgte anlæg, men også lokale strømforhold kan have betydning.

- **Bundfauna**

På trods af, at bundfaunaen generelt var fattig på de undersøgte stationer, blev der konstateret effekter på antal arter og individantal af muslingeopdræt, specielt for anlæg med stor produktion. Denne effekt kan være en følge af de forværede iltforhold og forøgede sulfidpuljer.

Samlet set dokumenterer denne undersøgelse, at der er negative miljøeffekter af opdræt af muslinger i vandsøjlen på bunden under anlæggene, men at disse effekter er meget lokale og fortrinsvis forekommer lige under anlæggene. Undersøgelsen dokumentere endvidere, at med den nuværende udnyttelse af opdrætsanlæggene og med de variationer der er i data, er opdrætternes egenkontrol ikke specielt velegnet til at dokumentere eventuelle effekter af opdræt på det enkelte anlæg. En optimering vil kunne ske ved at måle på mere tydelige parametre som sulfidpuljerne (sulfidfrontens placering) og med et større antal replikater på de enkelte stationer til bestemmelse af bundfauna. Egenkontrollen vil endvidere først være af betydning for dokumentation af effekter, når produktionen overstiger omkring 100 t pr år. Denne grænse er dog baseret på et spinkelt materiale. Netop på grund af den generelt ringe udnyttelse af anlæggenes produktionskapacitet er det ikke muligt at forudsige de samlede effekter af flere års fuld udnyttelse af produktionskapaciteten, samt eventuelle synergieffekter for flere anlæg i samme område. Da det kan antages, at produktionen på de enkelte anlæg vil øges i den kommende tid, så anlæggenes kapacitet bliver bedre udnyttet, anbefaler vi, at der senere gennemføres supplerende undersøgelser for udvalgte parametre på anlæg med fuld produktion gennem en årrække.

## Referencer

Baudinet D, Alliot E, Berland B, Grenz C, Plant-Cuny MR, Plante R, Salen-Picard C (1990). Incidence of mussel culture on biogeochemical fluxes at the sediment-water interface. *Hydrobiologia* 207: 187-196.

Christensen PB, Glud RN, Dalsgaard T, Gillespie P (2003). Impacts of longline mussel farming on oxygen and nitrogen dynamics and biological communities of coastal sediment. *Aquaculture* 218: 567-588.

Conley DJ, Kaas H, Møhlenberg F, Rasmussen B, Windolf J (2000). Characteristics of Danish estuaries. *Estuaries* 23: 820-837.

Giles H og Pilditch C (2004). Effects of diet on sinking rates and erosion thresholds of mussel *Perna canaliculus* biodeposits. *Marine ecology progress series* 282: 205-219.

Giles H, Pilditch C, Bell D (2006). Sedimentation from mussel (*Perna canaliculus*) culture in the Firth of Thames, New Zealand: Impacts on sediment oxygen and nutrient fluxes. *Aquaculture* 261: 125-140.

- Grant J, Hatcher A, Scott DB, Pocklington B, Schafer CT, Winter GV (1995). A multidisciplinary approach to evaluating impacts of shellfish aquaculture on benthic communities. *Estuaries* 18: 124-144.
- Holmer Mog Kristensen E (1992). Impact of marine fish cage farming on metabolism and sulfate reduction of underlying sediments. *Marine ecology-progress series* 80: 191-201.
- Holmer M, Ahrensberg N, Jørgensen NP (2003). Impacts of mussel dredging on sediment phosphorus dynamics in an eutrophic Danish fjord. *Chemistry and ecology* 19: 343-361.
- Jørgensen BB (1977). Sulfur cycle of a coastal marine sediment (Limfjorden, Denmark). *Limnology and oceanography* 22: 814-832.
- Jørgensen BB (1982). Mineralization of organic matter in the sea bed – the role of sulphate reduction. *Nature* 296: 643-645.
- Mattson J og Lindén O (1984). Musselodlingarnas effekter på bottenmiljön vid Tjärnö, Strömstad. *Vatten* 40: 151-163.
- Mattson J og Lindén O (1983). Benthic macrofauna succession under mussels, *Mytilus edulis* L. (Bivalvia), cultured on hanging long-lines. *Sarsia* 68: 97-102
- Nizzoli D, Welsh DT, Fano EA, Viaroli P (2006). Impact of clam and mussel farming on benthic metabolism and nitrogen cycling, with emphasis on nitrate reduction pathways. *Marine ecology progress series* 315: 151-165.