

# **Blåmuslingers potentiale ved oprensning af havmiljø**

**The potential of Blue Mussels' ability to clean-up marine environments**



Lasse Tellerup Hansen, Eksamenens nr. 173892

Syddansk Universitet, SDU

Teknisk fakultet

Institut for Kemi-, Bio- og Miljøteknologi

Afleveret 17 / 12 - 2008

**Efterår**  
**2008**

## Synopsis

I dette projekt undersøges blåmuslingers (*Mytilus Edulis*) potentiale ved oprensning af havmiljø. Dette blev gjort, ved løbende at måle næringsstofindholdet i grupper af muslinger, mens de voksede, på to lokaliteter ved Storebælt. Det blev fundet at muslingerne har en jævn optagelse af næringsstoffer, der til en hvis grad er afhængig af de miljømæssige forhold omkring dem. Derfor kan muslingerne med størst fordel høstes ved en samlet maksimal biomasse omkring starten af december.

I et case study, blev der givet et estimat på omkostninger, ved oprensning af næringsstoffer udledt fra et havbrug. Dette viste, at der vil være betydelige omkostninger ved dette, og en sammenligning med omkostningerne ved tilsvarende næringsstoffjernelse for almindelig spildevandsrensning, viste at muslingeoprensning er langt dyrere, men at den dog har nogle fordele.

## Abstract

In this project the ability of blue mussels (*Mytilus Edulis*) to clean-up marine environments were examined. This was done by continuously measuring the nutrient content of groups of mussels while they grew at two sites in the Great belt. It was found that mussels have an even absorption of nutrients, which to a certain extent is dependent on environmental conditions around them. Therefore, mussels can with the greatest gain be harvested when they reach a collective maximum in biomass around the beginning of December.

In a case study, an estimate of costs of nutrient removal derived from a marine culture of trout. This showed that there would be significant costs by doing this, and a comparison with the cost of similar nutrient removal from common effluent treatment facilities, showed that mussel culturing is much more expensive, but that it does have some advantages.

## Forord

Dette projekt er udarbejdet på institut for Kemi-, Bio- og Miljøteknologi, teknisk fakultet, Syddansk Universitet. Projektet er endvidere udført i samarbejde med Marinbiologisk Forskningscenter, Syddansk Universitet. Projektet er et 7. semester afgangprojekt i forbindelse med uddannelsen i ingeniørfag i Kemiteknik.

Forsøg, målinger og behandling af en række data er udført i samarbejde med Michala K. Møller, hvor hendes projekt også fokuserer på små muslinger, men her i forbindelse med anvendelse til dyrefoder. Hendes- og dette projekt kan derfor med fordel læses sammen, hvis flere aspekter omkring dyrkning af små muslinger har interesse, end de der berøres i dette projekt.

Professor Hans Ulrik Riisgård har ydet støtte i forbindelse med forståelsen af muslingers fysiologi, og de teoretiske sammenhænge forbundet med disse. Dette har været en stor hjælp i forbindelse med udarbejdelse af dette projekt.

Cand.scient. Kim Lundgreen, Marinbiologisk forskningscenter, skal have særlig tak for hjælp med de praktiske aspekter af det eksperimentelle arbejde, herunder udformning af eksperimentelle opsætninger, udsætning af disse samt prøveudtagninger i Kerteminde hver anden uge og transport af disse til Odense.

Ligeledes skal en stor tak lyde til Mads Anker-Jørgensen, Sydfyns Linemuslinger ApS, for hjælp med de eksperimentelle opsætninger i Svendborg, samt udtagning af prøver og bistand med materiale i forbindelse med økonomiske estimeringer.

Per Wind Sørensen skal takkes for assistance i forbindelse med opsættelse af visse beregninger.

Kildehenvisninger er opbygget på følgende vis: (Forfatter eller titel, År). Disse referer til alfabetisk arrangerede kilder i litteraturlisten

## Indholdsfortegnelse

|  |    |
|--|----|
| 1. Projektbeskrivelse .....  | 1  |
| 1.1 Projektoplæg .....   | 1  |
| 1.2 Problemformulering .....   | 1  |
| 1.3 Afgrænsning .....  | 2  |
| 2. Indledning .....  | 3  |
| 3. Teori – Muslinger .....   | 4  |
| 3.1 Dyrkningsmetoder .....   | 9  |
| 3.1.1 On-bottom .....  | 9  |
| 3.1.2 Off-bottom .....   | 9  |
| 3.2 Iltsvind .....   | 13 |
| 4. Førsøgsbeskrivelse .....  | 16 |
| 4.1 Vækstforsøg .....  | 16 |
| 4.1.1 Lokalitet 1 .....  | 16 |
| 4.1.2 Eksperimentelt setup 1 .....   | 17 |
| 4.1.3 Lokalitet 2 .....  | 18 |
| 4.1.4 Eksperimentelt setup 2 .....   | 19 |
| 4.2 Prøveforberedelse .....  | 21 |
| 4.2.1 Prøveudsætning .....   | 21 |
| 4.2.2 Forberedelse af prøveindivider .....   | 22 |
| 4.3 Kvælstofbestemmelse .....  | 24 |
| 4.3.1 Kjeldahl-metoden .....   | 24 |
| 4.3.2 Elementaranalyse .....   | 25 |
| 4.4 Fosfor .....   | 26 |
| 5. Resultater .....  | 29 |
| 5.1 Prøveindividernes vækst .....  | 29 |
| 5.1.1 Sammenligning af de to lokaliteter .....   | 34 |
| 5.2 Nitrogenmetode .....   | 40 |
| 5.2.1 Metodefastlæggelse .....   | 40 |
| 5.2.2 Kjeldahl .....   | 40 |
| 5.2.3 Elementaranalyse .....   | 41 |
| 5.3 Nitrogen .....   | 43 |
| 5.3.1 Elementaranalyse af vækstforsøgsprøver .....   | 43 |
| 5.4 Fosfor .....   | 46 |
| 6. Optimalt høsttidspunkt .....  | 52 |
| 7. Case – Musholm Lax .....  | 57 |
| 7.1 Lokale forhold .....   | 58 |
| 7.2 Valg af dyrkningssystem .....  | 62 |
| 7.3 Omkostninger ved dyrkning .....  | 62 |
| 7.4 Diskussion .....   | 67 |
| 8. Omkostninger ved fjernelse af næringsstoffer af muslinger vs. spildevandsrensning ..... | 68 |
| 9. Diskussion .....  | 70 |
| 10. Konklusion .....   | 72 |
| 11. Litteraturliste .....  | 74 |

## **Bilagsliste**

|                 |  |
|-----------------|--|
| <b>Bilag 1</b>  | <b>Prøveforberedelse</b>                               |
| <b>Bilag 2</b>  | <b>Elementaranalyseresultater</b>                      |
| <b>Bilag 3</b>  | <b>Vækstforsøg</b>                                     |
| <b>Bilag 4</b>  | <b>Forhold i Kertinge Nor &amp; Lindelse Nor</b>       |
| <b>Bilag 5</b>  | <b>Kjeldahl</b>  |
| <b>Bilag 6</b>  | <b>Nitrogen</b>  |
| <b>Bilag 7</b>  | <b>Fosfor</b>  |
| <b>Bilag 8</b>  | <b>Indhold i høstet musling</b>                        |
| <b>Bilag 9</b>  | <b>Økonomi</b>   |
| <b>Bilag 10</b> | <b>Elektronisk udgave af projekt m. bilag (Cd-rom)</b> |

# 1. Projektbeskrivelse

## 1.1 Projektoplæg

Muslinger og andre skaldyr har i flere årtusinder været en del af menneskets kost og i de seneste århundrede er man mere målrettet begyndt at dyrke muslingerne i store mængder på banker med gunstige vækstforhold. Man er derfra, i høj grad, gået over til at dyrke muslingerne oppe i vandsøjlen, hvilket giver muslingerne adgang til større mængder af næring for hurtigere vækst, samt renere overflader hvilket gør dem mere appellerende ved salg til konsum.

Man er dog de seneste år blevet opmærksom på andre mulige anvendelser af disse muslinger, herunder i forbindelse med fjernelse af en række næringsstoffer samt at binde CO<sub>2</sub> i deres skaller i form af calciumcarbonat.

## 1.2 Problemformulering

Der bliver stadig højere krav til kvaliteten af vandmiljøet i de danske farvande. Dette ses i vandmiljøplan III der i 2004 blev vedtaget af den daværende regering. Målet i denne er at mindske udledning af fosfor med 50 % i år 2015 i forhold til udledningen i 2001/2002 (32.700 ton P) samt mindske udledning af kvælstof med 13 % til år 2015 i forhold til år 2003. Dette søges hovedsageligt nået gennem MVJ – MiljøVenlige Jordbrugsforanstaltninger. Disse dækker hovedsageligt over etablering af randzoner på 9 meter omkring vandløb beliggende op ad jordbrug, etablering af vådområder samt etablering af skovbrug. Det fremgår dog af statusnotat fra 2006 (Statusnotat, 2006) at det fulde planlagte omfang af disse virkemidler ikke vil kunne nås inden 2015. En alternativ metode til at supplere denne oprensning kan være ved hjælp af dyrkning af blåmuslinger (*mytilus edulis*) som gennem deres opvækst optager en række næringsstoffer, heriblandt fosfor og kvælstof. Disse kan så høstes og derved fjerne næringsstofferne fra vandmiljøet. Der er dog begrænset viden omkring hvordan næringsstofindholdet i muslingerne udvikler sig over tid, som muslingerne vokser.

### **1.3 Afgrænsning**

Det er vigtigt at forstå blåmuslingers adfærd og fysiologi for at kunne arbejde med dem, så dette vil blive beskrevet i et generelt afsnit om muslinger. Endvidere vil det blive undersøgt hvordan indholdet af kvælstof og fosfor varierer under vækst over en periode på omkring 12 uger på mindst to forskellige lokaliteter. Her bestemmes proteinindhold vha. elementar (CHN)-analyse, fosfor vha. kolorimetrisk metode, tørstof, aske, skallængde og kød/skal andel. Disse målinger vil kunne bruges til at give et bud på muslingers potentiale til oprensning af havmiljøer samt at give et bud på det optimale tidspunkt at høste muslingerne på mht. til næringsstoffjernelse, økonomi og praktiske betragtninger. En sammenligning med andre alternativer til anvendelse af muslinger vil blive opstillet. Der vil i øvrigt blive regnet på et case hvor en øget næringsstofudledning fra et udvidet havbrug (Musholm Lax) vil blive oprenset af muslinger.

## 2. Indledning

Samfundet bruger årligt store ressourcer på at oprense spildevand for at begrænse udledningen af bl.a. næringssalte til miljøet, og der stilles stadigt højere krav til kvaliteten af vandmiljøet.

Samtidig forskes der meget i viden, der vil gøre det muligt at udvide den danske muslingeproduktion drastisk inden for de næste årtier. Et projekt der har netop dette som formål er i starten af 2008 påbegyndt. Dette projekt, MarBioShell<sup>1</sup>, har deltagere fra en lang række universiteter, DHI og en række erhvervspartnere. Projektets overordnede mål er at opnå viden der vil gøre det muligt for erhvervet at dyrke muslinger i stor skala i Danmark, på en miljømæssig bæredygtig, og rentabel måde. Perspektivet med dette projekt er at muliggøre en produktion på 50.000 til 100.000 tons muslinger årligt inden år 2020.

I lyset af dette, vurderes det relevant at undersøge muslingers potentiale i forbindelse med fjernelse af næringsstoffer fra havmiljøet.

---

<sup>1</sup> [Marbioshell.biology.sdu.dk](http://Marbioshell.biology.sdu.dk)



### 3. Teori – Muslinger

*Mytilus Edulis*<sup>2</sup> (Opkaldt af Linnaeus, 1758) bedre kendt som blåmuslingen hører under gruppen bløddyr i klassen *bivalvia* som hentyder til de to kapperør der bruges til at forsyne gællerne med vand. Blåmuslingen kan genkendes på sin karakteristiske form og blå-sort farve. Denne kan dog variere en del, og blåmuslingen kan også ofte ses i nuancer af lilla og brun. Små

muslinger vil oftest være brune, og med alderen antage de førnævnte farver da det yderste brune lag ofte slides af og afslører de underliggende farver.

Blåmuslingen når normalt en størrelse på 10 cm i skallængde, hvor de største eksemplarer, der dog sjældent ses, kan nå en størrelse på 15-20 cm (Gosling, 1992). Hastigheden med hvilken blåmuslinger vokser kan variere kraftigt, alt efter hvor gunstige vækstbetingelserne er. Dette ses også af at det er fundet at muslingerne kan vokse op til 60-80 mm pr. år under optimale forhold. Maksimalt kan individer nå en størrelse på 20-30 mm over en periode på 15-20 år (Gosling, 1992). Blåmuslingen har en stor tendens til at leve i tætte grupper med op til 5-6 lag af muslinger oven på hinanden for beskyttelse mod strøm og fjender. Dette kan dog føre til at de inderste muslinger under mindre gunstige forhold, som f.eks. om vinteren, kan blive ”kvalt”. Dette skyldes at muslingerne oven over optager hovedparten af føde samt udskiller fæces. Hvis de inderste muslinger dør kan hele laget blive revet løs og muslingerne bliver udsatte og sårbare (Richardson et al., 1990). Blåmuslinger kan leve i et forholdsvist bredt interval af saliniteter fra omkring 4-5 ‰ (Kautsky, 1982) i Østersøen til de omkring 35 ‰ der normalt findes i havene. Vækst ved den nedre grænse er dog meget begrænset. Det at muslingen kan fungere i brakvand gør at den ofte ses i fjorde og Nor, som giver muslingen gode vækstbetingelser.

*Mytilus Edulis* kan også leve i et forholdsvist bredt temperaturinterval fra omkring frysepunktet, hvor den også kan klare korte perioder med frost, til omkring 25 °C hvor væksten på muslingerne falder drastisk.

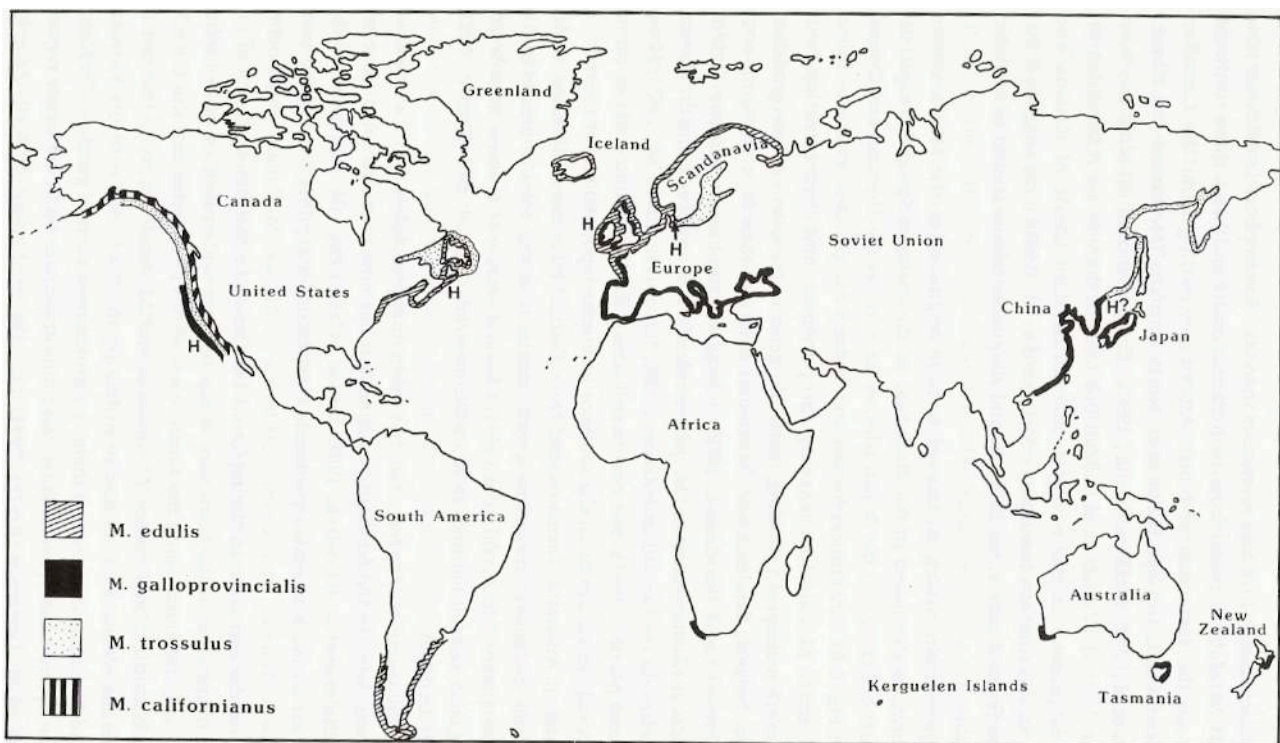


Figur 1 Blåmusling - *Mytilus Edulis* (urnerbarry)

<sup>2</sup> Kan oversættes fra latin til ”spiselig musling”

Muslingen lever ofte i brændinger og lignende områder med kraftige miljøpåvirkninger. Dette er muligt for blåmuslingen da den kan hægte sig fast til overflader med sine stærke byssustråde. Disse består af en proteinblanding muslingen kan udskille fra bunden af dens fod som hærdet i vand. Med muslingens fod kan den hægte trådene fast til dens nærmeste omgivelser og derved sikre sin placering.

Blåmuslingens tilpasningsevne til forskellige saliniteter og temperaturer gør at den findes i store dele af Atlanterhavet og dele af Stillehavet som ses herunder:



Figur 2 Forekomster af muslinger verden over. H = hybridisering (Gosling, 1992)

Muslingen skaffer føde ved at pumpe vand gennem sine gælder der gennem tiderne har udviklet sig fra udelukkende at sørge for respiration til nu, hovedsageligt, at filtrere føde for muslingen hvor respirationen sikres gennem den store vandgennemstrømning. Mængden af væske muslingen filtrerer over tid, filtrationsraten, er for *Mytilus Edulis* fundet til:

$$F = 7,45 \cdot W^{0,66} \text{ (Riisgård \& Møhlenberg, 1979)}$$

Hvor:

F = filtrationsraten [l/h]

W = tørvægten af køddelen af muslingen [g]

Samtidig kan tørvægten estimeres ud fra skallængden af muslingen ud fra følgende sammenhæng:

$$W = 18,8 \cdot 10^{-6} \cdot L^{2,66} \text{ (Marin, 2007)}$$

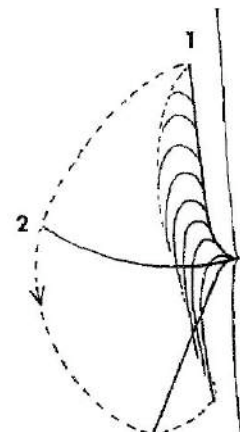
Hvor:

L = Skallængden af blåmuslingen [mm]

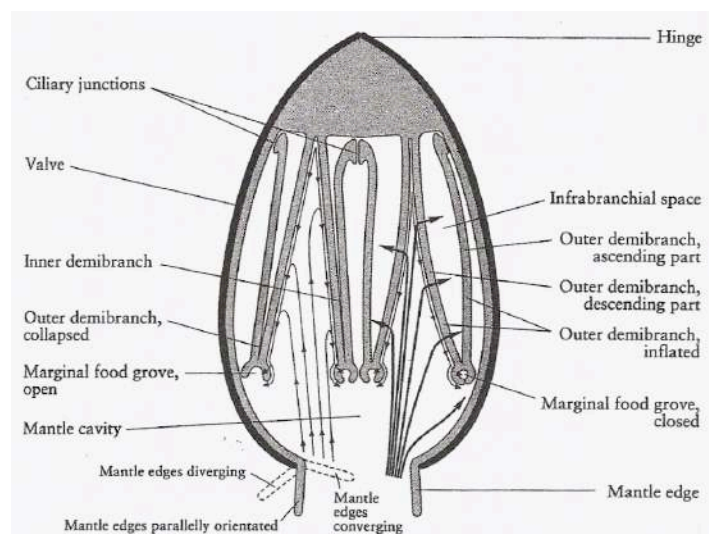
Deraf kan det f.eks. ses at en blåmusling på 8 cm kan filtrere omkring  $12,4 \frac{l}{h}$  under fordelagtige forhold, hvilket giver en hel muslingebanke et enormt filtrationspotentiale.

Blåmuslingens gæller har også vist sig at være ganske effektive filtre der kan præstere 100 % partikelretention ned til 4  $\mu\text{m}$ , og kan i mindre grad tilbageholde partikler helt ned til 1  $\mu\text{m}$  (Riisgård & Møhlenberg, 1978). hvilket vil sige de fleste typer plankton helt ned til pikoplankton, hvilket f.eks. er bakterier.

Blåmuslingen pumper væske gennem sine gælder vha. såkaldte cilia som er små "arme" på ca. 30  $\mu\text{m}$ . Disse sieder tæt sammen på gællen i rækker og bevæger sig i bølger og danner derved en pumpeeffekt. Samtidig opfanges forbigående næring der vha. specielle transportveje for enden af gællerne føres ned til muslingens mund. Som det ses i fig. 4 er muslingens gæller opbygget som 2 W'er.



Figur 3 Et Cilia slag (Aiello & Sleight, 1972)



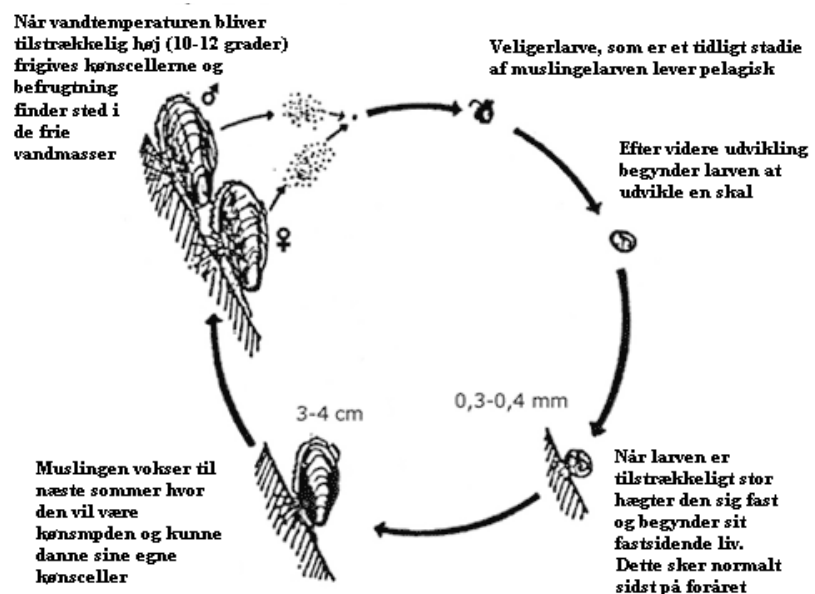
Figur 4 Opbygning af blåmusling (Jørgensen, 1975)

Det er fundet at muslingen kun ved meget lave planktonkoncentrationer ændrer sit pumpemønster, så muslingen filtrerer ved de fleste tilfælde med en konstant rate og regulerer ikke sin filtrationsrate (Riisgård et al., 2003). Det eneste der har en indflydelse på muslingens filtrationsrate under normale forhold er temperaturen af vandet muslingen filtrerer. Dette skyldes at viskositeten af vand ændrer sig med temperaturen, hvilket vil sige cilia'erne skal skubbe en tykkere væske ved lave temperaturer end ved tempererede temperaturer (Jørgensen et al., 1990).

Muslinger er særkønnede dyr (kan i sjældne tilfælde optræde som tvekønnede) og reproducerer ved at gyde æg og sæd ud i havstrømmene hvor befrugtningen finder sted. Muslingen kan under gunstige forhold være kønsmoden efter omkring 1 år. Mængden af æg, en enkelt musling kan producere, varierer hovedsageligt med størrelse, men også med fødetilgængelighed, og kan ligge mellem 5 og 50 millioner æg om året (Tyler-Walters, 2002). Når vandet når en temperatur på 10-12 °C om foråret gyder muslingerne (oplyst ved MarbioShell møde). Hvis muslingen har tilstrækkelige energireserver kan en sekundær gydning sidst på sommeren finde sted.

Under optimale forhold kan de dannede larver være færdigudviklede på omkring 20 dage, hvor det dog er mest normalt at det tager 1-2 måneder alt efter temperatur, salinitet og fødetilgængelighed (Tyler-Walters 2002).

Efter larven har hængt sig fast til en overflade gennemgår den metamorfose og omdannes fra larve til musling. Herefter bruger muslingen den energi den kan på at vokse. Muslinger kan blive 20-30 år gamle hvis de ikke bliver bytte for et af deres rovdyr inden.



Figur 5 Beskrivelse af livscyklus for *Mytilus Edulis*, efter illustration af Lars-Ove Loo (Miljømusslor, 2007)

Mange dyr nyder godt af de næringsrige blåmuslinger på trods af deres hårde beskyttende skal.

Her kan bl.a. nævnes strandkrabben (*Carcinus maenas*), den almindelige søstjerne (*Asterias rubens*) div. fladfisk, samt en række fugle, her især edderfuglen (*Somateria mollissima*).

Edderfuglene kan spise deres egen kropsvægt i skaldyr, hvilket vil sige en edderfugl kan spise 1,5-2 kg om dagen. Edderfuglen har det dog med at fjerne store klumper og finde de bedste muslinger når de fouragerer, og kan derfor rydde store mængder muslinger.



**Figur 6 Eddefugl (*Somateria mollissima*)  
(Eider, 2008)**

### **3.1 Dyrkningsmetoder**

Muslingedyrkning kan generelt deles op i to kategorier: On-bottom dyrkning, og Off-bottom dyrkning. Begge metoder har været brugt i århundreder og bliver stadig brugt i dag.

#### **3.1.1 On-bottom**

On-bottom muslingedyrkning er i princippet den mest simple form for muslingedyrkning, hvor muslingerne gror på havbunden og skræbes op når de har nået en passende størrelse (45 mm). Først opsamles spat der er små muslinger på 10-30 mm, som derefter bliver overført til kulturbanker, som er specielt velegnede områder til muslingevækst i forhold til fødetilgængelighed, prædatation, temperatur osv. Ved overførsel kan mængden af spat, bankerne bliver tilført, varieres så det størst mulige udbytte opnås. Efter ca. 2-4 år (kommer an på forholdene) kan muslingerne høstes ved at skrabe dem af bunden (Gosling, 1992, Petersen & Loo). Denne metode er forholdsvis arbejdskrævende.

Grundet Muslingernes forholdsvis langsomme vækst har de tykke skaller, hvilket gør dem gode til fersk konsum, da de let bevarer intakte. Der vil dog skulle bruges en del ressourcer på rensning af muslingernes skaller, da der i høj grad gror alger, ruer o. lign. på muslingerne, hvilket forringer deres visuelle kvalitet.

#### **3.1.2 Off-bottom**

En lang række metoder bliver benyttet ved Off-bottom dyrkning. Fælles for dem alle er dog, at man i større eller mindre grad undgår prædatation fra bundlevende dyr, gør større mængder føde tilgængelig for muslingerne og tilføjelsen af en 3. dimension i forhold til den todimensionelle on-bottom dyrkning og i de fleste tilfælde gør det muligt med et langt større udbytte pr. m<sup>2</sup>.

Det menes at den første off-bottom dyrkning af muslinger, i større omfang, skete med den franske tilgang til dette, som kaldes "bouchot" dyrkning (Petersen & Loo).



**Figur 7 Bouchot-pæle i Frankrig (Petersen & Loo)**

Bouchotdyrkning sker ved at spat dyrkes på vævede kokosfibre eller bændler. Disse opsamles og overføres til strømper som derefter snoges om egepæle med bark, der normalt har en diameter på 20-30 cm, placeret i tidevandszonen. Pælene står normalt med ca. 50 cm mellem hver i rækker parallelt med kysten. Efter montering spreder muslingerne sig ud på pælene og hægter sig fast med byssustråde. Muslingerne høstes med en speciel skraber der frigør muslingerne fra pælene. Bouchot dyrkning kræver omkring 3 meter tidevand. Det at muslingerne lever i tidevandszonen gør at deres lukkemuskel styrkes (Petersen & Loo, Gosling, 1992).

I Spanien anvendes flåder (bateos) på mellem 100-500 m<sup>3</sup>, hvorfra der kan hænge mellem 200 og 700 muslingeliner, hvilket giver mellem 20 og 100 tons muslinger (Middelhavsblåmusling, *Mytilus galloprovincialis*). Disse flåder er forholdsvis sårbare over for vind og vejr, og skal derfor placeres i læ for dette. En vanddybde på omkring 15 meter er i øvrigt at foretrække med denne metode (Gosling 1992, Petersen & loo).

I Italien bruges ofte stativer, hvor bomme af træ ligger imellem, hvorfra der hænger

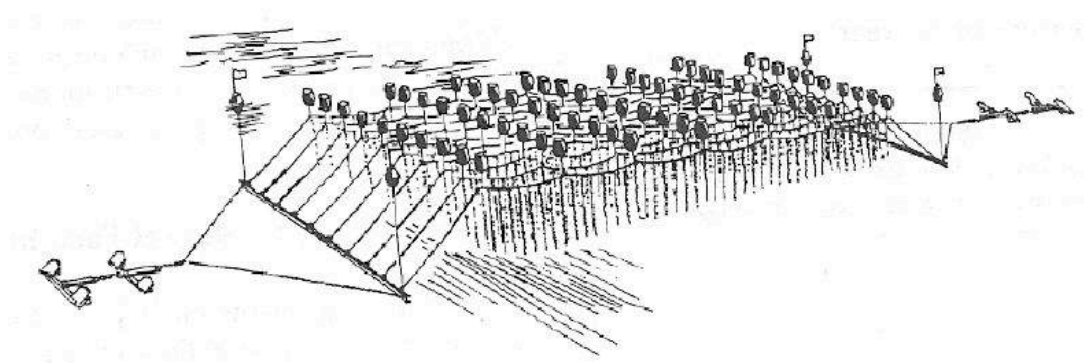


**Figur 8 Italiensk "Pergolari" (Visita-delta, 2008)**

muslingereb. Dette gøres ligesom ved den spanske metode på dybere vand. (Petersen & Loo, Gosling, 1992)

En af de mest udbredte metoder for moderne muslingedyrkning er langlinedyrkning. Disse fungerer ved at en række parallelle lange liner holder muslingeliner, eller søkker, under sig. Langlinerne er forankret til bunden og holdes flydende med bøjer. Mange forskellige udformninger af dette koncept er blevet udviklet. Her beskrives en række af dem:

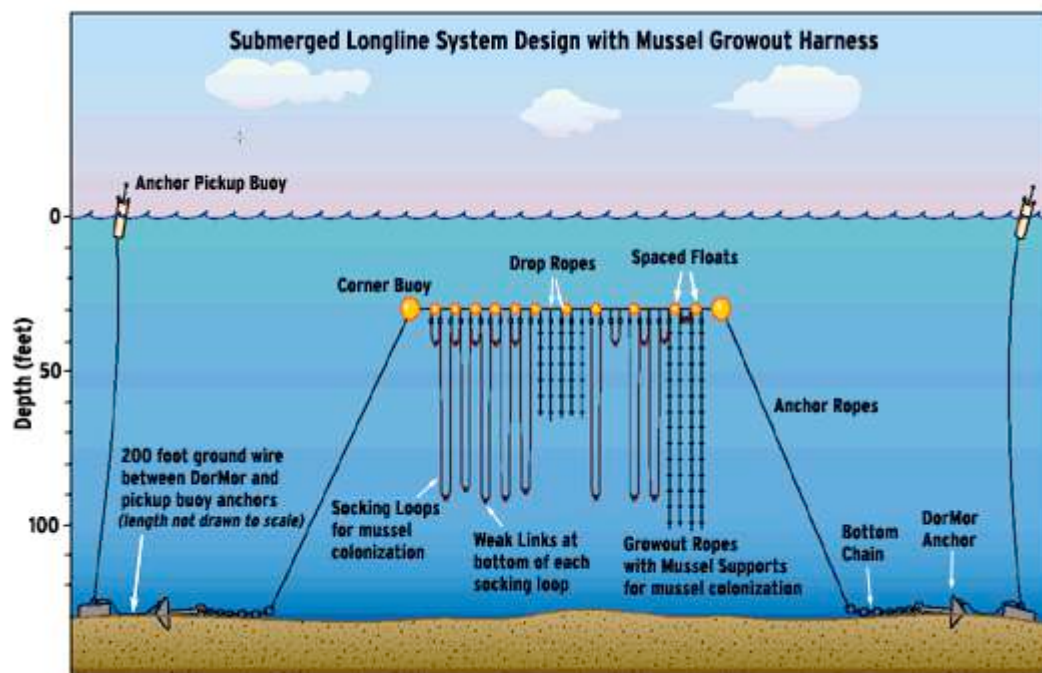
Den ”Svenske” model:



Figur 9 Principskitse af et svensk anlæg (Petersen & Loo)

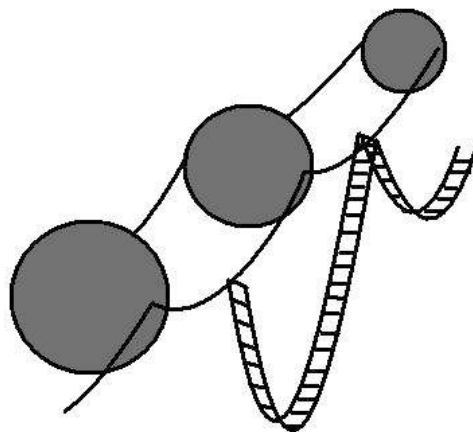
Ved den Svenske model er langliner, normalt 10-15, ophængt mellem ankere i hver ende. Fra langlinerne hænger såkaldte bændler ned med mellemrum på mellem 40 og 60 cm. Hensigten med dette design er at muslingelarverne naturligt sætter sig på nylonbændlerne, og uden yderligere håndtering når voksen størrelse ca. et år senere, hvor muslingerne kan høstes. Dette system er dog forholdsvist sårbart over for forholdende på åbent hav og især overfor is. Et andet langlinesystem er i Canada (Prince Edward) blevet udviklet til at håndtere isvintre og hårdt vejr. Denne model er af den såkaldte undersænkede type hvor langlinerne holdes under vandoverfladen med blokankre. Det eneste der kan ses fra overfladen er linemarkeringsbøjer. Med dette system bliver muslingerne først dyrket som spat på specielle spatreb om foråret, og bliver sidst på sommeren lagt i strømper der hænges på langlinerne. Muslingerne hænger, alt efter forholdende, ca. et år hvorefter de høstes. Grundet håndteringen undervejs i vækstforløbet er denne metode langt mere arbejdskrævende end den Svenske model. Langlinerne har også hvert deres sæt ankere, så for at undgå sammenfiltring må linerne også hænge med noget større afstand til hinanden end ved den Svenske model.





Figur 10 Canadisk undersænket langlinemodell (Whoi, 2008)

En række modificerede udgaver af disse systemer er de seneste år blevet udviklet. Heraf kan nævnes det skotske Xplora system hvor der på hver side af en række bøjer hænger ”trappebændler” der gør det muligt i høj grad at automatisere høsten.



Figur 11 Konceptskitse af Xplora princippet (original)

Et Norsk system kaldet Smartfarm, søger også at minimere mængden af arbejde der kræves ved muslingedyrkning, igen ved en høj grad af automatisering, da arbejdsomkostninger er en stor udgift i forbindelse med muslingedyrkning – Især i norden med høje lønninger. Dette er gjort ved at anvende net, i stedet for reb som medie hvorpå muslingerne gror. Dette gør det muligt at ”børste” muslingerne af ved høst, eller udtømning, vha. en speciel høstemaskine. Nettene holdes oppe af

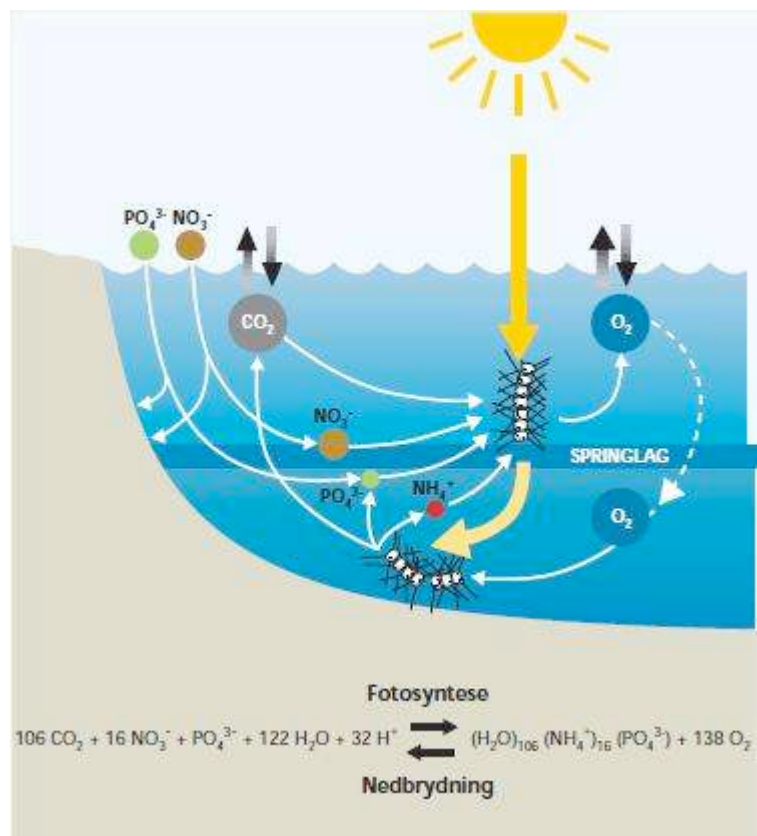
PVC-rør der kan fås i farver efter kundes ønske. Bl.a. Musholm Lax i Reersø har haft et pilotstykke (1 x 131 meter) af dette system ude, hvor næsten alle muslinger dog, først på efteråret, blev taget af edderfugle.



Figur 12 Billeder af smartfarm-systemet, med høster, høstfartøj, høstning og vækstnet (Smartfarm, 2008)

### 3.2 Iltsvind

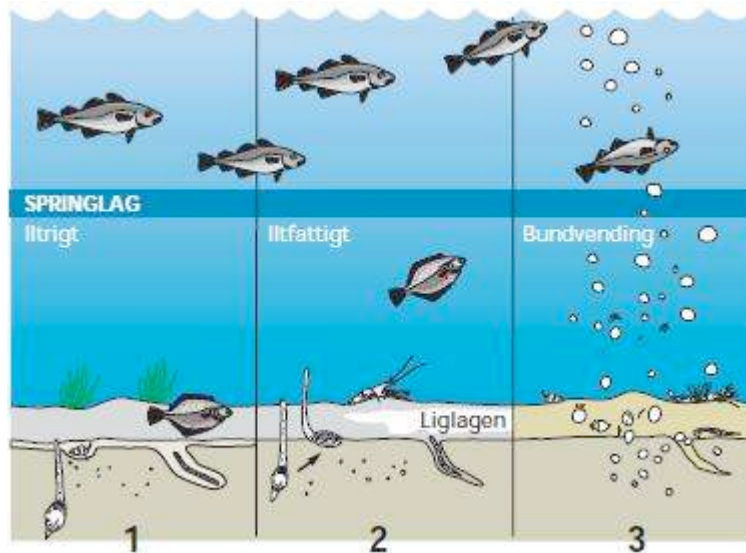
Iltsvind er et fænomen der sker når der i et vandmiljø bliver anvendt mere ilt end der bliver tilført. Balancen mellem de to bliver altså forskudt. Dette sker ved en kombination af en række faktorer som koncentrationen af næringsalte, havstrømme og vejret. Iltsvind er tæt forbundet med mængden af alger i vandet, som igen er meget afhængig af mængden af næringsstoffer. Grunden til denne forbindelse er at når algerne dør, eller bliver spist og udskilt som fækalier, falder de til bunds og bliver nedbrudt, hvilket optager store mængder ilt. Jo flere alger der er tilstede, jo flere vil falde til bunds og blive nedbrudt, og derved udtømme bundområdet for ilt. Da



Figur 13 Balancen mellem fotosyntese og organisk nedbrydning (DMU, 2004)

der kræves sollys til fotosyntese er mængden af alger stærkt afhængig af vejret. Derfor ses iltsvind ofte om sommeren, hvor der heller ikke er en så stor opblanding af ilt, og lavere strøm, grundet mere stille vejr i denne periode. Endnu en faktor der har indflydelse på om iltsvind forekommer, er

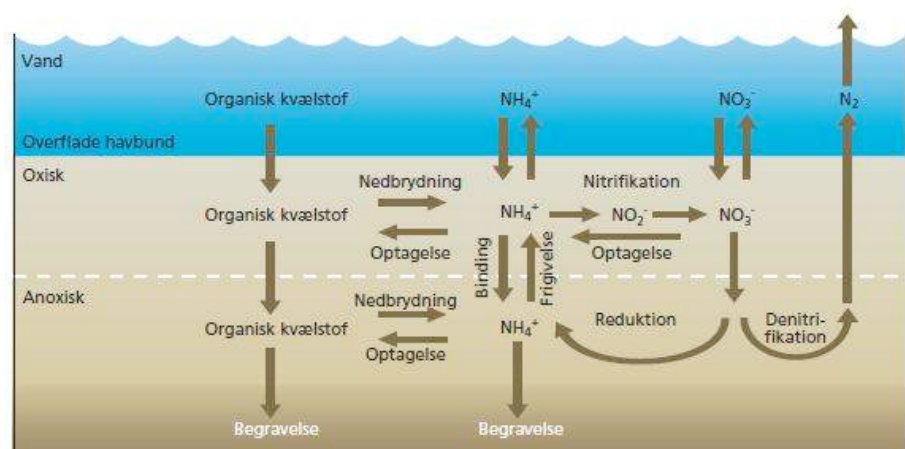
springlag, som er et ”spring” i salinitet og temperatur i vandsøjlen, der igen oftest sker om sommeren. Denne vil også hæmme opblanding af det iltfattige bundvand, med det velopblandende overfladevand.



Figur 14 forskellige stadier af iltforhold (DMU, 2004)

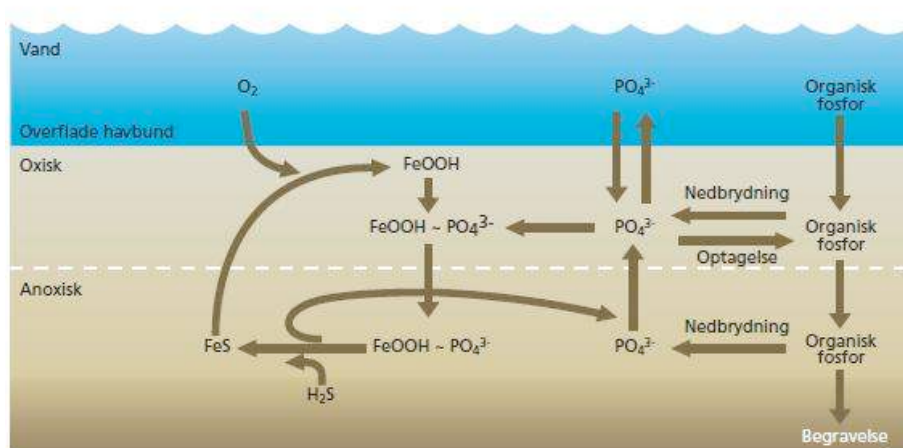
Der er en række forskellige stadier af iltvind. I figur 14 ses almindelige iltede forhold (1), iltfattige forhold (2) hvor bundlevende fisk søger væk fra bunden og bløddyr i bundsedimentet søger op for at prøve at finde mere ilt. Her ses også liglagen, der skyldes såkaldte svovlbakterier, der trives når der ikke er nok jernoxider i bunden til at holde på svovlforbindelser i bunden. Ved bundvending (3) kan svovlbakterierne ikke følge med svovlbrintedannelsen, og denne frigives til vandsøjlen, hvilket fører til død af stort set alt levende i det ramte område.

Det er dog ikke kun svovlbrinter, der gemmes i havbunden. Store mængder nitrogen findes også i bundsedimenterne. Disse er i en række ligevægte bundet i bunden, hvilket kan ses af figur 15



Figur 15 Forskellige typer af kvælstof i bundsedimentet og den indbyrdes sammenhæng mellem disse (DMU, 2004)

Fosfor er ligeledes bundet i bundsedimentet i en række former gennem en serie af ligevægte, som det ses af figur 16:



**Figur 16** Forskellige typer af kvælstof i bundsedimentet og den indbyrdes sammenhæng mellem disse (DMU, 2004)

Ved dyrkning af hængende muslinger vil der uundgåeligt blive dannet en vis mængde fækalier (omkring 35 % af den optagede føde), hvilket vil synke til bunds under muslingerne. Denne tilførsel af organisk kulstof og mineralisering af bunden under muslinger er fundet til at kunne give forhøjede mængder ammoniak samt høje mængder svovlforbindelser med liglagen til følge.

## 4. Førsøgsbeskrivelse

Metoder anvendt til de forskellige forsøg, og nogle af de tanker der er lagt i udformningen af fremgangsmåden vil blive beskrevet i dette afsnit.

### 4.1 Vækstforsøg

For at kunne bestemme det optimale tidspunkt og høste voksende muslinger, må vækstrater, samt kvælstof-, og fosforoptag over tid kendes. Dette kan gøres ved at følge en gruppe muslinger af kendt størrelse og løbende udføre målinger på disse. Det er tidligere fundet at *Mytilus Edulis*, med en størrelse og i forhold tæt på dem der anvendes i dette projekt (15-20 mm), normalt vokser med omkring 1,4-4,1 mm over en periode på 2-2½ uge (Poulsen & Riisgård, 1981). Det blev derfor besluttet at tage målinger hver anden uge for at få en betydelig forskel mellem målepunkterne. Det er i øvrigt også vigtigt at muslingerne ikke er tilgængelig for de mange rovdyr der lever af disse. Dette er forsøgt sikret gennem den måde muslingerne monteres under vækstforsøgende. Muslingerne fastholdes i netposer med 50 muslinger i hver. Poserne er monteret på rektangulære metalrammer der kan holde op til 3 poser hver. Til vækstforsøgene blev 2 målelokaliteter udvalgt.

#### 4.1.1 Lokalitet 1

Beliggende ved Marinbiologisk institut, Syddansk universitet, beliggende i indløbet til Kertinge nor ved havnen i Kerteminde.



Figur 17 - Lokaltet 1 i Kerteminde ved indløbet til Kertinge Nord (google maps, 2008)

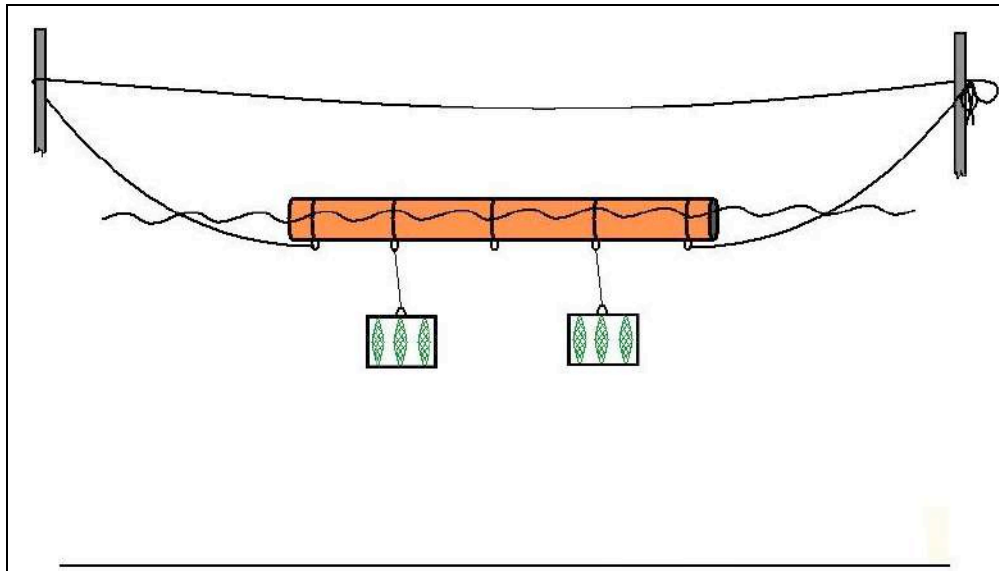
Grundet sin snævre udformning er tidevandsstrømningen ud og ind, forholdsvis kraftig med vandhastigheder op til  $0,5\text{m/s}$ <sup>3</sup>. Muslingerne ligger dog en smule beskyttet for den hårde strøm der kan risikere at "stresse" muslingerne. Grunden til dette er, at de ligger i et indhegnet bassin, der normalt anvendes til marsvin. Så der er høj vandudskiftning uden dog at udsætte muslingerne for "stress", hvilket kan påvirke muslingernes vækstrate. Derfor antages forholdene ved Kerteminde som værende meget gunstige for muslingerne, hvilket en række store nærliggende muslingebanker også antyder.

#### 4.1.2 Eksperimentelt setup 1

Da lokalitet 1 er beliggende i et indhegnet område, har det været muligt at konstruere et setup der ikke er i kontakt med bunden, og derfor gør det umuligt for rovdyr som søstjerner og krabber at komme til muslingerne.

Opsætningen består af et PVC-rør, som er forseglet i begge ender for at give det bæreevne. På dette er monteret en række ringe til fortøjning og montering af muslingenet. I Kerteminde er røret bundet til et "snorrespil", der gør det let at hive røret op og udtage prøver i form af netposer med muslinger.

<sup>3</sup> Oplyst af Kim Lundgreen, Marinbiologisk institut



Figur 18 - Eksperimentelt setup i Kerteminde (original)

### 4.1.3 Lokaltet 2

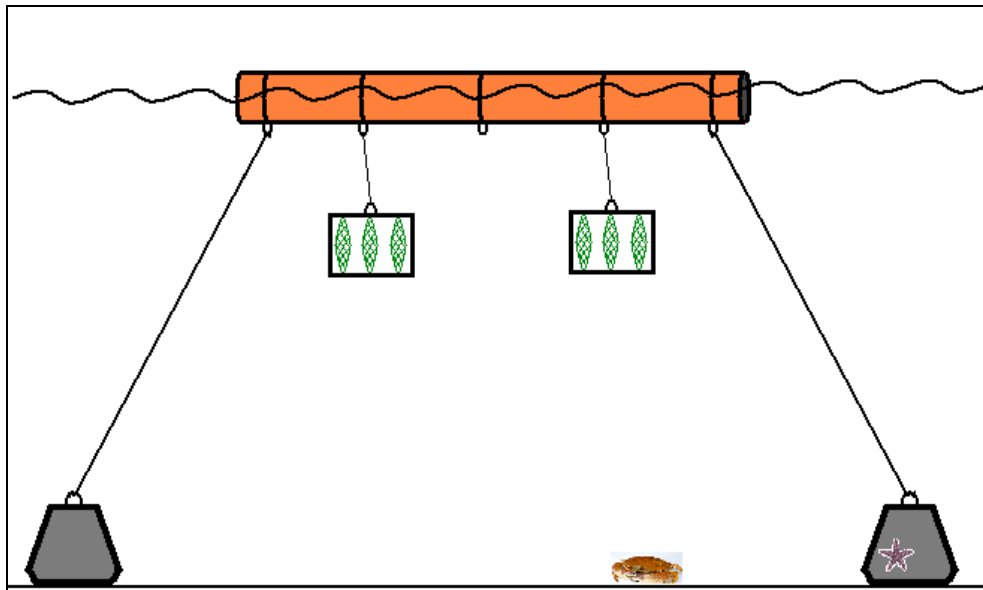
Set-up'et er beliggende i Lunkebugten mellem Langeland og Svendborg. Denne lokalitet er interessant da der her bliver opdrættet blåmuslinger af Sydfyns linemuslinger A/S. Placeringen er forholdsvis åben i forhold til lokalitet 1 med ca. en  $\frac{1}{2}$  km til det nærmeste land. Derfor kan dette område blive udsat for forholdsvis kraftig vind og bølger. Dybden på lokalitet 2 er ca. 8 meter.



Tabel 1 Lokaltet 2 i Lunkebugten ved Svendborg (google maps, 2008)

#### 4.1.4 Eksperimentelt setup 2

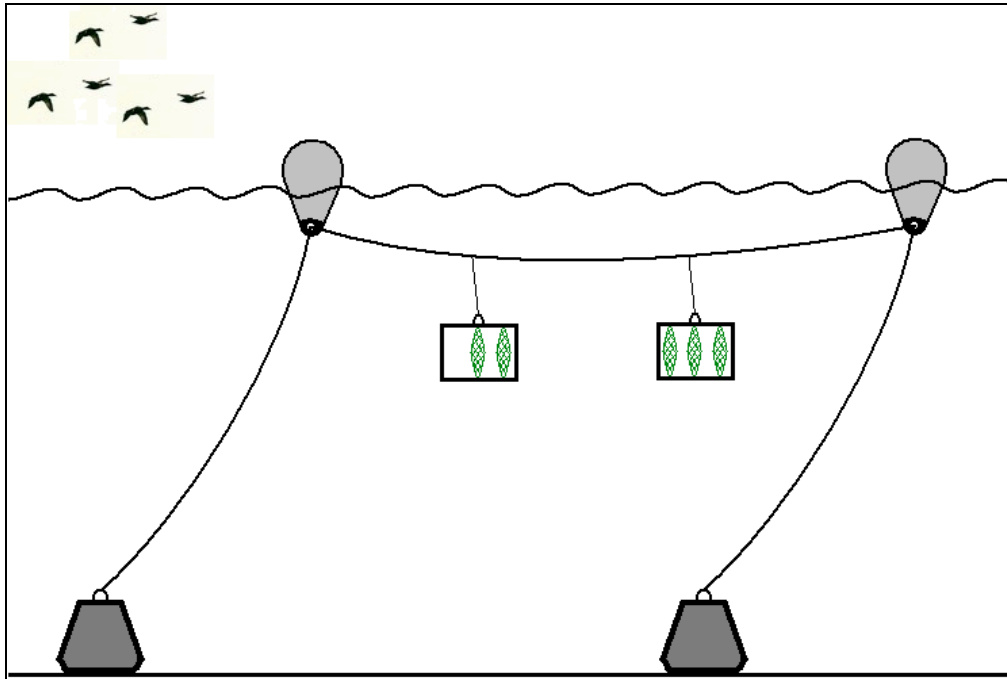
Til lokalitet 2 blev det valgt at lave et lignende setup til det i Kerteminde med den forskel at røret i stedet forankres i hver ende med betonklodser, da dette virkede til at fungere godt i Kerteminde. Ugen efter eksperimentet var blevet sat op viste sig at være stormfuld hvilket resulterede i at opsætningen var forsvundet. Dette kan evt. have skyldtes at ringene på røret kan have gnavet forankringstorvene over.



Figur 19 1. Setup ved lokalitet 2 - Denne gik tabt (original)

Derfor måtte et nyt revideret setup udarbejdes, der bedre vil kunne holde til forholdene til søs. Det blev besluttet at anvende bøjler til at give opdrift i stedet for det forseglede PVC-rør, og derved formentlig påføre rebene mindre slid. Rammerne med muslinger blev monteret på et reb mellem bøjlerne.





Figur 20 2. setup ved lokalitet 2 – Denne vidste sig at fungere (original)

Dette viste sig at være en langt mere holdbar løsning og denne holdte projektet ud.

Nedenfor ses hvornår de forskellige prøver blev udtaget. Heraf ses også de to mislykkede opsætninger

Tabel 2 Her ses hvornår de forskellige prøver udtaget

| Forsøg | Lokalitet 1, 1. forsøg (mislykket)                     | Lokalitet 1, 2. forsøg | Lokalitet 2, 1. forsøg (mislykket)    | Lokalitet 2, 2. forsøg |
|--------|--|------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| Uge 35 | Forsøgsstart   |                        |                                       |                        |
| Uge 36 | (Tjek) – Rovdyr havde taget hovedparten af muslingerne |                        |                                       |                        |
| Uge 37 |  | Forsøgsstart           |                                       |                        |
| Uge 38 |  |                        | Forsøgsstart                          |                        |
| Uge 39 |  | 1. Prøveudtagning      | (Tjek) – Prøve setup'et var gået tabt |                        |
| Uge 40 |  |                        |                                       | Forsøgsstart           |
| Uge 41 |  | 2. Prøveudtagning      |                                       |                        |
| Uge 42 |  |                        |                                       | (Mislykket udtagning)  |
| Uge 43 |  | 3. Prøveudtagning      |                                       | 1. Prøveudtagning      |
| Uge 44 |  |                        |                                       | 2. Prøveudtagning      |
| Uge 45 |  | 4. Prøveudtagning      |                                       |                        |
| Uge 46 |  |                        |                                       | 3. Prøveudtagning      |
| Uge 47 |  | 5. Prøveudtagning      |                                       |                        |
| Uge 48 |  |                        |                                       | 4. Prøveudtagning      |
| Uge 49 |  | 6. Prøveudtagning      |                                       |                        |

## 4.2 Prøveforberedelse

### 4.2.1 Prøveudsætning

Det blev valgt at arbejde med muslinger i størrelsesintervallet 15-20 mm pga. deres håndterbare størrelse og at de sandsynligvis ikke vil miste vækstpotentiale ved at bruge energi på at gyde.

Det blev ved projektets start vurderet at det var nødvendigt med ca. 1,5 g tørt prøvemateriale for at kunne udføre de ønskede analyser på muslingerne. Denne mængde skulle gå til kvælstofbestemmelse og fosforbestemmelse. Fra tidligere forsøg<sup>4</sup> var der blevet indsamlet data, der kunne bruges til at bestemme mængden af muslinger der skulle bruges. Det blev fundet at muslinger med en gennemsnitlig størrelse på 14,6 mm gav ca. 28 mg tørt kød pr. musling<sup>5</sup>. Da muslingerne der anvendes i dette projekt er en anelse større blev det besluttet at anvende 50 muslinger til hver prøveudtagning. Dette burde sikre tilstrækkelige mængder prøvemateriale (>1500 mg) uden at kræve store mængder unødigt arbejde.

Inden vækstforsøgets start skal muslingerne måles så deres skallængde er kendt fra start. Dette gøres ved at måle hvert individ med en skydelære, der hvor skallens længde er størst. Imens laves nummererede netposer med 50 muslinger i hver. Disse fastgøres til hertil konstruerede metalrammer der holder netposerne sikkert på plads og gør det nemmere at udsætte muslingerne ved prøvelokationerne. En gruppe muslinger blev udtaget her til nulprøve.



**Figur 21 Netpose med muslinger fra Svendborg efter 8 ugers vækst (original)**

---

<sup>4</sup> Udført i forbindelse med kurset BB506 Marin- og Brakvandsøkologi, sommeren 2008

<sup>5</sup> Se Bilag 1

#### 4.2.2 Forberedelse af prøveindivider

Ved udtagning af prøver skæres et net fri fra metalrammen og fryses så hurtigt som muligt. Når et belejligt tidspunkt til udførsel af målingerne dukker op kan muslingerne blive tøet op og analyseret. Efter optøning skæres muslingernes lukkemuskler over og de åbnes, og får lov til at dryppe af i ca.

30 min. for at fjerne vand muslingen kan have lukket inde. Derefter skræbes alle bløddele ud af hver enkelt musling med en skalpel. Bløddele og skaller samles i hver deres glaspetriskål med låg. Vådvægten bestemmes på dette tidspunkt. Prøverne tørres nu over natten i et varmeskab ved 105 °C for at fjerne alt fugt. Tørvægten af prøverne bestemmes efter tørring. Prøverne opbevares efter tørring i ekssikator for at undgå optagelse af fugt, hvilket vil hæve vandaktiviteten



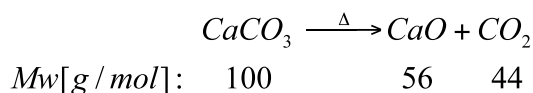
Figur 22 Muslinger åbnet til tørring (original)

og derved øge chancen for at prøverne bliver dårlige, ved at gøre forholdene mere gunstige for mikroorganismer.

For at være sikker på at de fundne resultater er et udtryk for en gennemsnitlig værdi for hver gruppe homogeniseres prøverne. Dette gøres ved at morte de tørrede prøver til fint pulver til en partikelstørrelse på >1 mm. En prøve (100+ mg) udtages i reagensglas til senere elementaranalyse<sup>6</sup>. Resten af prøvematerialet overføres til ildfaste digler og foraskes med zinkoxid, for at fremme oxidationen.

Kødprøverne foraskes i muffelovn ved 550 °C i >4 timer (f.eks. natten over) da dette sikrer fuld foraskning.

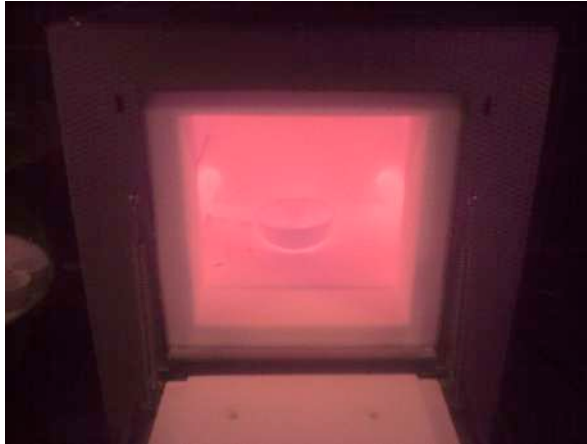
Skallerne foraskes ved 900 °C da dette nedbryder skallernes calciumcarbonat til calciumoxid, hvorved CO<sub>2</sub> frigives. Denne proces sker ved omkring 825 °C (Jtbaker, 2008):



Ligning 1 Termisk nedbrydning af calciumcarbonat

<sup>6</sup> Se evt. afsnit 4.3.2 Elementaranalyse

Dette er fordelagtigt da carbonaten senere hen ved fosforbestemmelsen ville reagere med de syrer der bliver tilsat, hvilket neutraliserer syren samt danner  $\text{CO}_2$  der "bruser" og evt. fører til prøvetab. Det ses i øvrigt også af den ovenstående reaktionsligning, at det kan forventes at skallernes glødetab formentlig vil ligge mellem 40 og 50 %.



**Figur 23 Foraskning af skalprøve ved 900 grader celsius (original)**

### 4.3 Kvælstofbestemmelse

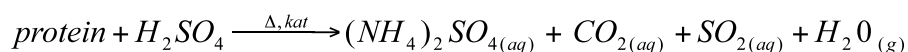
Muslinger optager kvælstof ved opbygning af aminosyre til proteiner. I dette projekt er det vigtigt, at kende mængden af nitrogen, muslingerne har bundet. Der er en række forskellige metoder dette kan fastlægges på. I dette projekt blev to metoder afprøvet, som vil blive beskrevet nedenfor, og den bedste metode mht. præcision og arbejdsbyrde blev valgt til målinger på de endelige vækstforsøgsprøver.

#### 4.3.1 Kjeldahl-metoden

En af de mest gennemprøvede, præcise og udbredte metoder til kvælstofbestemmelse er Kjeldahl-metoden, udviklet af den danske kemiker Johan G. C. T. Kjeldahl i 1883 på Carlsberglaboratoriet i København.

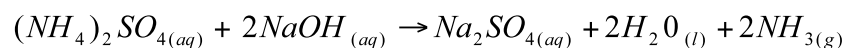
#### Princip:

Prøven destrueres ved opvarmning med koncentreret (98 %) svovlsyre som oxiderer prøven og frigiver det reducerede nitrogen som ammoniumsulfat. Ved destruktionsen tilsættes også kaliumsulfat og cuprisulfat i form af kjeltabs der hhv. hæver opløsningens kogepunkt og katalyserer processen. Dette kan også skrives som:

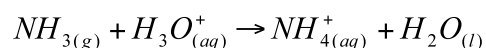


**Ligning 2 Destruktion af prøvemateriale**

Ammoniak frigives herefter ved tilsætning af natriumhydroxid, hvorefter der destilleres over i et overskud af saltsyre. Gennem tilbagetitrering med natriumhydroxid kan mængden af ammoniak bestemmes ved omslag af methylrødt-indikator:



**Ligning 3 Frigivelse af ammoniak**



**Ligning 4 Destillering over i overskud af syre**

**Fremgangsmåde<sup>7</sup>:**

På nitrogenfrit vejepapir afvejes 0,1500 g prøve. Papir og prøve overføres derefter til destruktionsrør. Der udføres dobbeltbestemmelse på samtlige prøver.

2 kjeltabs samt pimpsten tilsættes hvert destruktionsrør. Efterfølgende tilsættes 15,0 ml 98 % svovlsyre. Prøverne undergår derefter destruktion efter et forudbestemt program på en Foss Kjelted destruktionsblok med udsugning ved 420 °C. Efter afkøling tilsættes prøverne forsigtigt 80 ml dem. H<sub>2</sub>O. Der forberedes 250 ml forlagskolber med 25 ml 0,1 M HCl samt ca. 10 dråber methylrødt-indikator. De destruerede prøver i destruktionsrør monteres enkeltvis på et Foss Kjelted 2100 destillationsapparat som tilsætter 60 ml 32 % natriumhydroxid og destillerer den dannede ammoniak over i den forberedte forlagskolbe over 5 minutter. Til sidst tilbagetitreres prøverne med 0,1 M NaOH til omslag (fra lyserød til gråblå)

**4.3.2 Elementaranalyse**

En anden måde at fastlægge indholdet af kvælstof i en given organisk prøve er vha. af en elementaranalyse. Ved denne får man sædvanligvis oplysninger om mængden af kulstof (C), brint (H), kvælstof (N) og nogle gange svovl.

**Princip**

Ved elementaranalyser er der en række forskellige fremgangsmåder der kan følges. I dette tilfælde sker analysen ved at prøven først mineraliseres ved 1020 °C. Prøven omdannes til en række gasarter heriblandt CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> m.m. og disse detekteres kvantitativt vha. af gaskromatografi.

**Fremgangsmåde**

Alt efter mængden af organisk materiale der forventes at blive fundet i prøven afvejes mellem 1 og 30 mg tørret prøve. Den afvejede prøvemængde placeres i en tinkapsel som forsigtigt foldes sammen til en lille kugle. Disse placeres herefter i en autosampler, hvorefter prøven behandles

---

<sup>7</sup> Efter "Bestemmelse af totalt nitrogen i fødevarer ved kjeldahlmetoden" rekvireret fra laboratoriet på teknisk fakultet, SDU.

automatisk af analysatoren<sup>8</sup> der elektronisk giver resultaterne. For anvendte prøvemængder se bilag 2

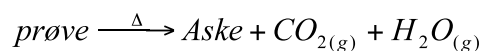
#### 4.4 Fosfor

Som det ses i afsnit 3.2 er fosfat en af de næringsstoffer der kan medvirke til øget algevækst, og er derfor uønsket i forhøjede mængder i de danske farvande. Muslinger binder fosfatforbindelser både i deres væv og, i begrænset omfang, i deres skaller. En række forskellige metoder til bestemmelse af dette blev overvejet, heriblandt ”Bestemmelse af phosphat i en jordprøve” (Af Ole Wernberg, kemisk institut, SDU, 1978), DS/ISO 2294 ”Kød og kødprodukter: Bestemmelse af total fosforindhold” m.fl. Det blev dog valgt at anvende NMKL (Nordisk MetodeKommitté for Levnedsmidler) No. 57 ”Fosfor. Spektrofotometrisk bestemmelse efter tørforaskning i levnedsmidler” Da denne var den mest dækkende for muslinger og den mest beskrivende i forhold til den eksperimentelle udførsel.

##### Princip:

Fosforindholdet i prøverne bestemmes vha. af en spektrofotometrisk måling af en blå fosfor-molybdatforbindelse der dannes gennem en række trin.

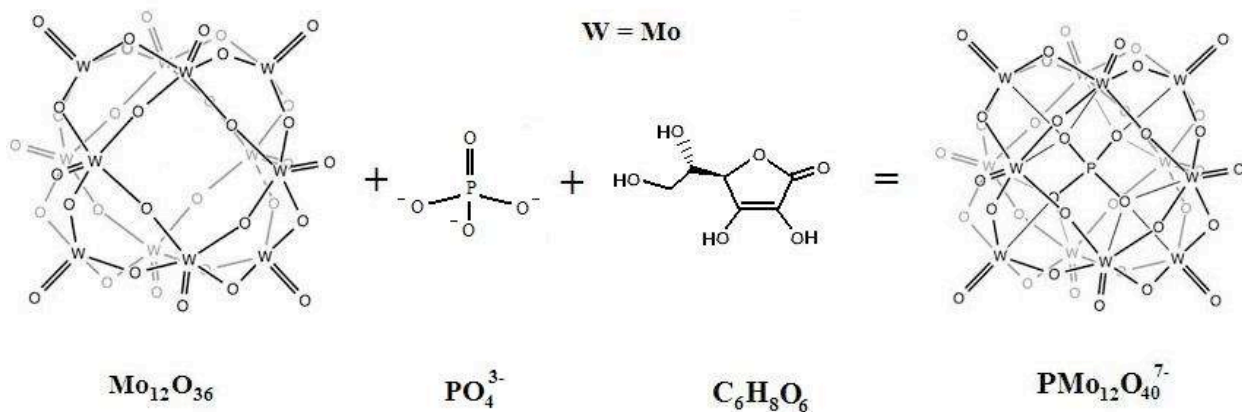
Først fjernes organisk materiale fra prøven ved foraskning, hvilket efterlader en aske hovedsageligt bestående af syreopløselige salte og metaloxider.



Prøven opløses i syre og tilsættes en molybdat-askorbinsyreopløsning og varmes. Herved dannes den blå fosfor-molybdatforbindelse med de tilstedeværende fosforforbindelser. Askorbinsyren tilsættes for at reducere komplekset  $\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}^{3-}$  med  $\alpha$ -Keggin struktur til det blå kompleks  $\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}^{7-}$  med  $\beta$ -Keggin struktur (Barrows et al., 1984). Her kunne der f.eks. også anvendes  $\text{SnCl}_2$ . Intensiteten af denne kan måles spektrofotometrisk og sammenholdes med en standardkurve, hvilket giver en koncentration.

---

<sup>8</sup> Carlo Erba 1100EA elementaranalysator



Figur 24 Molybdenblå - Efter (Keggin structure, 2008) – Ladningerne er ikke afpasset støkiometrisk

### Fremgangsmåde:

Alt udstyr der kommer i kontakt med prøverne (f.eks. målekolber, pipetter osv.) syreskylles inden eksperimenterne påbegyndes for at minimere fosforkontamination.

For muslingekødsprøverne afvejes 0,500 g og for skalprøverne 1,500 g tørret materiale i ildfaste digler. To tomme digler medtages som blindprøver. Prøverne tilsættes 0,50 g zinkoxid, som blandes godt sammen med prøven, for at fremme oxidationen under foraskningen. Muslingekødsprøverne foraskes ved 550 °C i >4 timer (f.eks. natten over). Muslingskalprøverne foraskes ved 900 °C. Efter foraskning og afkøling til stuetemperatur tilsættes 5 ml demineraliseret H<sub>2</sub>O samt 5 ml. konc. (12 mol/l) HCl. Diglerne dækkes med urglas og koges i 5 minutter på en kogeplade. Efter kogning filtreres prøverne gennem et sugefilter monteret med Whatman No. 40 filtre. Urglas skylles med 5 ml. dem. H<sub>2</sub>O og diglen skylles med 4 x 5 ml. dem. H<sub>2</sub>O i filteret.

Filtratet overføres til 100 ml målekolbe. Opløsningerne neutraliseres med 50 % KOH til de er let uklare eller ”mælkede”. Der tilsættes så konc. HCl til prøven igen er klar og derefter endnu 2 dråber HCl. Målekolberne fyldes nu til mærket. 1 ml for kødsprøverne og henholdsvis 4 og 7 ml for skalprøverne udtages af opløsningerne og hældes i 50 ml målekolber. Der fortyndes op til 15 ml. Til standardkurven fremstilles en fosfatstamopløsning. Dette gøres ved først at tørre en tilstrækkelig mængde KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> i varmeskab i mindst 2 timer ved 105 °C. Der afvejes derefter 1,0967 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> som opløses i H<sub>2</sub>O i en 250 ml målekolbe. Der fyldes nu efter til mærket. Opløsningen indeholder nu 1 mg P/ml. 5 ml opløsning udtages og hældes i en 500 ml målekolbe. Denne fyldes til mærket med H<sub>2</sub>O. Der er nu 0,01 mg P/ml.



Der pipetteres nu af denne opløsning præcis 0, 1, 2, 3, 4, 5 og 6 ml stamopløsning over i 50 ml målekolber. Disse fortyndes til 15 ml.

En natrium-molybdatopløsning fremstilles ved at opløse 56 ml konc. (98 %)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  i 120 ml dem.  $\text{H}_2\text{O}$  der efter nedkøling tilsættes 5,00 g  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Til denne skal tilsættes askorbinsyre der fremstilles ved at opløse 5,00 g fast askorbinsyre i 100 ml dem.  $\text{H}_2\text{O}$ .

Den ønskede molybdat-askorbinsyreopløsning fremstilles ved at blande 125 ml natrium-molybdatopløsning med 50 ml askorbinsyreopløsning og herefter fortynde til 500 ml med dem.  $\text{H}_2\text{O}$ .

De tidligere fremstillede kød- og skalprøver samt fosfatopløsningerne tilsættes nu alle 20 ml molybdat-askorbinsyreopløsning og koges i 15 min. Efter kogning fyldes efter til 50 ml med dem.  $\text{H}_2\text{O}$ . Der kan nu måles spektrofotometrisk. Absorbancen for det blå fosfor-molybdatkompleks måles ved en bølgelængde på 823 nm.

## 5. Resultater

Alle forsøg er blevet udført i samarbejde med Michala K. Møller som vil bruge resultaterne til at undersøge mulighederne for at bruge små muslinger til fiske- eller hønsefoder. Bilag med bearbejdning og dokumentation af resultater er også udført i samarbejde med Michala K. Møller da resultaterne deles.

Prøverne blev analyseret af to gange. Første sæt prøver der blev analyseret var prøver udtaget i perioden uge 37-46. Det andet sæt prøver var dem udtaget i perioden uge 47-49. De to sæt kan derfor have været udsat for lidt forskellige betingelser f.eks. i forhold til tiden der går mellem hver analyse, temperaturer m.v. Dette vurderes dog til ikke at have nogen betydelig indvirkning.

Resultaterne der er fundet i dette projekt kan deles op i 3 hovedkategorier

1. Resultater relateret til prøveindividernes vækst
2. Muslingernes nitrogenindhold
3. Muslingernes fosforindhold

Derfor vil resultaterne blive præsenteret i disse kategorier. Der vil i øvrigt blive set efter eventuelle sammenhænge mellem en række af de forskellige parametre, samt de to lokaliteter.

### 5.1 Prøveindividernes vækst

Væksten på muslinger udsat ved Kerteminde og Svendborg blev fulgt over en periode på hhv. 84 og 49 dage, efter fremgangsmåden beskrevet i afsnit 4.1 / 4.2. For Kerteminde er der i alt udtaget 7 prøver med nulprøve (hver anden uge) fra 10. september frem til 3. december. I Svendborg er der grundet de tidligere beskrevne problemer kun blevet udtaget 5 prøver. Grundet den store mængde målinger af skallængder, der skulle udføres i løbet af projektet (ca. 1200 målinger i alt), blev det besluttet at måle skallængderne med en ”halv decimal<sup>9</sup>” for hurtigere bearbejdning.

Nedenfor ses hovedresultaterne for vækstforsøget i Kerteminde (Lokalitet 1):

---

<sup>9</sup> Eks. 17 mm 17,5 mm 18 mm 18,5 mm osv.

Tabel 3 Vækst for prøveindivider i Kerteminde, for alle værdier, beregninger m.m. se bilag 3

| Kerteminde                   | Tid fra udsætning [døgn] | Gns. Længde [mm] | Gns. vækst [mm] | Vækstrate [mm/døgn] |
|------------------------------|--------------------------|------------------|-----------------|---------------------|
| Nulprøve (10/9-08)           | 0                        | 17,16±1,00       | -               | -                   |
| 1. prøveudtagning (24/09-08) | 14                       | 18,15±1,19       | 1,64            | 0,12                |
| 2. prøveudtagning (08/10-08) | 28                       | 19,35±1,54       | 2,93            | 0,10                |
| 3. prøveudtagning (22/10-08) | 42                       | 22,39±2,51       | 4,96            | 0,12                |
| 4. prøveudtagning (5/11-08)  | 56                       | 23,23±4,05       | 6,22            | 0,11                |
| 5. prøveudtagning (19/11-08) | 70                       | 24,82±3,55       | 7,66            | 0,11                |
| 6. prøveudtagning (3/12-08)  | 84                       | 23,08±3,87       | 5,97            | 0,07                |

Af dette ses at vækstraten for prøveindividerne er forholdsvis stabil, med undtagelse af den 6. prøveudtagning. Dette kan til dels skyldes lavere fødetilgængelighed sidst på året, men måske også prøveindividernes vækstbetingelser, som til dels også afspejles i den stigende standardafvigelse. Dette viser dog at prøveindividerne har haft forholdsvis stabile vækstbetingelser i løbet af forsøgsperioden.

Grundet problemer med afmærkningen af de individuelle net kendes netnumre ikke på alle prøveudtagninger. Markering med sprittusch af netnumre blev, efter kort tid, slidt af rammerne. Derfor vides det kun med sikkerhed at net 0 blev udtaget som nulprøve og net 3 blev udtaget ved 2. prøveudtagning. Derfor er den gennemsnitlige vækst fundet ved at bruge gennemsnittet af skallængderne for de resterende net (net 1,2,4 og 5) som startværdi for prøverne hvor netnummeret ikke er kendt (Der ses en parentes omkring de tal hvor dette er gjort).

**Tabel 4 Vækst for prøveindivider i Svendborg, for alle værdier, beregninger m.m. se bilag 3**

| <b>Svendborg</b>                    | <b>Tid fra udsætning [døgn]</b> | <b>Gns. Længde [mm]</b> | <b>Gns. Vækst [mm]</b> | <b>Vækstrate [mm/døgn]</b> |
|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------------|
| <b>Nulprøve (8/10-08)</b>           | 0                               | 17,67±1,59              | -                      | -                          |
| <b>1. prøveudtagning (23/10-08)</b> | 15                              | 20,64±1,63              | (2,92)                 | (0,19)                     |
| <b>2. prøveudtagning (28/10-08)</b> | 20                              | 21,59±1,52              | 3,58                   | 0,18                       |
| <b>3. prøveudtagning (12/11-08)</b> | 35                              | 21,94±2,26              | (4,22)                 | (0,12)                     |
| <b>4. prøveudtagning (26/11-08)</b> | 49                              | 22,56±2,31              | (4,84)                 | (0,10)                     |

Parentes ses omkring de tal hvor den gennemsnitlige startlængde for skallerne er anvendt.

I Svendborg (lokalitet 2) ses en forholdsvis høj vækstrate ved de første to prøveudtagninger, hvorefter vækstraten falder drastisk for de sidste to prøveudtagninger sidst på efteråret. Det ses også at standardafvigelsen stiger omkring 30 % i løbet af forsøgsperioden.

Nedenfor ses konditionsindekset, CI, for muslingeprøverne. Konditionsindekset er et mål for hvor meget kød muslingen indeholder i forhold til sin længde. Derfor kan det ud fra denne værdi vurderes, i hvor god stand muslingen er.

**Tabel 5 konditionsindeks for prøverne fra Kerteminde, se bilag 3 for beregninger**

| <b>Kerteminde</b>                   | <b>Tid fra udsætning [døgn]</b> | <b>CI [mg/cm<sup>3</sup>]</b> |
|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| <b>Nulprøve (10/9-08)</b>           | 0                               | 5,55                          |
| <b>1. prøveudtagning (24/09-08)</b> | 14                              | 6,19                          |
| <b>2. prøveudtagning (08/10-08)</b> | 28                              | 7,33                          |
| <b>3. prøveudtagning (22/10-08)</b> | 42                              | 7,09                          |
| <b>4. prøveudtagning (5/11-08)</b>  | 56                              | 7,84                          |
| <b>5. prøveudtagning (19/11-08)</b> | 70                              | 5,97                          |
| <b>6. prøveudtagning (3/12-08)</b>  | 84                              | 6,67                          |

Af dette ses først et stigende konditionsindeks med tid, hvorefter denne i de sidste efterårsmåned igen falder. Dette skyldes måske en lavere fødemængde sidst på året, grundet mindre soltimer.

**Tabel 6 Konditionsindeks for prøverne fra Svendborg,  
se bilag 3 for beregninger**

| <b>Svendborg</b>                        | <b>Tid fra<br/>udsætning [døgn]</b> | <b>CI<br/>[mg/cm<sup>3</sup>]</b> |
|---|-------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Nulprøve<br/>(8/10-08)</b>           | 0                                   | 7,41                              |
| <b>1. prøveudtagning<br/>(23/10-08)</b> | 15                                  | 8,47                              |
| <b>2. prøveudtagning<br/>(28/10-08)</b> | 20                                  | 9,36                              |
| <b>3. prøveudtagning<br/>(12/11-08)</b> | 35                                  | 8,79                              |
| <b>4. prøveudtagning<br/>(26/11-08)</b> | 49                                  | 9,19                              |

I Svendborg ses en stigende tendens, indtil et stabilt niveau nås.

Asketabet for køddelen af muslingerne er en god indikator for hvor højt det organiske indhold i muslingerne er. Nedenfor ses asketabet for muslingeprøverne:

**Tabel 7 % aske af tørvægt kød for prøverne fra Kerteminde,  
for værdier og beregninger se bilag 3**

| <b>Kerteminde</b>                       | <b>Tid fra<br/>udsætning [døgn]</b> | <b>% aske af<br/>tørvægt kød</b> |
|---|-------------------------------------|----------------------------------|
| <b>Nulprøve<br/>(10/9-08)</b>           | 0                                   | 11,20                            |
| <b>1. prøveudtagning<br/>(24/09-08)</b> | 14                                  | 6,99                             |
| <b>2. prøveudtagning<br/>(08/10-08)</b> | 28                                  | 9,48                             |
| <b>3. prøveudtagning<br/>(22/10-08)</b> | 42                                  | 11,81                            |
| <b>4. prøveudtagning<br/>(5/11-08)</b>  | 56                                  | 10,69                            |
| <b>5. prøveudtagning<br/>(19/11-08)</b> | 70                                  | 11,57                            |
| <b>6. prøveudtagning<br/>(3/12-08)</b>  | 84                                  | 12,23                            |

Af dette ses først faldende tendens, hvorefter mængden igen stiger til et nævnt niveau.

**Tabel 8 % aske af tørvægt kød for prøverne fra Svendborg,  
for værdier og beregninger se bilag 3**

| <b>Svendborg</b>                        | <b>Tid fra<br/>udsætning [døgn]</b> | <b>% aske af<br/>tørvægt kød</b> |
|---|-------------------------------------|----------------------------------|
| <b>Nulprøve<br/>(8/10-08)</b>           | 0                                   | 8,92                             |
| <b>1. prøveudtagning<br/>(23/10-08)</b> | 15                                  | 10,06                            |
| <b>2. prøveudtagning<br/>(28/10-08)</b> | 20                                  | 7,60                             |
| <b>3. prøveudtagning<br/>(12/11-08)</b> | 35                                  | 8,17                             |
| <b>4. prøveudtagning<br/>(26/11-08)</b> | 49                                  | 8,97                             |

Af dette ses at omkring 90 % af kødets indhold formentligt er organisk.

**Tabel 9 % aske af tørvægt skal for prøverne fra Kerteminde,  
for værdier og beregninger se bilag 3**

| <b>Kerteminde</b>                       | <b>Tid fra<br/>udsætning [døgn]</b> | <b>% aske af<br/>tørvægt skal</b> |
|---|-------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Nulprøve<br/>(10/9-08)</b>           | 0                                   | 51,33                             |
| <b>1. prøveudtagning<br/>(24/09-08)</b> | 14                                  | 51,17                             |
| <b>2. prøveudtagning<br/>(08/10-08)</b> | 28                                  | 51,87                             |
| <b>3. prøveudtagning<br/>(22/10-08)</b> | 42                                  | 52,08                             |
| <b>4. prøveudtagning<br/>(5/11-08)</b>  | 56                                  | 52,41                             |
| <b>5. prøveudtagning<br/>(19/11-08)</b> | 70                                  | 52,80                             |
| <b>6. prøveudtagning<br/>(3/12-08)</b>  | 84                                  | 53,00                             |

Her ses der en lille variation i prøverne med en stødt stigende tendens. Dette kunne betyde at muslingernes ydre proteinlag bliver tyndere i vækstperioden, og derved giver et mindre glødetab.

**Tabel 10 % aske af tørvægt af skal for prøverne fra Svendborg, for værdier og beregninger se bilag 3**

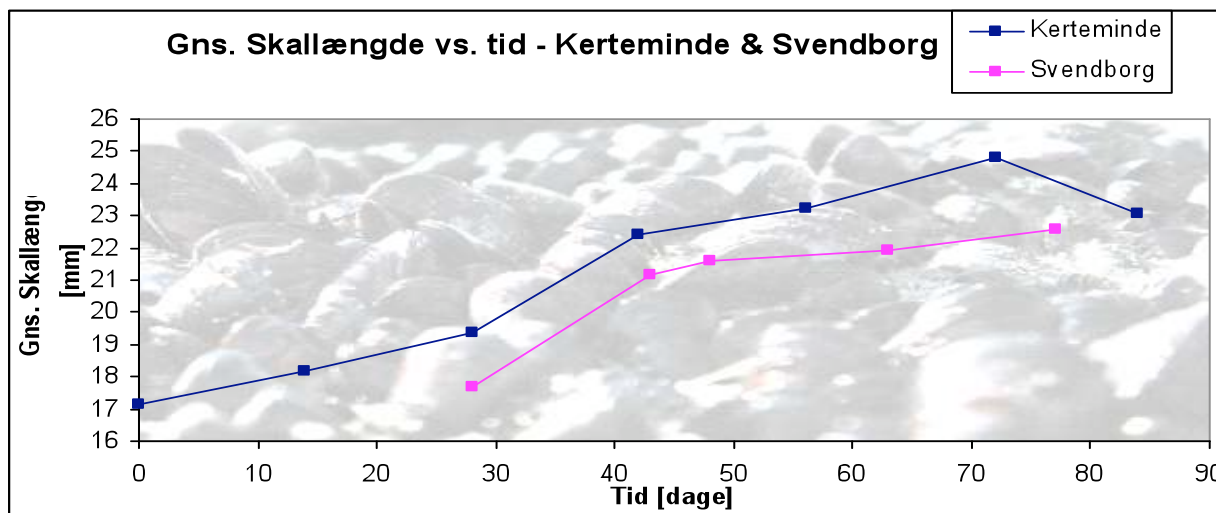
| <b>Svendborg</b>                    | <b>Tid fra udsætning [døgn]</b> | <b>% aske af tørvægt skal</b> |
|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| <b>Nulprøve (8/10-08)</b>           | 0                               | 51,87                         |
| <b>1. prøveudtagning (23/10-08)</b> | 15                              | 51,04                         |
| <b>2. prøveudtagning (28/10-08)</b> | 20                              | 50,83                         |
| <b>3. prøveudtagning (12/11-08)</b> | 35                              | 51,78                         |
| <b>4. prøveudtagning (26/11-08)</b> | 49                              | 51,57                         |

Glødetabet for disse prøver holder sig nogenlunde konstant i forsøgsperioden.

### 5.1.1 Sammenligning af de to lokaliteter

Nedenfor ses en sammenligning af den gennemsnitlige skallængde mod tid for de to lokaliteter.

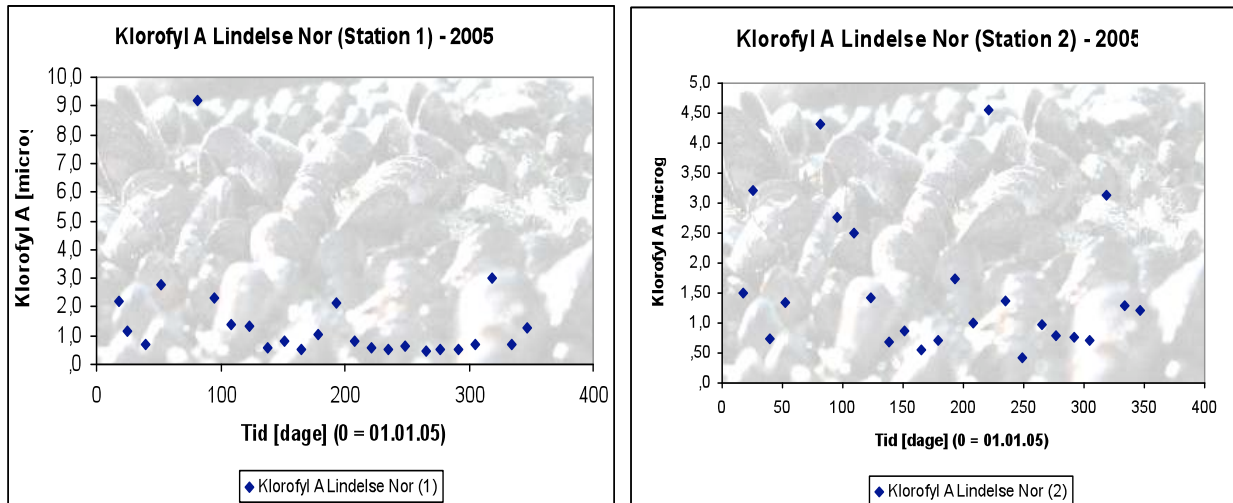
Lokalitet 2 (Svendborg) er sat ind, så prøveudtagningerne stemmer kronologisk overens:



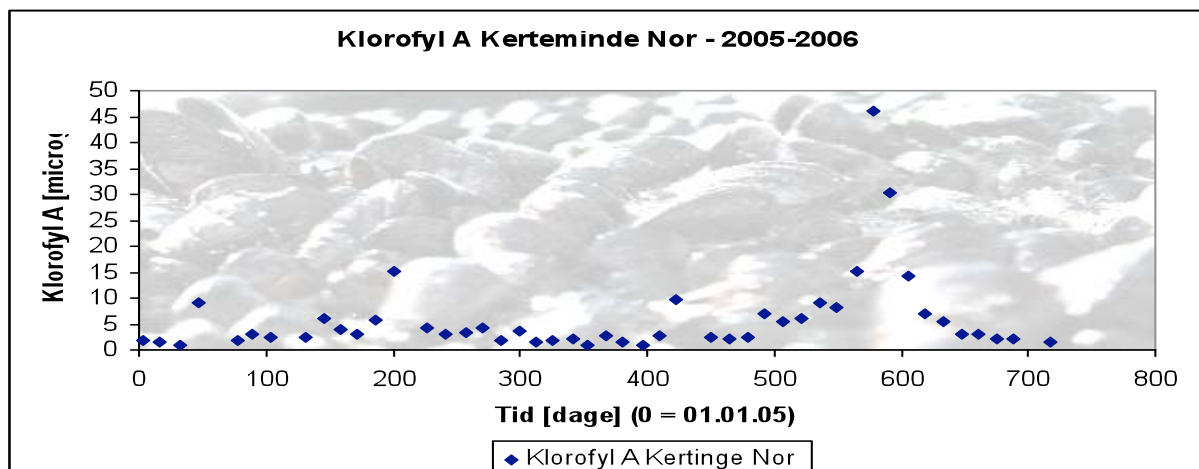
**Figur 25** Afbildning af skallængde mod tid for de to lokaliteter, for beregninger og værdier se bilag 3

Det ses at væksten for prøveindividerne ved de to lokaliteter er forholdsvis parallelle. Grunden til forskydning i størrelsen er at forsøget i Svendborg blev påbegyndt 2 uger efter forsøget i Kerteminde. Den sammenlignelige forøgelse i skallængde over tid tyder på fødetilgængeligheden

samt andre faktorer der påvirker væksten, i en hvis grad ligner hinanden. Fødetilgængelighed er dog en af de mest styrende faktorer for vækstraten, da denne leverer den nødvendige energi til vækst. Klorofyl a<sup>10</sup> koncentrationer målt tæt ved de to prøvelokaliteter er blevet fundet for år 2005. år 2006 for Kertinge Nor var også tilgængelig og vil blive vist i forlængelse til år 2005.



**Figur 26 Klorofyl a koncentrationer for Lindelse Nor tæt ved lokalitet 2 i år 2005 (DMU – MADS), for data se bilag 4**



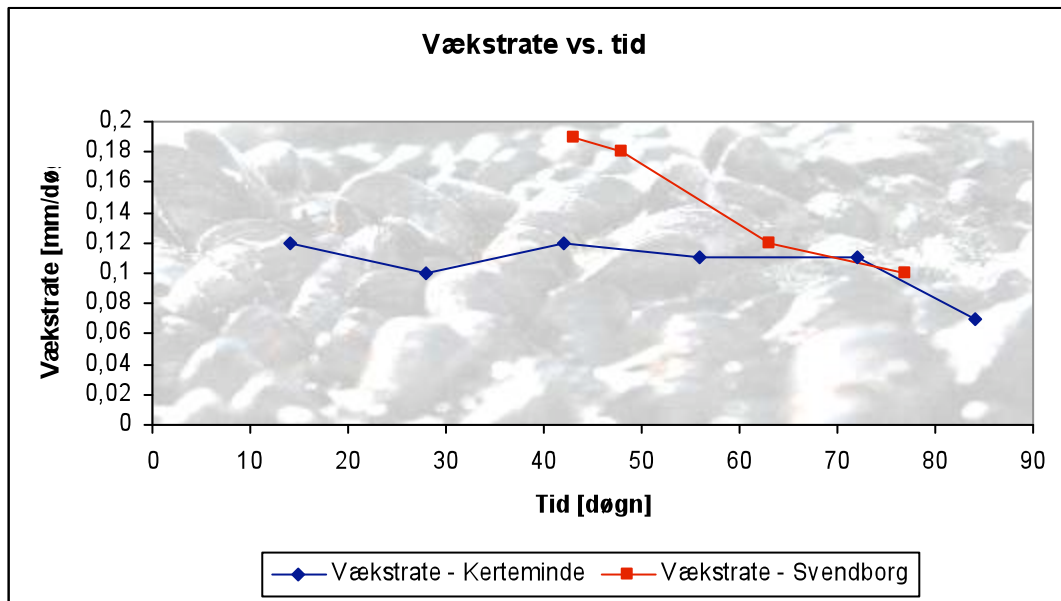
**Figur 27 Klorofyl a koncentrationer for Lindelse Nor tæt ved lokalitet 1 i år 2005 og 2006 (DMU – MADS), for data se bilag 4**

Dette viser at planktonmængden i store perioder af året er nogenlunde den samme. Der ses dog nogle større ”peaks” hvilket kan give muslingerne større mængder af næring.

Nedenfor ses vækstraten afbilledet mod tid for de to prøvelokaliteter:

<sup>10</sup> Klorofyl a er stoffet der giver planter deres grønne farve og findes i deres grønkorn. Klorofyl a kan bruges som et mål for koncentrationen af plankton i vandmiljøet.

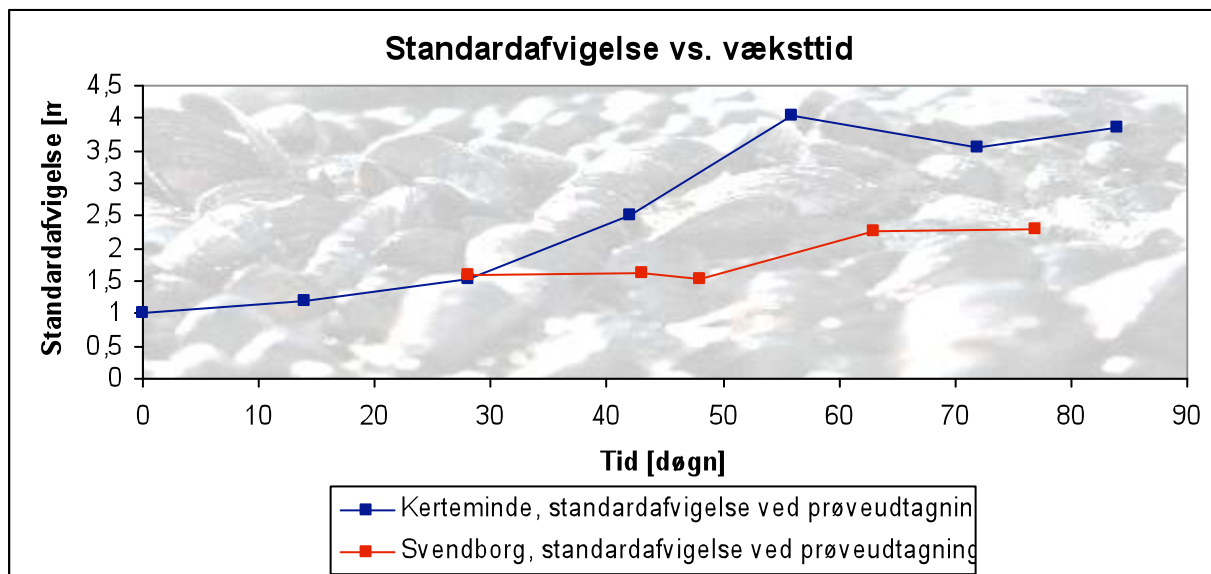




Figur 28 Vækstraten for prøveindividerne fra de to lokaliteter, for beregninger og værdier se bilag 3

Her ses det, at prøverne fra Svendborg starter ud med en langt højere vækstrate end for individerne i Kerteminde i den samme periode. Væksten flader dog ud sidst på efteråret og de to vækstrater når nogenlunde samme niveau. Dette tyder på at vækstbetingelserne i Svendborg har været bedre i den første del af vækstforsøget sammenlignet med Kerteminde.

Nedenfor ses standardafvigelsen for hver prøveudtagning afbilledet mod tid. Punkterne for Svendborg er tilpasset så de kronologisk passer med prøverne fra Kerteminde.

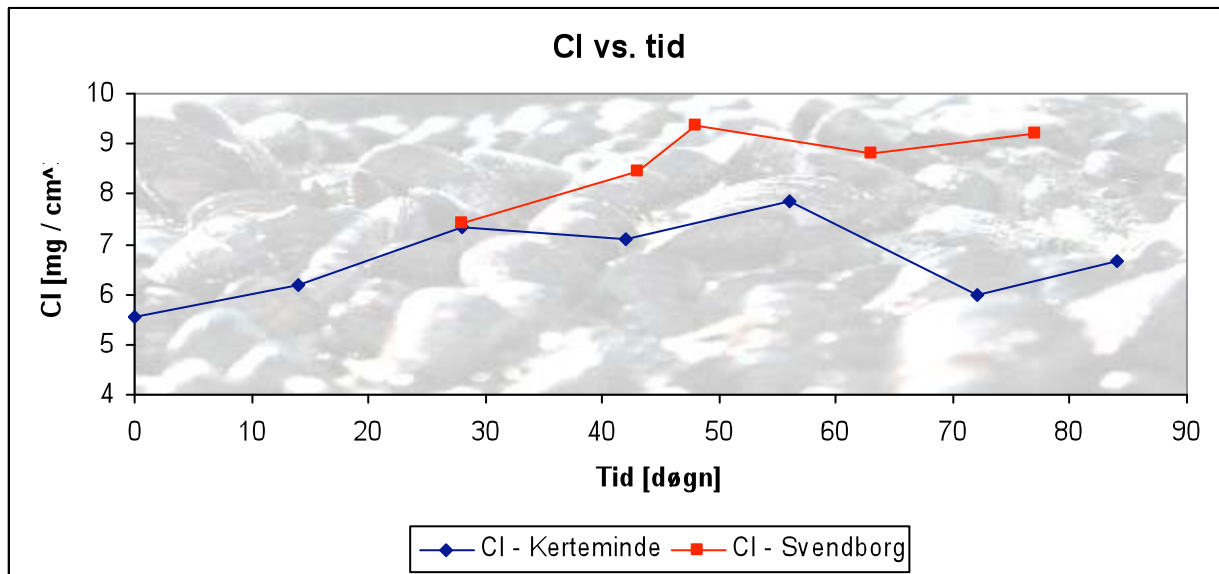


Figur 29 Standardafvigelsen for skallængderne i hvert net mod tid, for beregninger og værdier se bilag 3

Grundet muslingernes fordeling i netposerne vil de yderste muslinger have langt større adgang til føde end de inderste, der er klemte inde af de andre muslinger, og i nogle tilfælde næsten helt lukket til af de omkringliggende muslingers bystråde. Dette giver derfor en, med tiden, større og større forskel i størrelse<sup>11</sup>, hvilket er skylden til de stigende standardafvigelser. Derfor er de sidste målinger lavet på muslinger i et forholdsvist stort størrelsesinterval og er måske ikke helt repræsentativt for den gennemsnitlige værdi. Hvis forsøg af samme art senere hen skulle laves, ville det nok være tilrådeligt at anvende større netposer (> diameter: ca. 3 cm, længde ca. 20 cm) for at undgå så stor indbyrdes konkurrence. Dette kan dog også gøre resultaterne mere sammenlignelige til dem muslingerne vil opleve i en opdrætssituation, hvor der også vil være stor konkurrence om føden.

Nedenfor ses afbildning af konditionsindekset mod tid for de to prøvelokaliteter.

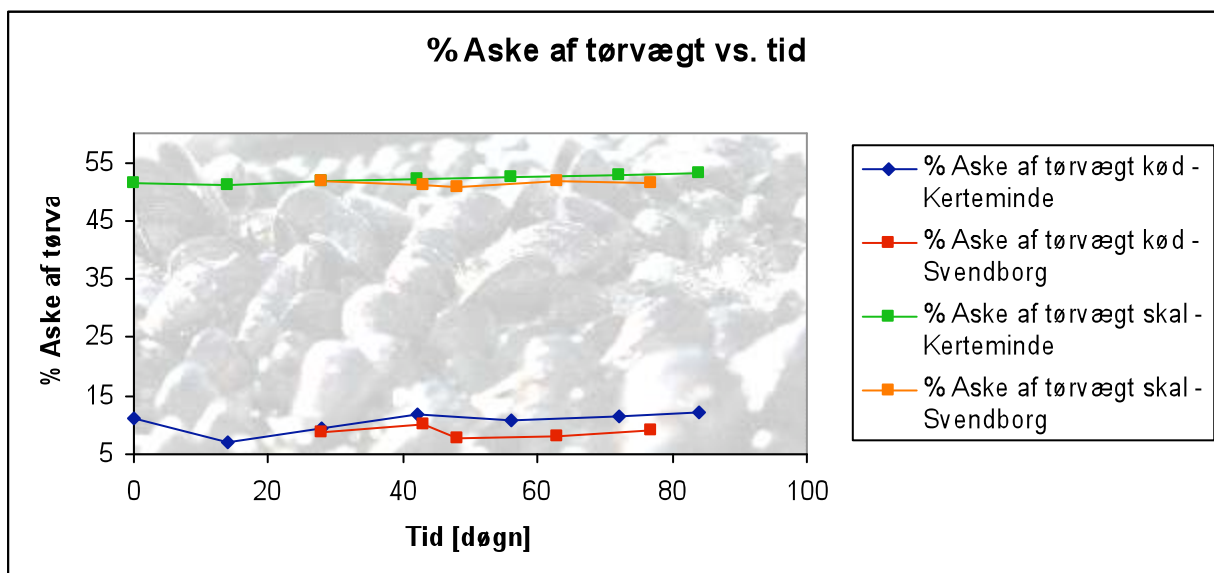
<sup>11</sup> Se evt. figur 29



Figur 30 Konditionsindeks mod tid for de to prøvelokaliteter, for beregninger og værdier se bilag 3

Heraf ses det at konditionsindekset stiger støt indtil sidst i oktober hvor vejret bliver koldere og føden mere knap. Konditionsindekset for muslingerne i Svendborg er dog højere end i Kerteminde og tyder på fødetilgængeligheden er højere her i vækstperioden.

Det procentvise indhold af aske i kød og skal for prøverne fra Kerteminde og Svendborg er sammen afbilledet nedenfor:



Figur 31 % Aske af tørvægt mod tid for kød og skaller fra de to prøvelokaliteter, for beregninger og værdier se bilag 3

Indholdet af aske er lidt lavere for prøverne fra Svendborg, hvilket kunne tyde på proteinindholdet var højere. Dette afspejles dog ikke af prøvernes nitrogenindhold, hvilket kunne indikere at prøverne indeholder større mængder af andre organiske stoffer som glykogen og fedt.

Askeindholdet i skalprøverne ligger noget tættere, og er også noget mere konstante. Dette skyldes formentlig skallernes langt lavere organiske indhold.

## 5.2 Nitrogenmetode

### 5.2.1 Metodefæstlæggelse

Til bestemmelse af kvælstofindholdet i muslingerne, blev der prøvet to metoder, hhv. Kjeldahl-metoden og elementaranalyse. Metoderne blev afprøvet på muslinger af en størrelse på 45-60 mm for hurtigt at kunne få store mængder prøvemateriale at arbejde med. De to metoder vil blive vurderet på standardafvigelsen imellem 3 målinger på den samme prøve samt mængden af arbejde, og derved sandsynligheden for fejlkilder de to metoder har.

### 5.2.2 Kjeldahl

Bestemmelse af kvælstofindholdet blev udført med trippelbestemmelse for kødprøverne samt dobbeltbestemmelse af blindprøver for at sikre sikkerhed omkring resultaternes værdier.

Mængder af anvendt prøvemateriale er som følger:

**Tabel 11 Vægt af prøver til nitrogenbestemmelse**

| Prøve          | Vægt [g] |
|----------------|----------|
| <i>Kød 2.1</i> | 0,1541   |
| <i>Kød 2.2</i> | 0,1558   |
| <i>Kød 2.3</i> | 0,1575   |

Prøverne blev afvejet på nitrogenfrit papir. Et sådant blev også tilført til hver af blindprøverne. Styrken af den saltsyre, der blev anvendt var: 0,1040 M. Styrken af den natriumhydroxid, der blev anvendt til tilbagetitrering var: 0,0970 M. Mængden af natriumhydroxid der blev anvendt til tilbagetitrering var:

**Tabel 12 Mængder af natriumhydroxid anvendt til tilbagetitrering**

| Prøve          | NaOH [ml] |
|----------------|-----------|
| <i>Kød 2.1</i> | 14,80     |
| <i>Kød 2.2</i> | 13,95     |
| <i>Kød 2.3</i> | 13,90     |
| <i>Blind 1</i> | 26,32     |
| <i>Blind 2</i> | 26,15     |

Beregning af % nitrogen sker vha. følgende formel:

$$\% \text{ Nitrogen} = \frac{(V_{\text{Blind}} - V_{\text{Prøve}}) \cdot M_{\text{NaOH}} \cdot 14,007 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 100}{1000 \frac{\text{ml}}{\text{l}} \cdot g_{\text{prøve}}}$$

Ligning 5 Beregning af procentvist nitrogenindhold ved Kjeldahlbestemmelse

Dette gav følgende resultater:

**Tabel 13 Procentvis kvælstofindhold for prøverne ved kjeldahlbestemmelse, se evt. bilag 5 for beregninger**

| Prøve          | % Nitrogen |
|----------------|------------|
| <i>Kød 2.1</i> | 10,08      |
| <i>Kød 2.2</i> | 10,71      |
| <i>Kød 2.3</i> | 10,64      |

Standardafvigelsen for disse 3 prøver er:

$$\pm \underline{\underline{0,28 \% \text{ nitrogen}}}^{12}$$

### 5.2.3 Elementaranalyse

Elementaranalyserne blev udført på økolaboratoriet på biologisk institut, SDU.

Tørrede, homogeniserede prøver, fra de samme individer som tidligere blev anvendt ved kjeldahlforsøgene bliver igen her anvendt for sammenlignelighed.

Resultaterne af disse målinger blev som følger:

**Tabel 14 Procentvis kvælstofindhold for prøverne ved elementaranalyse, se evt. bilag 5**

| Prøve          | % Nitrogen |
|----------------|------------|
| <i>Kød 2.4</i> | 11,259     |
| <i>Kød 2.5</i> | 11,337     |
| <i>Kød 2.6</i> | 11,279     |

Standardafvigelsen med elementaranalyse var:

$$\pm \underline{\underline{0,03 \% \text{ nitrogen}}}^{13}$$

<sup>12</sup> Se evt. bilag 5 for beregning

<sup>13</sup> For beregningsmetode se eks. I bilag 5

## Diskussion

Som det ses, er standardafvigelsen mellem 3 målinger, på den samme prøve, næsten 10 gange større ved Kjeldahlbestemmelse end ved elementaranalysen. Grunden til dette er sandsynligvis at elementaranalysen i langt højere grad er automatiseret, hvor det kun er afvejning af prøven der foregår manuelt. Dette minimerer chancen for menneskelige fejl, som formentlig er grunden til den langt større afvigelse i kjeldahlbestemmelsen.

Det ses dog også at nitrogenindholdet bliver fundet til at være lidt over 7 % højere ved elementaranalysen i forhold til kjeldahlbestemmelsen. Denne højere værdi skyldes formentlig at elementaranalysen finder den totale mængde af nitrogenforbindelser, hvor kjeldahlbestemmelsen hovedsageligt detekterer organisk bundet nitrogen.

Det kan derfor konkluderes at elementaranalysen giver den bedste og mest sikre indikation af den samlede mængde af kvælstof i prøverne. Der fortsættes derfor med kvælstofbestemmelse vha. elementaranalyser.

## 5.3 Nitrogen

Der blev udført elementaranalyser på både kød- og skalfraktionen af prøverne. Det var desværre ikke muligt at få analyseret de sidste prøver inden afleveringsfrist for dette projekt. Disse skulle dog være tilgængelige først i år 2009, og vil efterfølgende blive tilført rapporten i form af rettemark.

### 5.3.1 Elementaranalyse af vækstforsøgsprøver

Målingerne udført på muslingerne, der blev brugt ved vækstforsøgene, gav følgende resultater:

Tabel 15 Resultater af nitrogenbestemmelse på skaller og kød af prøver fra Kerteminde, for værdier og beregninger se bilag 6

| Kerteminde                      | Tid fra udsætning<br>[dage] | % Nitrogen<br>Kød      | % Nitrogen<br>Skal     | % Nitrogen<br>Samlet   |
|---------------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Nulprøve<br>(10/9-08)           | 0                           | 9,542                  | 1,278                  | 2,46                   |
| 1. prøveudtagning<br>(24/09-08) | 14                          | 9,943                  | 1,348                  | 2,48                   |
| 2. prøveudtagning<br>(08/10-08) | 28                          | 10,178                 | 1,354                  | 2,65                   |
| 3. prøveudtagning<br>(22/10-08) | 42                          | 8,896                  | 1,538                  | 2,63                   |
| 4. prøveudtagning<br>(5/11-08)  | 56                          | 10,776                 | 1,323                  | 2,74                   |
| 5. prøveudtagning<br>(19/11-08) | 70                          | <i>Bliver tilføjet</i> | <i>Bliver tilføjet</i> | <i>Bliver tilføjet</i> |
| 6. prøveudtagning<br>(3/12-08)  | 84                          | <i>Bliver tilføjet</i> | <i>Bliver tilføjet</i> | <i>Bliver tilføjet</i> |

Det ses at nitrogenindholdet i løbet af vækstperioden stiger svagt de 4 første uger, for derefter at falde lidt over 1 % og igen stige til lidt over det tidligere niveau to uger efter.

Nitrogenindholdet i skallerne viser stort set samme tendens som ved kødet bortset fra at stige ved 3. prøveudtagning i stedet for at falde.

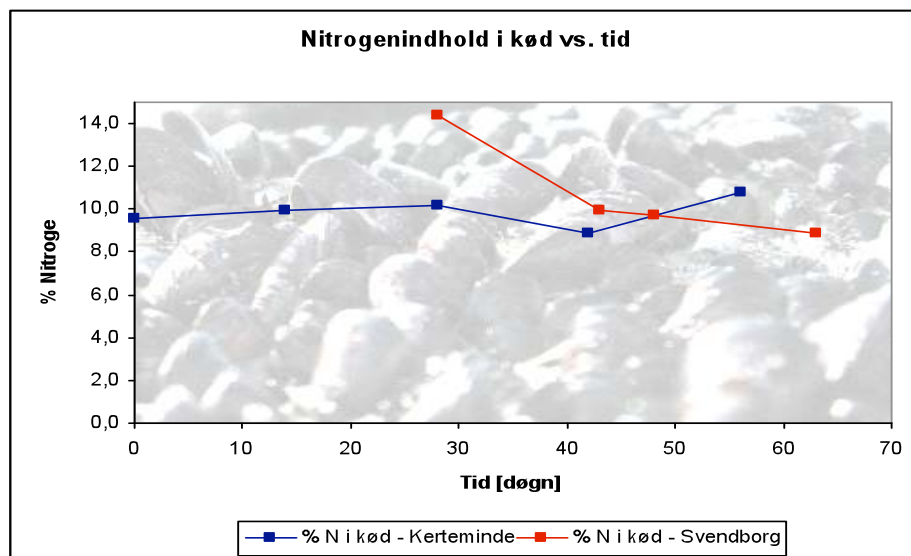


**Tabel 16 Resultater af nitrogenbestemmelse på skaller og kød af prøver fra Svendborg, for værdier og beregninger se bilag 6**

| Svendborg                           | Tid fra udsætning [dage] | % Nitrogen Kød         | % Nitrogen Skal        | % Nitrogen samlet      |
|-------------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| <b>Nulprøve (8/10-08)</b>           | 0                        | 14,417                 | 1,440                  | 3,35                   |
| <b>1. prøveudtagning (23/10-08)</b> | 15                       | 9,395                  | 1,687                  | 3,47                   |
| <b>2. prøveudtagning (28/10-08)</b> | 20                       | 9,720                  | 1,355                  | 2,86                   |
| <b>3. prøveudtagning (12/11-08)</b> | 35                       | 8,896                  | 1,674                  | 2,88                   |
| <b>4. prøveudtagning (26/11-08)</b> | 49                       | <i>Bliver tilføjet</i> | <i>Bliver tilføjet</i> | <i>Bliver tilføjet</i> |

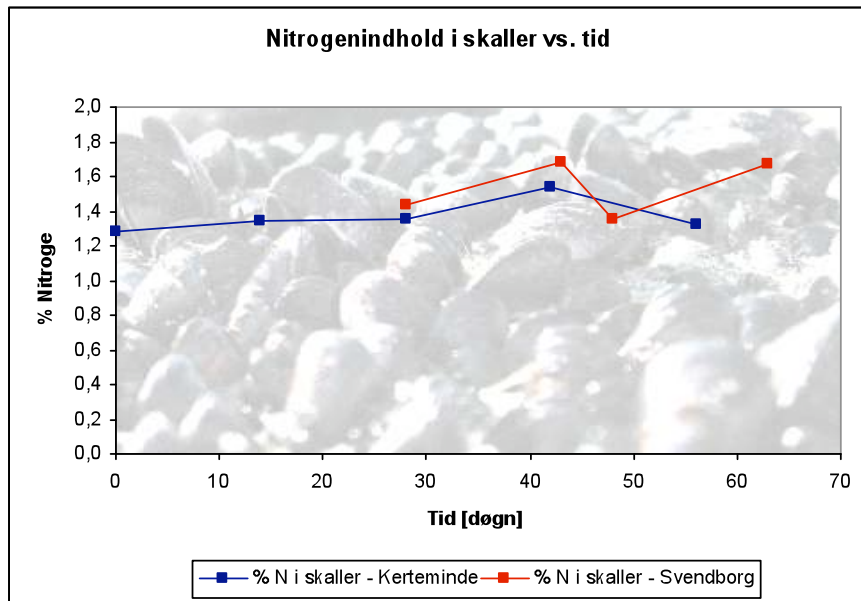
Det ses at nitrogenindholdet til at starte med er meget højt for prøverne i Svendborg. Dette falder dog støt med tiden for resten af målingerne. Nitrogenindholdet i skallerne er meget svingende.

For sammenligning er de korresponderende nitrogenværdier for hhv. Kerteminde og Svendborg for at afsløre mulige ligheder mellem de to lokaliteter:



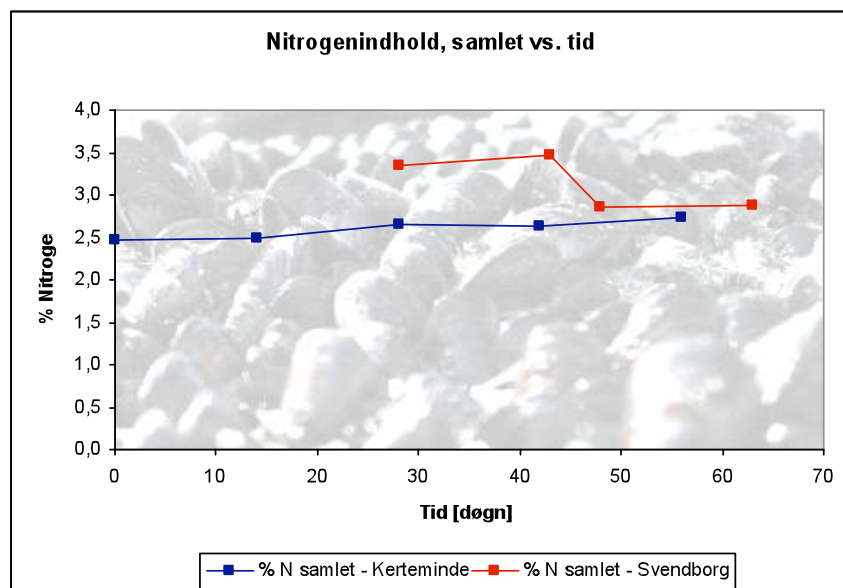
**Figur 32 Sammenlignende graf over nitrogenindholdet i muslingernes kød for de to prøvelokaliteter, se bilag 6 for værdier og beregninger**

Det ses at individerne starter med et langt højere nitrogenindhold end individerne i Kerteminde og falder derefter til nogenlunde samme niveau for derefter at ende lidt under indholdet for Kerteminde.



Figur 33 Sammenlignende graf over nitrogenindholdet i muslingernes skaller for de to prøvelokaliteter se bilag 6 for værdier og beregninger

Indholdet af nitrogen for de første to prøver fra Svendborg ser ud til at følge indholdet for Kerteminde, med en anelse højere værdier. Derefter falder indholdet for igen at stige. Der kunne måske være en vis sammenlignelighed for nogle af punkterne, men der ses ikke nogen tydelig tendens.



Figur 34 Sammenlignende graf over det samlede nitrogenindhold i muslingerne for de to prøvelokaliteter se bilag 6 for værdier og beregninger

Det ses at det samlede indhold af nitrogen for Svendborg ved de to første målinger er ca. 40 % højere. Ved de to sidste målinger falder nitrogenindholdet til samme niveau som i Kerteminde

## 5.4 Fosfor

Nedenfor ses resultaterne af fosformålingerne på prøverne fra vækstforsøget. Disse blev fundet spektrofotometrisk gennem et blåt fosfor-molybdat kompleks som beskrevet i afsnit 4.4.

I den anvendte forskrift (NMKL 57 Fosfor. Spektrofotometrisk bestemmelse efter tørforaskning i levnedsmidler) opgives variationen mellem repetitioner for metoden i samme laboratorium til at være 1,1 % for prøver med højt indhold af fosfor, som disse.

Muslingernes procentvise indhold af fosfor bestemmes ud fra formlen opgivet i den anvendte forskrift, NMKL 57:

$$\% \text{ phosphor} = \frac{100 \cdot \left[ \frac{V_2}{V_1} \cdot P \right]}{W}$$

Hvor:

$V_1$  = er volumen i ml af opløst aske

$V_2$  = er volumen af den målekolbe, den foraskede prøve er opløst i (100 ml)

P = Er mængden af fosfor, prøverne indeholder i mg, aflæst fra standardkurven

W = Mængde af prøve i mg

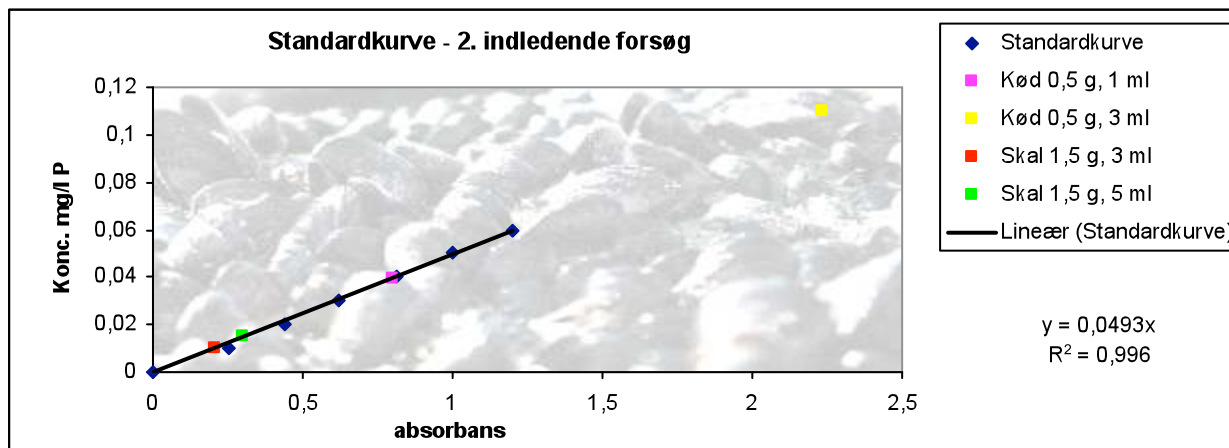
Indledende forsøg blev udført for at fastlægge mængderne af prøve der skulle anvendes ved bestemmelse af muslingernes fosforindhold. Dette er resultaterne af det 2. indledende forsøg hvor to mængder af hhv. kød- og skalprøver blev undersøgt. Til dette forsøg blev der anvendt muslinger i størrelsesintervallet 45-60 mm. Det tilstræbes at mængderne skal passe så målingerne ligger centralt på den tilhørende standardkurve. En blindprøve, kun indeholdende zink, blev også medtaget:

| Standardkurve |           |
|---------------|-----------|
| Konc. [mg/l]  | Absorbans |
| 0             | 0,000     |
| 0,01          | 0,255     |
| 0,02          | 0,440     |
| 0,03          | 0,623     |
| 0,04          | 0,810     |
| 0,05          | 0,997     |
| 0,06          | 1,202     |

Tabel 18 Absorbanser for standardkurve

| Prøve            | Abs.  | % Fosfor |
|------------------|-------|----------|
| Kød 0,5 g, 1 ml  | 0,798 | 0,20     |
| Kød 0,5 g, 3 ml  | 2,232 | 0,55     |
| Skal 1,5 g, 3 ml | 0,208 | 0,05     |
| Skal 1,5 g, 5 ml | 0,301 | 0,07     |
| Zink 0,5 g, 5 ml | 0,072 | 0,02     |

Tabel 17 Resultater af 2. indledende forsøg, se evt. bilag 7



**Figur 35 Standardkurve for det 2. indledende forsøg,  
for værdier og beregninger se evt. bilag 7**

Det ses at når der anvendes 0,5 g prøvemateriale for kødprøverne og der udtages 1 ml opløst aske ligger absorbansen lidt over midten af standardkurven. I den anvendte forskrift opgives der dog ikke udtagning af lavere mængder end de anvendte (0,5 g prøve og 1 ml opløst aske), så det besluttes at anvende disse mængder for kødprøverne fra vækstofforsøgene. Begge skalprøver ligger langt under centrum af standardkurven og det blev derfor besluttet at anvende 8 ml opløst aske til de videre forsøg.

Af forsøgende blev bl.a. fundet det procentvise indhold af fosfor i muslingernes kød og skaller over en periode på hhv. 84 dage for Lokalitet 1 (Kerteminde) og 56 dage for Lokalitet 2 (Svendborg). Indholdet blev fundet vha. metoden beskrevet i afsnit 4.4. Det samlede indhold af fosfor i muslingerne kan findes da vægten af den tørrede skal- og kødandel kendes. Derfor kan den samlede procentvise mængde fosfor i muslingerne bestemmes ved sammenhængen:

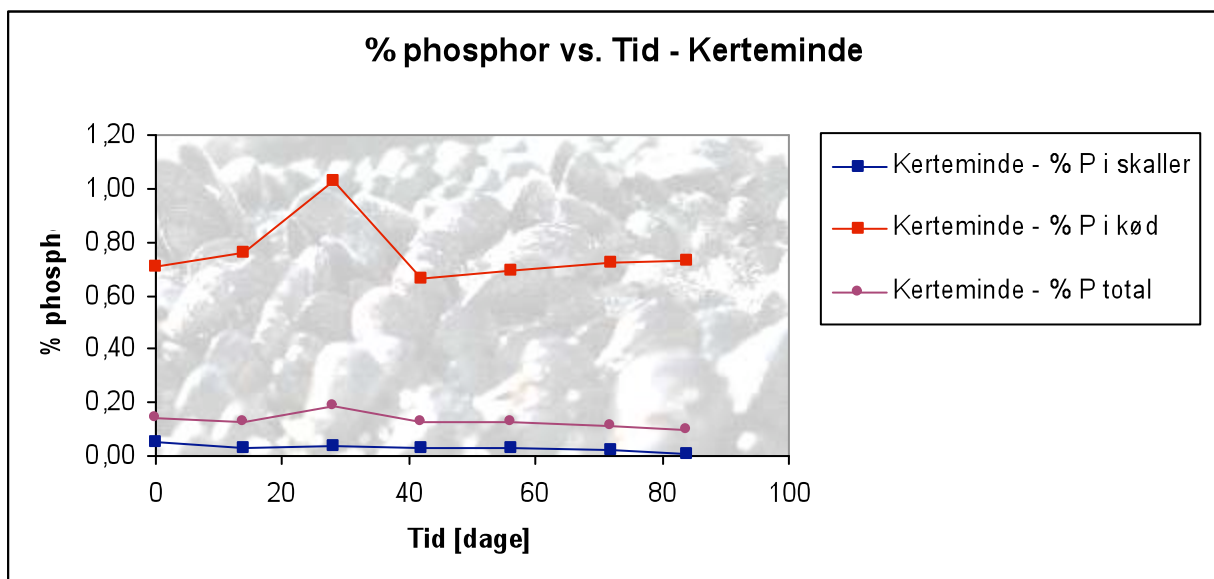
$$\% phosphor_{samlet} = \frac{(\% phosphor_{kød} \cdot \% kød i musling + \% phosphor_{skal} \cdot \% skal i musling)}{100}$$

**Ligning 6 Beregning af samlet procentvist indhold af fosfor i musling**

Tabel 19 Indhold af fosfor i muslinger fra vækstofforsøg i Kerteminde,  
Se bilag 7 for værdier og beregninger

| Kerteminde                   | Tid fra udsætning [dage] | % Fosfor Kød | % Fosfor Skal | % Fosfor Samlet |
|------------------------------|--------------------------|--------------|---------------|-----------------|
| Nulprøve (10/9-08)           | 0                        | 0,71         | 0,05          | 0,14            |
| 1. prøveudtagning (24/09-08) | 14                       | 0,76         | 0,03          | 0,13            |
| 2. prøveudtagning (08/10-08) | 28                       | 1,03         | 0,04          | 0,19            |
| 3. prøveudtagning (22/10-08) | 42                       | 0,66         | 0,03          | 0,12            |
| 4. prøveudtagning (5/11-08)  | 56                       | 0,69         | 0,03          | 0,13            |
| 5. prøveudtagning (19/11-08) | 70                       | 0,72         | 0,02          | 0,11            |
| 6. prøveudtagning (3/12-08)  | 84                       | 0,73         | 0,01          | 0,10            |

Nedenfor ses disse resultater afbilledet:



Figur 36 Indhold af fosfor i muslinger fra Kerteminde over tid,  
se bilag 7 for værdier og beregninger

Her ses det at fosforindholdet er stigende fra udsætningen af prøverne indtil starten af oktober, hvor indholdet er oppe på 1,03 %, hvorefter værdien falder til 0,66 %, og derefter langsomt stiger til 0,73 %. Mængden af fosfor i skallerne falder langsomt, og har, som ventet, et betydeligt lavere niveau i

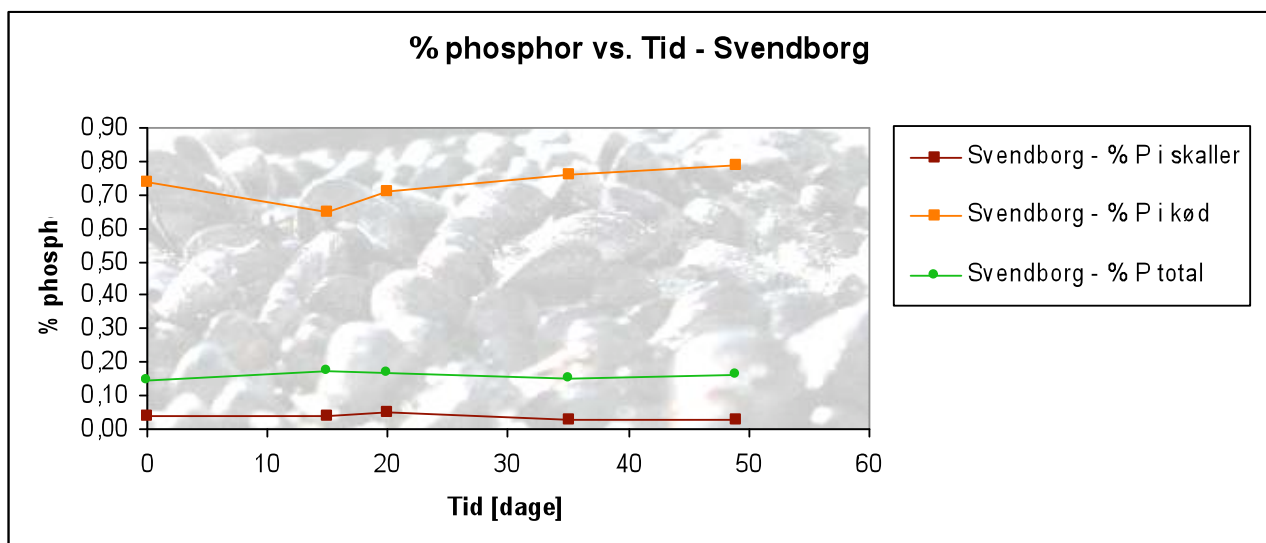
eksperimentets forløb over 84 dage. På grund af at muslingernes masse hovedsageligt består af skal, er den samlede ændring i muslingernes fosforindhold begrænset.

**Tabel 20 Indhold af fosfor i muslinger fra vækstforsøg i Svendborg,  
Se bilag 7 for værdier og beregninger**

| Svendborg                    | Tid fra udsætning [dage] | % Fosfor Kød | % Fosfor Skal | % Fosfor samlet |
|------------------------------|--------------------------|--------------|---------------|-----------------|
| Nulprøve (8/10-08)           | 0                        | 0,74         | 0,04          | 0,14            |
| 1. prøveudtagning (23/10-08) | 15                       | 0,65         | 0,04          | 0,17            |
| 2. prøveudtagning (28/10-08) | 20                       | 0,71         | 0,05          | 0,17            |
| 3. prøveudtagning (12/11-08) | 35                       | 0,76         | 0,03          | 0,15            |
| 4. prøveudtagning (26/11-08) | 49                       | 0,79         | 0,03          | 0,16            |

**Tabel 21 Indhold af fosfor i muslinger fra vækstforsøg i Svendborg**

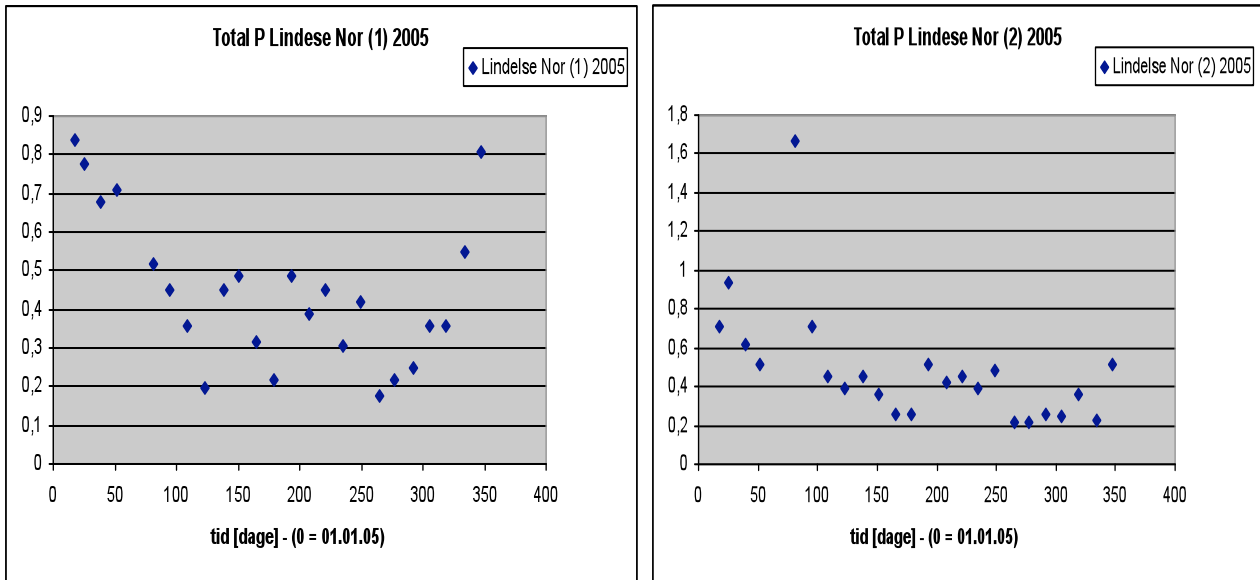
Nedenfor ses dette afbilledet:



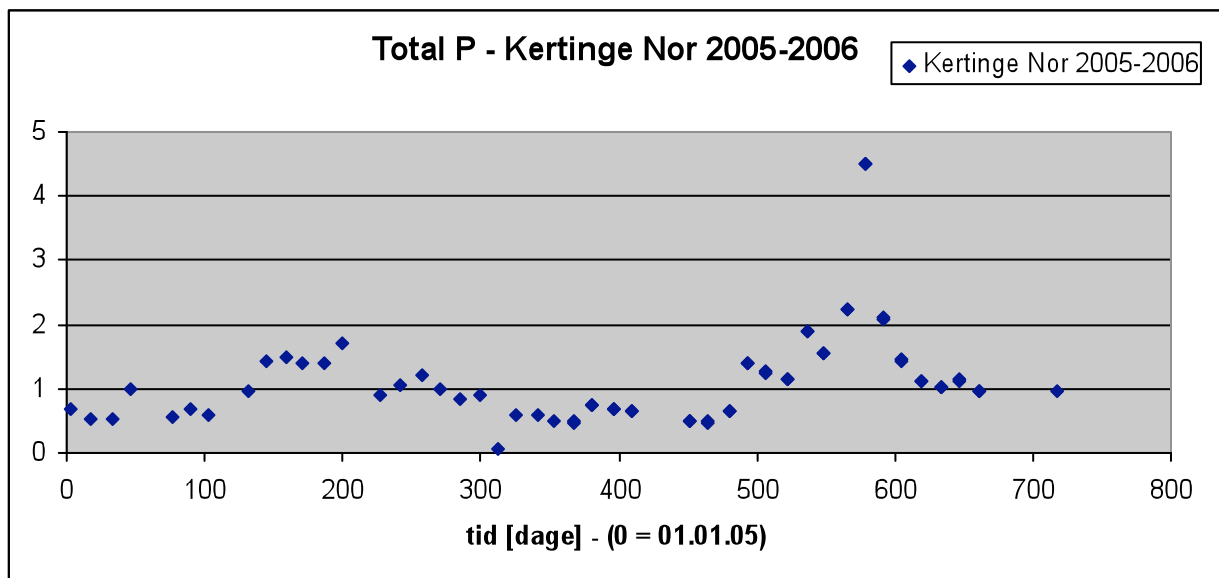
**Tabel 22 Indhold af fosfor i muslinger fra Svendborg over tid**

I Svendborg ses for køddelen af muslingerne en faldende tendens de første 15 dage, hvorefter fosforindholdet langsomt stiger. Skaldelen har en næsten omvendt tendens med en stigende mængde de første 20 dage hvorefter mængden falder.

Mængden af fosfor i Kertinge Nor og Lindelse Nor tæt ved Svendborg er fundet for år 2005, og 2006 for Kertinge Nor, for at se om mængden af fosfor i vandet ved de to lokaliteter kan have en indvirkning på resultaterne



**Figur 37** Indholdet af fosfor [µmol/l P] i Lindelse Nor tæt ved lokalitet 2 (DMU-MADS), for værdier se evt. bilag 4



**Figur 38** Indholdet af fosfor [µmol/l P] i Kertinge Nor tæt ved lokalitet 2 (DMU-MADS), se evt. bilag 4

Det årlige gennemsnit for de Nor er beregnet:

**Tabel 23 Sammenligning af gennemsnitligt fosforkoncentrationer for de to lokaliteter**

| <b>Lokalitet</b>                    | <b>Gennemsnitligt totalt Fosfor ved 1 m<sup>14</sup> [µmol/l]</b> |
|-------------------------------------|---|
| <b>Lindelse Nor (1) – Svendborg</b> | 0,447   |
| <b>Lindelse Nor (2) – Svendborg</b> | 0,484   |
| <b>Kertinge Nor - Kerteminde</b>    | 0,892   |

Dette viser en næsten 93 % højere fosformængde i Kertinge Nor. Det ser dog ikke ud til at have haft den store indvirkning for mængderne af fosfor i prøveindividerne. Dette er selvfølgelig også 3 år gammel data, så forholdene kan have ændret sig i mellemtiden.

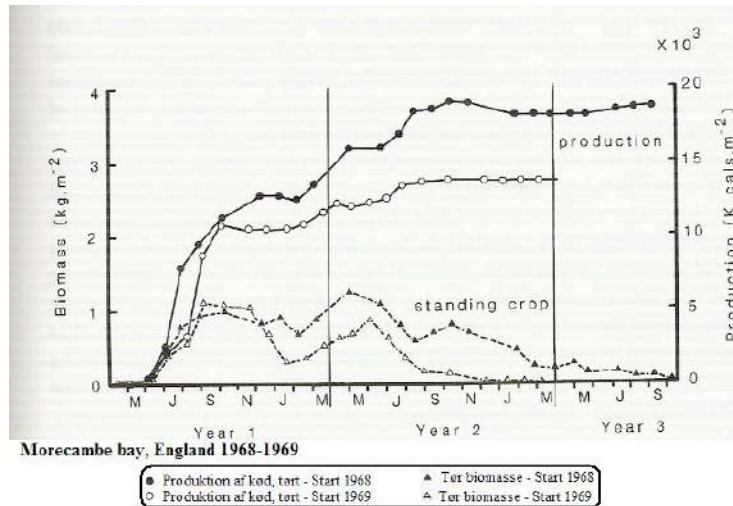
---

<sup>14</sup> Med enkelte undtagelser for et fåtal af målepunkterne, se evt. bilag XXX



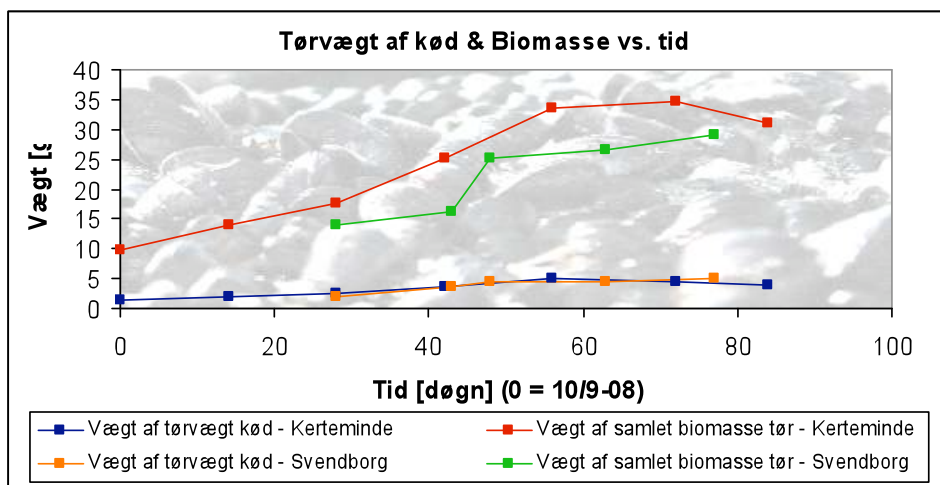
## 6. Optimalt høsttidspunkt

I dette afsnit vil de fundne resultater blive behandlet og et bud vil blive givet på det bedste tidspunkt at høste muslinger for optimal næringssaltfjernelse inden for det første halve år af deres liv. Dette er en forholdsvis begrænset periode, men kan dog stadig have en vis værdi. Alt efter forholdene vil muslingen efter sit første år begynde at gyde. Dette vil betyde at en stor del af muslingens energi vil gå til reproduktion og ikke vækst, hvorved mindre næring vil blive optaget (Gosling 1992). Det er også fundet at muslinger vil nå en høj biomasse, især for køddelen, efter et halvt år, hvorefter den årlige vækst vil aftage.



Figur 39 Biomasse & tørvægt af kød over tid for bunddyrkede *Mytilus Edulis*, efter (Gosling 1992)

Nedenfor ses en afbildning af tørvægten for køddelen og tørvægten af de samlede muslinger.



Figur 40 Afbildning af prøveresultater for udførte forsøg, se evt. bilag 3

Sammenligning af figur 32 og 33 viser at især tørvægt af kød fra Kerteminde har samme tendens som tidligere fundne vækstmønstre. Denne flader dog ud cirka en måned før de tidligere fundne resultater, hvilket kan skyldes den geografiske forskel. Tendensen for Svendborg ser ud til at fortsætte sin vækst, men kan dog forventes at flade ud eller falde som det ses ved Kerteminde, hvis det havde været muligt at tage yderligere målinger.

Da der ikke sker nogen store udsving i koncentrationen af fosfor i muslingerne, og da nitrogenindholdet ikke kendes i denne periode grundet ikke færdigt analyseret data ved afleveringsfrist, vurderes det at den største mængde muslinger vil kunne blive udtaget sidst i November til først i December.

Dette vil sige 5. prøveudtagning for lokalitet 1 (Kerteminde) og 4. Prøveudtagning for lokalitet 2 (Svendborg). Endnu en grund til at høste på dette tidspunkt er at den mindre fødetilgængelighed vil gøre at de inderste muslinger på muslingelinerne vil sulte og potentielt dø. Da muslingerne ofte sidder i op til 6 lag (Tyler-Walters, 2002) på rebene vil de let falde af, hvis de inderste muslinger dør og mister grebet. Dette har en række Danske muslingeavlere bl.a. oplevet de seneste år (oplyst ved MarbioShell)

Ved dette tidspunkt kendes kvælstofindholdet som sagt ikke, men det antages at denne, som for fosforindholdet, vil fortsætte med små ændringer til afslutningen af forsøgsperioden. Derfor laves lineære ekstrapolationer til estimater af manglende værdier.

For at have værdier der kan anvendes på levende nyhøstede muslinger skal resultaterne, som er baseret på tørvægt, omregnes til vådvægt. Egne data for vådvægt anvendes ikke da denne er for optøede og åbnede muslinger, hvor levende høstede muslinger vil holde sig lukket og derved holde på langt mere vand. Tidligere undersøgelser har fundet at forholdet mellem tørvægt og levende vådvægt for skaller er omkring 1:2,6 (Petersen & Loo). De fundne værdier for skallerne deles derfor med en faktor 2,6 for at omregne disse til levende vådvægt. For kødet regnes med et forhold mellem tørvægt og vådvægt på 9 % (Petersen & Loo). Dette vil sige at muslingerne ved anbefalet høsttidspunkt, omtrentligt vil have følgende indhold af næringsstoffer:

**Tabel 24 Procentvist indhold af næringsstoffer i tørrede muslinger fra de to prøvelokaliteter sidst i november, se bilag 8 for værdier og beregninger**

|                       | Muslingekød, tørt        |                         | Skal, tørt               |                         | Samlet indhold, tørt     |                         |
|-----------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
|                       | Kerteminde<br>(19/11-08) | Svendborg<br>(26/11-08) | Kerteminde<br>(19/11-08) | Svendborg<br>(26/11-08) | Kerteminde<br>(19/11-08) | Svendborg<br>(26/11-08) |
| <b>Total kvælstof</b> | 10,32 %                  | 8,16 %                  | 1,46 %                   | 1,70 %                  | 2,58 %                   | 2,80 %                  |
| <b>Total Fosfor</b>   | 0,72 %                   | 0,79 %                  | 0,02 %                   | 0,03 %                  | 0,11 %                   | 0,16 %                  |

*Kvælstofindholdene er et estimat ud fra forhåndenværende data og er fundet ved forholdsvist usikre ekstrapolationer. Reel data vil blive tilføjet i form af retteark. Se evt. bilag 8*

Da en omregningsmetode mellem tørvægt og levende vådvægt kendes kan de fundne resultater beregnes:

**Tabel 25 Indhold af næringsstoffer i % af levende vådvægt fra de to prøvelokaliteter sidst i november, se bilag 8 for værdier og beregninger**

|                       | Muslingekød,<br>levende vådvægt |                         | Skaller,<br>Levende vådvægt |                         | Samlet indhold,<br>Levende vådvægt |                         |
|-----------------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|
|                       | Kerteminde<br>(19/11-08)        | Svendborg<br>(26/11-08) | Kerteminde<br>(19/11-08)    | Svendborg<br>(26/11-08) | Kerteminde<br>(19/11-08)           | Svendborg<br>(26/11-08) |
| <b>Total kvælstof</b> | (0,93 %)                        | (0,73 %)                | (0,56 %)                    | (0,65 %)                | (0,70 %)                           | (0,69 %)                |
| <b>Total Fosfor</b>   | 0,06 %                          | 0,07 %                  | 0,01 %                      | 0,01 %                  | 0,03 %                             | 0,04 %                  |

*Kvælstofindholdene er et estimat ud fra forhåndenværende data og er fundet ved forholdsvist usikre ekstrapolationer. Reel data vil blive tilføjet i form af retteark. Se evt. bilag 8*

En mere anvendelig enhed i forbindelse med muslingedyrkning er at kende indholdet af næringsstoffer pr. ton levende vådvægt muslinger, da muslinger ved høst oftest bliver opgivet som tons levende vådvægt. Kød- og skalandelens bidrag findes ved at tage højde for den procentvise fordeling af kød og skal, hvilket for Kerteminde er: Kød vådvægt: 38,3 %, Skal vådvægt: 61,7 % og Svendborg: Kød vådvægt: 46,7 %, Skal vådvægt 53,3 %, se evt. bilag 6.

Tabel 26 Mængder af næringsstoffer der vil blive fjernet ved høst af et ton muslinger ud fra fundne resultater

|                       | Muslingekød,<br>levende vådvægt |                         | Skaller,<br>Levende vådvægt |                         | Samlet indhold,<br>Levende vådvægt |                         |
|-----------------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|
|                       | Kerteminde<br>(19/11-08)        | Svendborg<br>(26/11-08) | Kerteminde<br>(19/11-08)    | Svendborg<br>(26/11-08) | Kerteminde<br>(19/11-08)           | Svendborg<br>(26/11-08) |
| Vægtandel<br>af 1 ton | 383 kg                          | 467 kg                  | 617 kg                      | 533 kg                  | 1 ton                              | 1 ton                   |
| Total<br>kvælstof     | (3,6 kg)                        | (3,4 kg)                | (3,4 kg)                    | (3,5 kg)                | (7,0 kg)                           | (6,9 kg)                |
| Total<br>Fosfor       | 0,2 kg                          | 0,3 kg                  | 0,1 kg                      | 0,1 kg                  | 0,3 kg                             | 0,4 kg                  |

*Kvælstofindholdene er et estimat ud fra forhåndenværende data og er fundet ved forholdsvist usikre ekstrapolationer. Reel data vil blive tilføjet i form af retteark. Se evt. bilag 8*

Det ses at der fjernes en større mængde kvælstof i forhold til fosfor i Kerteminde end i Svendborg. Dette kan skyldes forskellen i forholdet mellem skal og kød mellem de to lokaliteter.

Tidligere undersøgelser har fundet værdier der ved det minimale estimat ligger forholdsvist tæt på de fundne værdier for kødandelen, men langt lavere for skalandelen, som det ses nedenfor:

Tabel 27 Ved produktion af 1 ton levende muslinger fjernes følgende mængder (i kg) af organisk Kulstof (C), Kvælstof (N) og Fosfor (P) fra (Petersen &amp; Loo)

|                                      | Muslingekød       |    |      |     | Skaller            |     |     |     |
|--------------------------------------|-------------------|----|------|-----|--------------------|-----|-----|-----|
|                                      | TV <sub>kød</sub> | C  | N    | P   | TV <sub>skal</sub> | C   | N   | P   |
| <i>Muslinger dyrket på langliner</i> |                   |    |      |     |                    |     |     |     |
| Estimat                              | 90                | 39 | 8,5  | 0,5 | 173                | 5,7 | 1,7 | 0,1 |
| Min.                                 | 60                | 19 | 4,2  | 0,4 | 154                | 5,1 | 1,5 | 0,1 |
| Max.                                 | 150               | 65 | 16,5 | 0,9 | 192                | 6,3 | 1,9 | 0,1 |
| <i>Fiskede muslinger</i>             |                   |    |      |     |                    |     |     |     |
| Estimat                              | 50                | 22 | 4,7  | 0,3 | 173                | 5,7 | 1,7 | 0,1 |
| Min.                                 | 35                | 11 | 2,5  | 0,2 | 154                | 5,1 | 1,5 | 0,1 |
| Max.                                 | 70                | 35 | 7,7  | 0,4 | 192                | 6,3 | 1,9 | 0,1 |

Grunden til de lidt forskudte forhold kan skyldes en række faktorer. Ved analyse af skallerne kan en begrænset mængde kød stadig kunne sidde på muslingen efter separation fra køddelen. Det vurderes dog at det kun vil kunne give en lille ændring i resultaterne. En anden forklaring kan være at der i estimatet fra Petersen & Loo er anvendt større prøveindivider, hvilket kan gøre at det ydre proteinlag på skallerne kan være helt, eller delvist, slidt af og derved sænke mængden af organisk materiale i skallerne.

En anden stor usikkerhed i dette estimat er de anvendte forhold mellem tørvægt og vådvægt, som kan svinge en del.

De fundne resultater er afhængige af en lang række faktorer, som klima, det omgivende vandmiljø m.m., hvilket vil gøre at resultater fra den samme lokalitet højst sandsynligt vil svinge fra år til år. Derfor vil disse resultater ikke kunne give et særligt præcist billede for andre lokaliteter, og der må derfor laves målinger lokalt hvis det præcise næringsoptag skal findes for en lokalitet.

## 7. Case – Musholm Lax

Her vil blive givet et eksempel på hvordan muslinger i en oprensende funktion, praktisk vil kunne anvendes, samt et overslag over hvad omkostningerne ved dette vil være.

Firmaet Musholm Lax A/S, der producerer regnbueørreder, *Oncorhynchus mykiss*, i havbrug i Storebælt, har i foråret 2008 ansøgt om tilladelse til en signifikant udvidelse af deres nuværende produktion fra omkring 2.500 ton ørreder pr. år til 5.000 ton ørreder pr. år. Denne merproduktion forventes at give en udledning af næringsstoffer på omkring 100 ton kvælstof om året og 13 ton fosfor om året (Sportsfiskeren, 2008)

Ansøgningen om tilladelse til dette bliver behandlet på nuværende tidspunkt.

Musholm Lax foreslår at placere den udvidede produktion syd for Rømsø, som det ses af figur 45. Musholm Lax oplyser at de delvist vil reducere udledningen af næringsstoffer vha. dyrkning af muslinger (Musholm Lax, 2008).

De fundne data i dette projekt vil her blive anvendt til at give en vurdering af mængderne af muslinger, der skal til for at optage den givne mængde næringsstoffer og et groft estimat af omkostningerne ved dette.

Som sagt vil en merproduktion på 2.500 kg regnbueørred give en øget tilførsel af næringsalte på ca. 100 tons nitrogen og 13 tons fosfor. Dette vil sige at følgende mængde muslinger med en skallængde på omkring 25 mm skal høstes:

Ton høstet muslinger = 7 kg N fjernet og 0,3 kg P fjernet.

$$\text{Ton muslinger} = \frac{100.000 \text{ kg N}}{7 \frac{\text{kg N}}{\text{Ton}}} = \underline{\underline{14.286 \text{ ton}}}$$

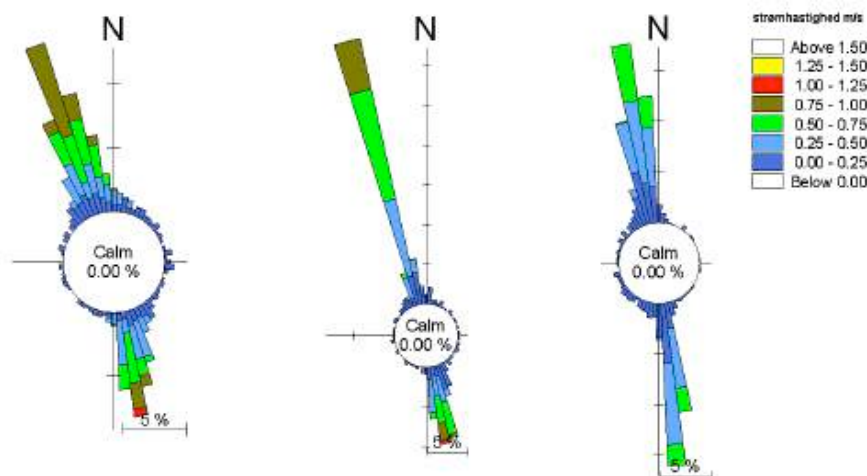
$$\text{Ton muslinger} = \frac{13.000 \text{ kg P}}{0,3 \frac{\text{kg N}}{\text{Ton}}} = \underline{\underline{43.333 \text{ ton}}}$$

Det ses at over 14.000 ton muslinger skal høstes for at fjerne 100 ton kvælstof og over 43.000 ton muslinger skal høstes for at fjerne 13 ton fosfor.

For at vide hvordan muslingerne bedst dyrkes må de lokale forhold kendes

## 7.1 Lokale forhold

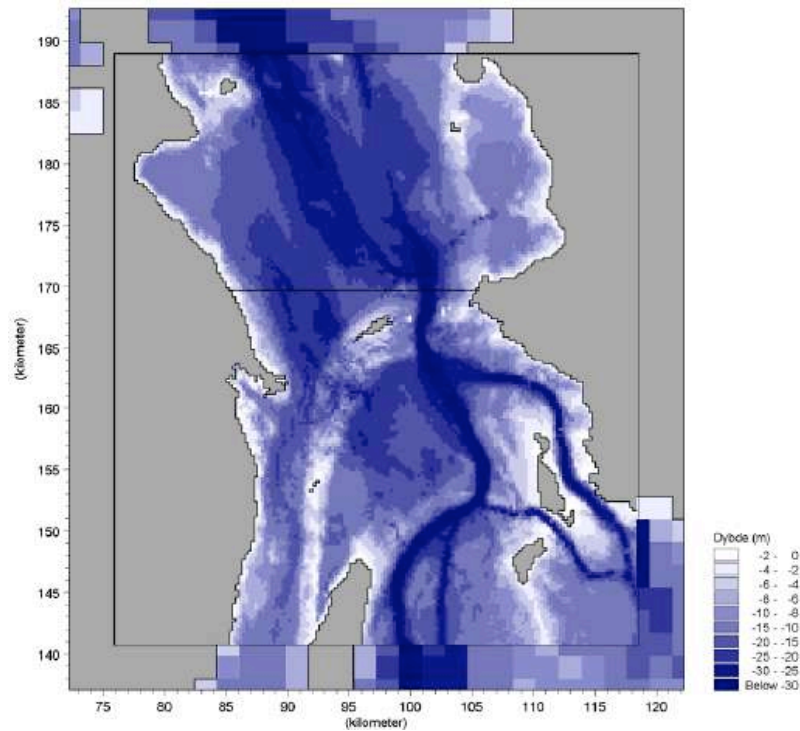
Storebælt forbinder Østersøen med Nordsøen via Kattegat. Fra Østersøen kommer vand i nordgående retning med en salinitet mellem 5 og 10 ‰ der vil ligge over det noget mere salte vand fra Kattegat med en salinitet på mellem 20 og 30 ‰. Strømretningen afhænger af en lang række faktorer som vind og vejr over de to have samt udstrømninger fra floder m.m. Derfor kan strømforholdene i Storebælt variere meget og der ses ikke noget fast mønster for denne.



Figur 41 Strømstyrke i vesterrenden mellem Sprogø og Knudshoved for hhv. 2, 5 og 10 meter i perioden 23/10 – 5/11 2007 (DHI, 2008)

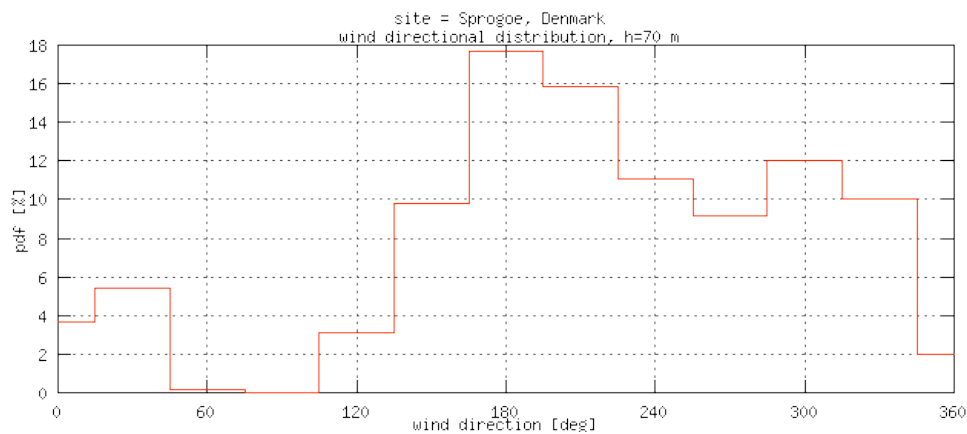
Som det ses er strømretningen hovedsageligt i syd- og nordgående retning og når sjældent op på over 1 m/s i den fundne måleperiode. Denne kan dog i perioder nå højere værdier. Gennemsnittet af strømstyrken i nord- og sydgående er 0,39 m/s og i de øverste 10 meter af vandsøjlen er den 0,88 m/s (DHI, 2008).

Temperaturen i Storebælt vil normalt ligge omkring 1-4 °C om vinteren og 15-20 °C om sommeren (DHI, 2008), hvilket ikke skulle være et problem for blåmuslingerne. Mængden af tilgængelig føde i Storebælt skulle gennemsnitligt også være tilstrækkeligt for muslinger, da denne er fundet til at være 3-5 µm Klorofyl A. Dette er dog en gennemsnitlig værdi og vil svinge kraftigt gennem året. Etableringen af det foreslåede havbrug vil også gøre at planktonkoncentrationen vil være højere. Som det ses af nedenstående illustration er dybden omkring det udvalgte område mellem 10 og 20 meter.



Figur 42 Dybdeforholdene i Storebælt (DHI, 2008)

Vindforholdene for Sprogø ca. 15 km syd for den foreslåede beliggenhed, og Røsnæs fyr, ca. 35 km nord for den foreslåede beliggenhed er fundet:



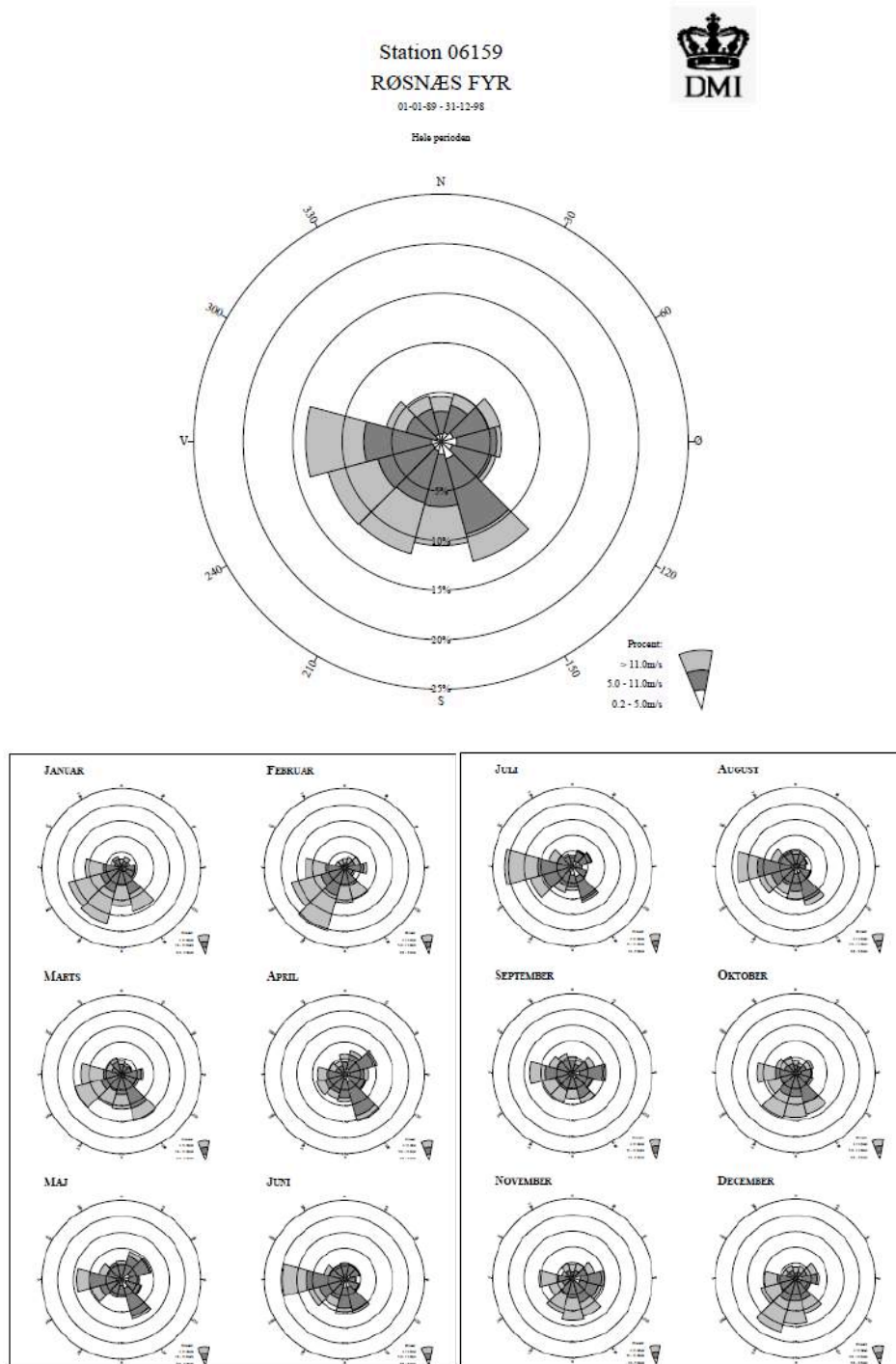
Figur 43 Fordeling af vindretning på Sprogø, Storebælt i 70 meters højde (Winddata, 2008)

De gradvise fordelinger skal fortolkes som følger:

|        |         |      |          |
|--------|---------|------|----------|
| 0/360° | Nord    | 180° | Syd      |
| 45°    | Nordøst | 225° | Sydvest  |
| 90°    | Øst     | 270° | Vest     |
| 135°   | Sydøst  | 315° | Nordvest |



Nedenfor ses vindforholdene for Røsnæs ved et årligt gennemsnit og månedlige gennemsnit.



Figur 44 Vindforhold ved målestation 6159, Røsnæs fyr (DMI, 1999)

Af vindmålingerne fra de to stationer ses at vindretningen hovedsageligt ligger mellem sydøst og vest. Dette gør at den foreslåede lokalitet for det nye havdambrug vil ligge delvist i læ for vinden pga. Fyn og Romsø, dog ikke hvis vinden kommer fra øst.

Nedenfor ses de forskellige nævnte målestationer, placeringer og prøvelokaliteter afbilledet:



Figur 45 Afbildning af placeringer for div. målestationer m.m. efter (Google maps, 2008)

Da forholdene omkring det foreslåede havbrug, i nogle tilfælde, kan blive forholdsvis barske, vil området i denne rapport blive betragtet som ”off-shore”.

## **7.2 Valg af dyrkningssystem**

Til dette vurderes enten den canadiske model eller smartfarmssystemet at være de bedst egnede. Det canadiske system er som tidligere beskrevet (se afsnit 3.1). Denne er sænket under vandet og kræver derfor en del håndtering ved høst, da en stor last skal løftes, for at få adgang til muslingerne så de kan høstes. Det vil fylde et stort areal, da linerne er individuelt forankret. Smartfarmssystemet udmærker sig ved at kræve meget lidt arbejdskraft fra udsætning af net til høstning af muslinger. Dette system er også testet under "off-shore" forhold og har vist sig egnet til at fungere under disse. Musholm Lax A/S har også selv haft et teststræk af smartfarmnet (131 meter) ude, for at teste hvor egnet disse er til forholdene i Storebælt. Dette skete vest for Musholm<sup>15</sup>, ved den største af deres nuværende produktioner. Prøverne har vist at systemet kan fungere, men at et system til at afværge edderfugle er nødvendigt, hvis ikke disse skal fortære muslingerne (En flok edderfugle rensede det førnævnte prøvestræk for muslinger på omkring en uge). Det blev også fundet at tætheden af muslinger var lavest øverst på nettene, hvor muslingerne bliver forstyrret af bølgerne. Det vurderes derfor at smartfarmssystemet er det bedst egnede af de systemer der er nævnt i dette projekt, og der vil derfor arbejdes videre med dette. Det skal dog også nævnes at smartfarmssystemet er meget nyt, så der kan måske stadig være uforudsete problemer med driften af disse som endnu ikke er dukket op.

## **7.3 Omkostninger ved dyrkning**

Omkostningerne ved et smartfarmanlæg er vurderet ud fra et overslag udarbejdet af Smartfarm A/S til sammenligning af deres system med konkurrerende systemer. Det originale ark ses i bilag 9. Omkostningerne ved anlægget (net og forankring) er estimeret til at ville koste ca. 20 % mere end de forslåede værdier, da de skal kunne håndtere forholdene på åbent hav. Omkostningerne ved høstfartøj samt høstmaskine er rundet op fra de anslåede 3.800.000 kr til 4 mio. DKK. 4 kg muslinger pr. meter produktionsreb angives som "standardmængden". Denne værdi er for muslinger til konsum (>45 mm) der ikke vil have en helt så stor tæthed som mindre muslinger. Ved pilotforsøget ved musholm viste muslingerne dog tegn på "stress" grundet høj strøm, hvilket vil hæmme deres vækst. Det blev som tidligere nævnt også observeret at tætheden af muslingerne var lavere øverst på nettet. Derfor vurderes det at referenceværdien på 4 kg muslinger pr. meter

---

<sup>15</sup> Den lille ø, direkte øst for den foreslåede placering af den udvidede produktion.

produktionsreb stadig vil kunne bruges. Denne værdi er dog meget usikker og vil kræve yderligere forsøg for det specifikke sted, for at blive fastsat præcist. Det blev fundet at spatdannelse ikke var noget problem og midt i september blev et rebstykke på 10 cm fra forsøgsstrækket optalt til at have følgende mængder små blåmuslinger:

**Tabel 28 Grov optælling af antal individer på 10 cm smartfarm reb fra september<sup>16</sup>**

| <b>Størrelsesinterval [mm]</b> | <b>Antal individer</b> |
|--------------------------------|------------------------|
| 0,1 – 0,4 mm                   | 2000                   |
| 0,4 – 0,7 mm                   | 500                    |
| 0,7 – 1,2 mm                   | 300                    |
| 1,2 – 1,9 mm                   | 200                    |
| <b>I alt</b>                   | <b>3000</b>            |

Antallet af cykluser ændres også til 1 fra 2 cykluser, da der vil dyrkes og høstes en generation muslinger om året.

Det vil sige at beregningen af omkostningerne ved et smartfarm anlæg bygges på følgende oplysninger:

- Antal meter produktionsreb pr. smartfarmenhed (131 m): **Angivet til 3300 meter**
- Kg muslinger pr. meter produktionsreb: **Anslået til 4 kg pr. meter**
- Udgift pr. opdrætsenhed + 20 % (Angivet til 65.000 kr) **78.000 kr**  
Afskrivningen af disse forventes at foregå over 10 år
- Udgift forankring pr. opdrætsenhed + 20 %  
(Angivet til 8.000 kr) **9.600 kr**  
Afskrivningen af disse forventes at foregå over 10 år
- Investeringer andet  
(Høstfartøj 3 mil. , høstemaskine 1 mil.) **4.000.000 kr**  
Afskrivningen af disse forventes at foregå over 15 år

Det er opgivet af Smartfarm A/S at deres høstemaskine vil kunne høste 1 tons muslinger hvert 3. minut (20 tons pr. time). Dette begrænses dog af høstfartøjets maksimale lasteevne. Det vurderes derfor at fartøjet vil kunne klare mellem 2 og 3 x 20 tons om dagen. Det skal være muligt at høste

<sup>16</sup> Optalt under deltagelse i BB506 Marin- og Brakvandsøkologi

muslingerne hurtigt, hvis det f.eks. vurderes at de er ved at falde af grundet høj dødelighed af de inderste muslinger. Det fastsættes derfor at muslingerne skal kunne høstes inden for 2 uger. Tages der også højde for at dårligt vejr, grundet tiden på året omkring høst (November – December), vil det sige at et høstfartøj skal kunne høste omkring 500 tons muslinger på 2 uger. Derfor vil et yderligere høstfartøj skulle anskaffes ved større mængder end dette. Omkostninger ved høst, og faktorer nødvendige for at finde denne er regnet på følgende hvis, baseret på priseksempel fra Smartfarm A/S (se evt. bilag 9):

$$\text{Pr oduktion pr.enhed} \left[ \frac{\text{kg musling}}{\text{enhed}} \right] = \text{meter pr.opdrætsenhed} \cdot \frac{\text{kg musling}}{\text{meter}}$$

$$\text{Antal opdrætsenheder} = \frac{\text{tons muslinger, brutto pr.år} \cdot 1000 \text{ kg}}{\text{produktion pr.enhed}}$$

$$\text{Samlet invistering} = (\text{udgift pr.opdrætsenhed} + \text{udgift til forankring}) \cdot \text{antal opdrætsenheder} + \text{invistering an det}$$

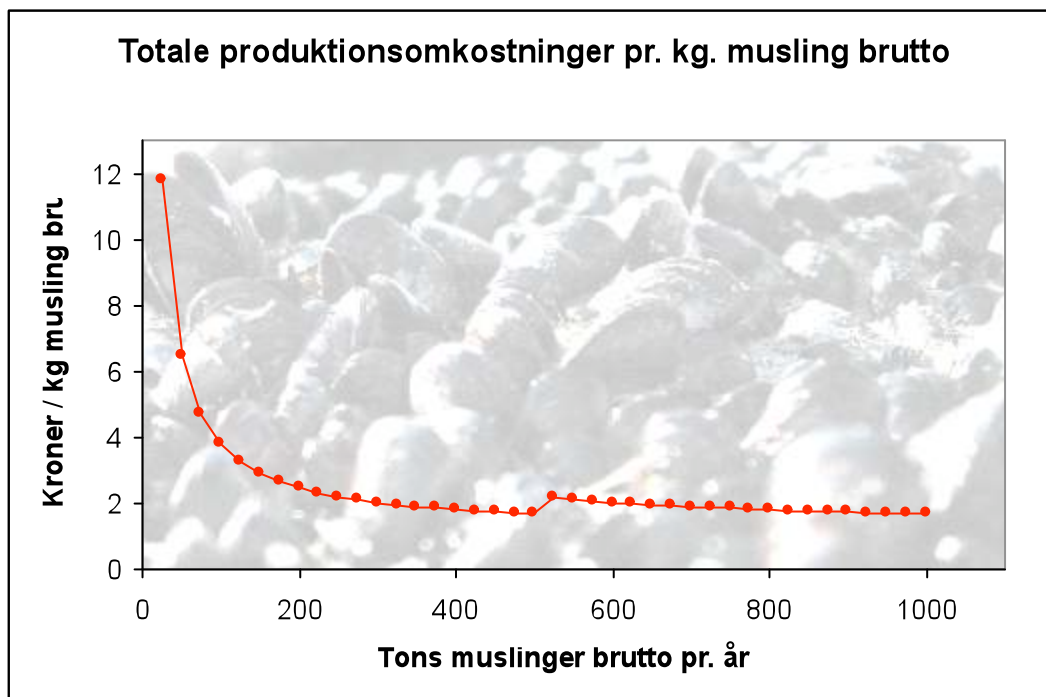
$$\begin{aligned} \text{Afskrivning pr.år} = & \frac{\text{Udgift pr.opdrætsenhed} \cdot \text{antal opdrætsenheder}}{\text{afskrivningsperiode}} \\ & + \frac{\text{Udgift forankring pr.opdrætsenhed} \cdot \text{antal opdrætsenheder}}{\text{afskrivningsperiode}} \\ & + \frac{\text{Invistering an det}}{\text{afskrivningsperiode}} \end{aligned}$$

$$\text{Pr oduktionsomkostninger pr.år} = \text{tons muslinger, brutto pr.år} \cdot 1000 \text{ kg} \cdot 0,47 \frac{\text{kr}}{\text{kg}}$$

$$\text{Samlede omkostninger pr.år} = \text{Afskrivning pr.år} + \text{produktionsomkostninger pr.år}$$

$$\text{Totale produktionsomkostninger pr.kg musling} = \frac{\text{Samlede omkostninger pr.år}}{\text{Tons muslinger, brutto pr.år} \cdot 1000 \text{ kg}}$$

Dette giver følgende forhold mellem mængden af høstede muslinger i tons og prisen pr. kg høstet musling:



Figur 46 Omkostninger pr. kg høstet musling i forhold til mængden af høstet musling

Det ses at prisen starter meget højt og falder til et minimum på 1,67 DKK pr. kg høstet musling ved 500 tons høstet musling, hvorefter prisen igen stiger da der skal investeres i endnu et høstfartøj. Prisen falder igen til 1,67 DKK pr. kg høstet musling ved 1000 tons høstet musling. Dette gør den for hvert 500 tons, med den givne økonomiske model. Der regnes derfor videre på en produktion på 500 tons, der derefter vil kunne multipliceres til den ønskede mængde. En produktion på 500 tons vil have følgende omkostninger:

$$\text{Pr oduktion pr.enhed} = 3300 \frac{\text{meter}}{\text{opdrætsenhed}} \cdot 4 \frac{\text{kg musling}}{\text{meter}} = 13.200 \left[ \frac{\text{kg musling}}{\text{enhed}} \right]$$

$$\text{Antal opdrætsenheder} = \frac{500 \text{ tons muslinger, brutto pr. år} \cdot 1000 \text{ kg}}{13.200 \left[ \frac{\text{kg musling}}{\text{enhed}} \right]} = 38 \text{ smartfarmenheder}$$

$$\text{Samlet invistering} = (78.000 \text{ kr} + 9.600 \text{ kr}) \cdot 38 \text{ smartfarmenheder} + 4.000.000 \text{ kr} = 7.318.182 \text{ kr}$$

$$\text{Afskrivning pr. år} = \frac{78.000 \text{ kr} \cdot 38 \text{ enheder}}{10 \text{ år}} + \frac{9.600 \text{ kr} \cdot 38 \text{ enheder}}{10 \text{ år}} + \frac{4.000.000 \text{ kr}}{15 \text{ år}} = 598.485 \text{ kr pr. år}$$

$$\text{Produktionsomkostninger pr. år} = 500 \text{ tons muslinger, brutto pr. år} \cdot 1000 \text{ kg} \cdot 0,47 \frac{\text{kr}}{\text{kg}} = 235.000 \text{ kr pr. år}$$

$$\text{Samlede omkostninger pr. år} = 598.485 \text{ kr pr. år} + 235.000 \text{ kr pr. år} = 833.485 \text{ kr pr. år}$$

$$\text{Totale produktionsomkostninger pr. kg musling} = \frac{833.485 \text{ kr pr. år}}{500 \text{ Tons muslinger, brutto pr. år} \cdot 1000 \text{ kg}} = \underline{\underline{1,67 \frac{\text{kr}}{\text{kg}}}}$$

Det vurderes urealistisk at opnå fuld fjernelse af den tilføjede mængde fosfor (13 ton) fra det projekterede havbrug, da dette ville kræve en høst af muslinger på 43.333 tons muslinger.

Der fokuseres derfor videre på de 14.286 ton der skal høstes for at fjerne 100 tons kvælstof.

Dette vil rundt regnet kræve 29 produktioner på 500 tons. 29 produktionsenheder af 500 tons vil pr. år koste:

$$500 \text{ Tons muslinger, brutto pr. år} \cdot 1000 \text{ kg} \cdot 1,67 \frac{\text{kr}}{\text{kg høstet musling}} = \underline{\underline{24.215.000 \text{ kr pr. år}}}$$

Dette vil sige en udgift pr. tons regnbueørred på:

$$\text{Merpris for muslingerensning pr. tons ørred} = \frac{2.4215.000 \text{ kr pr. år}}{2500 \text{ tons ørred pr. år}} = 9.686 \text{ kr pr. tons ørred}$$

Prisen pr. kg fjernet kvælstof bliver:

$$\text{Pris pr. kg fjernet N} = \frac{1670 \frac{\text{kr}}{\text{ton musling}}}{7 \frac{\text{kg kvælstof}}{\text{ton musling}}} = \underline{\underline{239 \text{ kr pr. kg fjernet N}}}$$

$$\text{Pris pr. kg fjernet P} = \frac{1670 \frac{\text{kr}}{\text{ton musling}}}{0,3 \frac{\text{kg kvælstof}}{\text{ton musling}}} = \underline{\underline{5567 \text{ kr pr. kg fjernet P}}}$$

## 7.4 Diskussion

Disse resultater er selvfølgelig behæftet med en hvis usikkerhed, da en lang række antagelser er blevet gjort. De giver dog en idé om hvilken målestok de fremlagte tal skal ses i.

Placeret med et mellemrum på 10 meter mellem hver opdrætsenhed (Så høstskibet kan sejle mellem opdrætsenhederne og høste) vil en produktion på 500 tons blåmuslinger ca. fylde 5 hektar (38 enheder x 10 m x 131 m), hvilket vil sige at en produktion skal bruge 145 hektar havareal<sup>17</sup>. Dette er et betydeligt areal og det vil måske være svært at finde områder til dette. Som beskrevet i afsnit 3.2, vil bunden under disse farme også blive påvirket markant af muslingedyrkingen. Så det må også overvejes om en forringelse af bundforholdene på et lokalt plan er acceptabelt i forhold til en forbedring af vandkvaliteten på et nationalt plan.

Et andet problem med disse beregninger er at den opgivne udledning af næringsstoffer ikke vil ske jævnt fordelt over året, men primært i sommerhalvåret hvor plankton har optimale vækstforhold.

Muslingerne vil først påbegynde en betydelig næringsoptagelse efter de har sat sig på produktionsnettene, hvilket normalt sker i april til maj. Derefter vil hastigheden af den samlede mængde optaget næringsstof formegentlig følge hastigheden af tilvækst i biomasse som ses af figur 39. Det ses derfor at der vil ske den største optagelse mellem maj og november, hvilket falder godt sammen med perioden, hvor der bruges den største mængde foder i ørredproduktionen.

Der er i dette projekt ikke opgivet nogen indtjening ved salg af muslingerne. Dette punkt er der stor usikkerhed omkring. Det er fundet i (Møhlenberg, 2007) at små muslinger evt. vil kunne sælges til 0,25 DKK pr. kg til muslingemel, hvilket vil give omkring 3,7 mio. for den projekterede mængde. Det kan dog også ske at muslingerne ikke vil kunne afsættes og derved vil dette i stedet blive en yderligere udgift.

---

<sup>17</sup> Ca. 220 fodboldbaner, eller størrelsen på Sprogø



## 8. Omkostninger ved fjernelse af næringsstoffer af muslinger vs. spildevandsrensning

For at få en idé om hvor rentabelt det er at fjerne næringsstoffer med muslinger, sammenlignes omkostningerne ved dette med konventionel spildevandsrensning. I en arbejdsrapport fra miljøstyrelsen Nr. 25 2007<sup>18</sup> er der i forbindelse med en vurdering af de mest økonomiske forbedringer til spildevandsanlæg lavet en række beregninger over omkostningerne ved oprensning af kvælstof og fosfor. I førnævnte rapport, bilag 1, er der brugt tal for renselanlæg der håndterer over 15.000 PE<sup>19</sup> med et gennemsnit på 56.000 PE – altså store rensningsanlæg. Med en afskrivning over 25 år, realrente på 6 % og data fra år 2004 er følgende værdier for denne størrelse rensningsanlæg fundet:

### **Kvælstof - Rensningsanlæg**

19 DKK/kg N/år anlæg

5 DKK/kg N/år drift og vedligehold

I alt 24 DKK pr. kg fjernet N/år

### **Fosfor - Rensningsanlæg**

47 DKK/kg P/år anlæg

60 DKK/kg P/år drift/vedligeholdelse

I alt 107 DKK pr. kg fjernet P/år

Hvis rensningsgraden skal forbedres (optimering er fundet til at blive den billigste løsning) ud over det nuværende niveau er det af miljøstyrelsen fundet til at koste:

### **Kvælstof – Optimering af rensningsanlæg**

I alt 17-26 DKK pr. kg fjernet N/år

---

<sup>18</sup> Titel: Muligheder for begrænsning af N og P udledning fra kommunale renselanlæg, industrielle udledninger og regnbetingede udledninger.

<sup>19</sup> Person enheder

**Fosfor – Optimering af rensningsanlæg**

I alt 170-260 DKK pr. kg fjernet P/år

Dette viser at det er betydeligt dyrere at fjerne næringsstoffer ved dyrkning af blåmuslinger, hhv. 1.000-1.500 % og 2.200-3400 %.

Rensning med muslinger har dog sine fordele i forhold til udvidelse af

spildevandsrensningssystemet. Især når det kommer til oprensning af udledninger til havet.

Spildevandsrensning renses jævnt over hele året hvor muslingerne renses mest intensivt i perioden hvor plankton og alger har de bedste vækstbetingelser og derved sænker chancen for iltsvind. Andre virkemidler til sænkning af udledningen af næringsstoffer kan også tages i brug i denne sammenhæng, som beskrevet af f.eks. Møhlenberg S.J. (Møhlenberg, 2007)

Af disse kan nævnes braklægning af marker, etablering af vådområder og etablering af bufferzoner omkring åer op til landbrug. En række af disse er fundet til at være langt mere økonomiske end muslingedyrkning (Møhlenberg, 2007)

## 9. Diskussion

En vigtig faktor når der snakkes udledning af næringsstoffer til havmiljøer, og den resulterende eutrofiering, er ud over kvælstof og nitrogen, organisk stof. Mængden af organisk stof, muslinger optager er i dette projekt ikke berørt, hvilket giver et ufuldstændigt billede af muslingers oprensende potentiale.

Det er også værd at bemærke at det kan være problematisk at overføre resultaterne af de fundne resultater, hvor muslingerne har vokset i net med begrænset plads, til situationer hvor muslingerne vokser på liner i store farme. Der bliver dog givet en idé om, hvilke vækstmønstre muslingerne generelt vil følge, og hvordan indholdet af næringsstoffer ændrer sig imens. For at få en bedre idé om, præcist hvad der påvirker muslingernes optagelse af næring, skal målinger af forholdene ved hver prøveudtagning laves (eksempelvis temperatur, salinitet og klorofyl a). Det kunne også være interessant at følge muslingerne i et tidligere stadie end det er blevet gjort i dette projekt. Dette kan dog have nogle praktiske udfordringer grundet muslingernes mindre størrelse.

Ud over at starte tidligere, kunne det også være interessant at følge muslingernes vækst over en længere årrække, for derved at undersøge om der kunne være nogle uventede fordele ved dette. Disse data vil kunne anvendes på muslinger dyrket til konsum, der bliver dyrket over en længere periode.

Det er også en mulighed at lade muslinger nå konsumstørrelse (>45 mm) og derved få en høj salgspris. Dette vil dog kræve en langt højere mængde arbejde med omstrømning og andet, da muslinger ellers vil vokse i for store mængder og falde til bunds. Det er i dette projekt blevet vurderet, at måden at få den billigste fjernelse af næringsstoffer ved, er gennem et minimum af håndtering og derved, vil lave arbejdsomkostninger holde prisen nede.

Et andet emne der heller ikke er berørt, er muslingernes optagelse af CO<sub>2</sub> i deres skaller. Der vil endvidere muligvis kunne sælges CO<sub>2</sub> kvoter af de optagede gasser. En hurtig udregning med udgangspunkt i et CO<sub>2</sub> indhold i skallerne på 44 % (Se ligning 1) og en CO<sub>2</sub>-kvotepris på 109,84 kr/ton (dong energy, 2008) vil det for 14.500 ton give ca. 155.000 kr<sup>20</sup>. Dette kræver selvfølgelig at skallerne deponeres uden at blive nedbrudt.

Endnu et emne der er valgt ikke at blive omhandlet i dette projekt, er indholdet af forskellige toksiske og uønskede stoffer i muslingerne, heriblandt tungmetaller og toksiner som muslingerne vil

---

<sup>20</sup>  $14.500 \text{ ton} \times (((61,7 \% \text{ VV skal} - \text{Kerteminde} + 53,5 \% \text{ VV skal} - \text{Svendborg})/2 \times 100 \%) / 2,6 \text{ VV skal pr. TS skal}) \times (44/100) \% \text{ CO}_2 \times 109,84 \text{ kr/ton CO}_2$

kunne optage gennem indtagelse af giftige alger. Dette område har et vist potentiale, da der årligt bruges store summer på kvalitetskontrol af muslinger for giftstoffer, hvilket måske kan vise sig at være unødvendigt, eller kan nedskæres i frekvens.

Ved beregning af omkostninger for dyrkning af muslinger er der bl.a. ikke taget højde for, hvordan størrelsen af muslingefarmene påvirker væksten. Der vil selvfølgelig med store farme være en begrænset mængde føde til muslinger i midten af anlæggende, men de skiftende strømforhold og i det hele taget gode vandudskiftning i Storebælt kan måske til en hvis grad minimere dette. Der er heller ikke taget højde for renter ved køb af anlæg, hvilket vil hæve prisen.

## 10. Konklusion

Overordnet blev det fundet at høst af muslinger sidst i november, til først i december vil give den største mængde fjernede næringsstoffer pr. år. Endvidere er muslinger, på dette tidspunkt, i stand til at fjerne følgende mængder næringsstoffer ved høst af et tons muslinger:

**Tabel 29 Mængder af næringsstoffer der vil blive fjernet ved høst af et ton muslinger ud fra fundne resultater**

|                               | Muslingekød,<br>levende vådvægt |                         | Skaller,<br>Levende vådvægt |                         | Samlet indhold,<br>Levende vådvægt |                         |
|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|
|                               | Kerteminde<br>(19/11-08)        | Svendborg<br>(26/11-08) | Kerteminde<br>(19/11-08)    | Svendborg<br>(26/11-08) | Kerteminde<br>(19/11-08)           | Svendborg<br>(26/11-08) |
| <b>Vægtandel<br/>af 1 ton</b> | 383 kg                          | 467 kg                  | 617 kg                      | 533 kg                  | 1 ton                              | 1 ton                   |
| <b>Total<br/>kvælstof</b>     | (3,6 kg)                        | (3,4 kg)                | (3,4 kg)                    | (3,5 kg)                | (7,0 kg)                           | (6,9 kg)                |
| <b>Total<br/>Fosfor</b>       | 0,2 kg                          | 0,3 kg                  | 0,1 kg                      | 0,1 kg                  | 0,3 kg                             | 0,4 kg                  |

På grund af forlængede prøvebehandlingstider var data for kvælstofindholdet, i de sidste prøver, ikke tilgængelige ved afleveringsfristen for dette projekt, og estimerer for disse værdier er i stedet givet med en stor usikkerhed til følge. De manglende målinger vil senere blive tilføjet.

Muslingerne blev under forsøget fundet til at have en vækstrate på mellem 0,07-0,19 mm/døgn, med en generel faldende tendens i løbet af forsøgsperioden.

Konditionsindekset for muslinger varierede i intervallet fra 5,55 til 9,19 mg/cm<sup>3</sup>. Dette må siges at være forholdsvist store udsving i værdierne og er udtryk for at forholdet mellem muslingernes skallængde og kødindhold varierer meget. Udsvingene i næringsstofmængderne er dog begrænsede. Dette er de fordi, selvom kødet procentvist indeholder de største mængder næringsstoffer, har kødet kun en andel på 15 % af tørstoffet. Derfor vil skalandelen have en betydelig indflydelse på det samlede næringsstofniveau på trods af dens begrænsede procentvise indhold.

Askeindholdet i prøverne blev fundet til at ligge mellem 6,99-12,33 % i kødandelen og 50,83-53,00 % i skallerne. Grunden til det høje askeindhold i skallerne ses af ligning 1, da omkring halvdelen af skallen vil være tilbage efter foraskning i form af CaO.

Kvælstofindholdet blev bestemt vha. elementaranalyse da standardafvigelsen for denne metode var 10 gange lavere end for bestemmelse med Kjeldahlmetoden.

Kvælstofindholdet i muslingerne blev fundet til at ligge mellem 8,894-14,417 % i kødandelen, 1,278-1,687 % i skalandelen og et samlet indhold på 2,46-3,47 %. Dette er igen store udsvingninger der kan skyldes variationer i de lokale forhold.

Fosforindholdet blev fundet til at være 0,65-1,03 % for kødandelen, 0,01-0,05 % for skalandelen og 0,10-0,19 % for hele muslinger. Dette er noget under hvad der tidligere er fundet (se tabel 27), og kan måske skyldes lavere indhold af fosfor ved prøvelokationerne, end ved lokationerne for de tidligere undersøgelser.

Der blev for en udvidelse af et havdambrug på 2500 tons regnbueørred om året fundet at det vil koste 239 DKK pr. kg fjernet N og 5.567 DKK pr. kg fjernet P. Fjernelse af kvælstof med muslinger blev fundet til at være 1.000-1.500 % dyrere end hvad det ville koste og fjerne yderligere nitrogen ved en optimering af rensningsanlæg. Det blev også fundet at oprensning af fosfor med muslinger i det givne tilfælde med musholm lax vil være 2.200-2.400 % dyrere end en øget oprensning af fosfor gennem en optimering af rensningsanlæg.

## 11. Litteraturliste

(Aiello & Sleight, 1972)

Aiello, E., Sleight, M. A. 1972, *The metachronal wave of lateral cilia Mytilus Edulis*

University of Bristol, The journal of Cell Biology vol. 54, pp. 493-506

(Barrows et al., 1984)

Barrows, J. N., Jameson, G. B, Pope, M. T. 1984, *Structure of a Heteropoly Blue. The Four-Electron  $\beta$ -12-Molybdophosphate Anion.*

Georgetown University, J. Am. Soc. Vol. 107, pp. 1771-1773

(DHI, 2008)

Closter, R. M., Edelvang, K., Christensen, E. D., Hammer, E., Nielsen, A. W. 2008, *Havvindmøller ved Sprogø – Hydrografiske forhold og vandkvalitet*

Sund & Bælt. DHI

(DMI, 1999)

Cappelen, J., Jørgensen, B. 1999, *Observeret vindhastighed og -retning i Danmark - med klimanormaler 1961-90*

Dansk Metrologisk Institut – Transportministeriet

(DMU, 2004)

Christensen, P. B., Hansen, O. S., Ærtebjerg, G. 2004, *Iltsvind*

Danmarks miljøundersøgelser, Hovedland, ISBN: 87-7739-734-7

(DMU-MADS)

Den nationale database for marine data

Danmarks miljøundersøgelser

Hjemmeside: <http://www.dmu.dk/Vand/Havmiljoe/MADS/>

(Dong energy, 2008)

<http://www.dongenergy.dk/erhverv/produkter/co2%20kvoter/Pages/co2%20basispris.aspx>

Sidst besøgt: 5/12 2008

(Eider, 2008)

[http://lh3.ggpht.com/\\_yCcm-amkgyM/RvKbK-2VkpI/AAAAAAAAAG4/SNmMX2ITLk4/Eider\\_Male\\_MG\\_4558\\_8inx6in.jpg](http://lh3.ggpht.com/_yCcm-amkgyM/RvKbK-2VkpI/AAAAAAAAAG4/SNmMX2ITLk4/Eider_Male_MG_4558_8inx6in.jpg)

Sidst besøgt: 15/12-08

(Google maps, 2008)

<http://maps.google.dk>

Sidst besøgt: 15/12-08

(Gosling, 1992)

Gosling, E. 1992, *The mussel mytilus: Ecology, physiology, genetics and culture*.

Årg. 25. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.

(Jtbaker, 2008)

<http://www.jtbaker.com/msds/englishhtml/C0330.htm>

Sidst besøgt: 15/12-08

(Jørgensen, 1975)

Jørgensen, C. B., 1975 *On gill function in the mussel Mytilus edulis*

L. Ophelia 13: 187–232

(Jørgensen et al., 1990)

Jørgensen, C. B., Larsen, P. S., Riisgård, H.U. 1990, *Effects of temperature on the mussel pump*

Marine Ecology Progress Series vol. 64, pp. 89-97

(Kautsky, 1982)

Kautsky, N. 1982, *Growth and Size Structure in a Baltic Mytilus edulis Population*

University of Stockholm, Marine Biology vol. 68, pp. 117-133



(Keggin structure, 2008)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Keggin\\_structure](http://en.wikipedia.org/wiki/Keggin_structure)

Sidst besøgt: 15/12-08

(Marin, 2007)

Kursusmateriale og vejledninger

Marin- & Brakvandsøkologi

Marinbiologisk forskningscenter

Kerteminde- 2007

(Miljömusslor, 2007)

<http://www.miljomusslor.loven.gu.se>

Sidst besøgt: 15/12-08

(Musholm Lax, 2008)

<http://www.musholm-lax.dk/?newsid=25>

Sidst besøgt: 15/12-08

(Møhlenberg, 2007)

Møhlenberg, S. J. 2007, *Blue mussel cultivation for nitrogen removal in fjords – Assessment of an alternative measure with the Water Framework Directive using Odense Fjord as a case study.*

Københavns Universitet

(Petersen & Loo)

Petersen, J. K., Loo, L. *Miljøkonsekvenser af dyrkning af blåmuslinger*

DMU, Tjärnö Marinbiologiska Laboratorium

(Poulsen & Riisgård, 1981)

Poulsen, E., Riisgård, H.U. 1981, *Growth of Mytilus Edulis in net bags transferred to different localities in a eutrophicated Danish fjord*

Marine Pollution Laboratory, National Agency of Environmental Protection

(Richardson et. al., 1990)

Richardson, C. A., Seed, R., Naylor, E. 1990, *Use of internal growth bands for measuring individual and population growth rates in Mytilus Edulis from offshore production platforms*. University of Wales, Marine Ecology Progress Series, Vol. 66, pp. 259-265

(Riisgård & Møhlenberg, 1978)

Møhlenberg, F., Riisgård, H. U. 1978, *Efficiency of particle retention in 13 species of suspension feeding bivalves*

Ophalia vol. 17, pp. 239-246

(Riisgård & Møhlenberg, 1979)

Møhlenberg, F., Riisgård, H. U. 1979, *Filtration Rate, Using a New Indirect Technique, in Thirteen species of Suspension-Feeding Bivalves*.

National Agency of Environmental Protection, Marine Biology vol. 54, pp. 143-157

(Riisgård et al., 2003)

Riisgård, H.U., Kittner, C., Seerup, D.F. 2003, *Regulation of opening state and filtration rate in filter-feeding bivalves (Cardium edule, Mytilus edulis, Mya arenaria) in response to low algal concentration*.

J. Exp. Mar. Biol. Ecol. Vol. 284, pp. 105-127

(Smartfarm, 2008)

[www.smartfarm.no](http://www.smartfarm.no)

Sidst besøgt: 15/12-08

(Sportsfiskeren, 2008)

[http://www.sportsfiskeren.dk/nyheder/Nyheder\\_2008/maj/havbrug\\_ved\\_romsoe/](http://www.sportsfiskeren.dk/nyheder/Nyheder_2008/maj/havbrug_ved_romsoe/)

Sidst besøgt: 12/12-08

(Statusnotat, 2006)

Vandmiljøplan III: statusnotat for 2006

Aarhus universitet, Det Jordbrugvidenskabelige Fakultet

(Tyler-Walters, 2002)

Tyler-Walters, H. 2002, *Mytilus Edulis. Common blue mussel*.

Marine Life Information Sub-programme (on-line). Marine Biological Association of the United Kingdom. Sidst besøgt 15/11-08

Hjemmeside: <http://www.marlin.ac.uk/species/Mytilusedulis.htm>

(Urnerbarry)

**<http://shop.urnerbarry.com/Merchant2/graphics/00000001/lithBlueMsl.jpg>**

Ssidst besøgt 15/12 – 2008

(Visita-delta, 2008)

<http://www.visita-delta.it/delta%20del%20po%20pergolari%20sacca%20scardovari.jpg>

Sidst besøgt: 15/12-08

(WhoI, 2008)

[http://www.whoI.edu/science/MPC/dept/research/Mussel%20Aquaculture/en\\_sublongline.html](http://www.whoI.edu/science/MPC/dept/research/Mussel%20Aquaculture/en_sublongline.html)

Sidst besøgt: 15/12-08

(Winddata, 2008)

[http://130.226.17.201/site\\_distrubutions.php?site\\_code=sprogoe&country=Denmark](http://130.226.17.201/site_distrubutions.php?site_code=sprogoe&country=Denmark)

DTU