

Muslingebrug i Mariager Fjord.

Et statusnotat til handlingsplan for
Mariager Fjord fra arbejdsgruppen for muslingebrug.

Udgiver:

Nordjyllands Amt
Miljøkontoret
Niels Bohrs Vej 30
9220 Aalborg Øst
tlf. 96 35 10 00

&

Århus Amt
Natur- og Miljøkontoret
Lyseng Allé 1
8270 Højbjerg
tlf. 89 44 66 66

Udgivelsesår: december, 2002**Titel:** Muslingebrug i Mariager Fjord. Et statusnotat til handlingsplan for Mariager Fjord fra arbejdsgruppen for muslingebrug.**Forfattere:**

Svend Bråten (Nordjyllands Amt), kap 1 og redaktion
Jørgen Erik Larsen (Nordjyllands Amt), redaktion
Jens Kjerulf Petersen (Som konsulent for Dansk Skaldyrscenter), kap 2 og 3
Frans Højer (Dansk Skaldyrscenter), kap 3 og 4

Layout: Svend Bråten (Nordjyllands Amt)**Emneord:** Muslingebrug, miljøeffekter, produktionsforhold og teknisk beskrivelse, Mariager Fjord**ISBN:****Oplag:****Sidetæl:****Tryk:**

<u>0. INDLEDNING</u>	2
<u>1. PLANLÆGNING, TILLADELSER OG LOVGRUNDLAG</u>	2
<u>1.1 REGIONPLANEN</u>	3
<u>2.0 MILJØPÅVIRKNING AF MUSLINGEBRUG I MARIAGER FJORD</u>	4
<u>2.1 PRODUKTION</u>	4
<u>2.2 NÆRINGSSALTE</u>	6
<u>2.3 SIGTDYBDE</u>	7
<u>2.4 PLANTEPLANKTON</u>	8
<u>2.5 DYREPLANKTON</u>	10
<u>2.6 ILTFORHOLD</u>	11
<u>2.7 BUNDFORHOLD OG SEDIMENT</u>	13
<u>2.8 BUNDFAUNA</u>	16
<u>2.9 BUNDVEGETATION</u>	19
<u>2.10 FISK</u>	19
<u>2.11 FUGLE</u>	21
<u>2.12 KONKLUSIONER</u>	22
<u>3.0 PRODUKTIONSFORHOLD OG TEKNISK BESKRIVELSE</u>	24
<u>3.1 PRODUKTIONSBEGRÆNSNINGER</u>	25
<u>3.2 TEKNISK BESKRIVELSE AF ANLÆGSTYPER</u>	26
<u>3.2.1 Anlægsetablering</u>	26
<u>3.2.2 Teknisk beskrivelse for Mariager fjord</u>	29
<u>3.3 PLACERING</u>	30
<u>4.0. ØKONOMI OG INDSATS</u>	31
<u>4.1 UDVIKLING</u>	31
<u>4.2 GOODWILL KAMPAGNE</u>	31
<u>4.3 OMKOSTNINGER VED AFVIKLING AF KAMPAGNE</u>	32
<u>4.4 MARKEDET FOR FERSKE BLÅMUSLINGER</u>	32
<u>4.5 BESKÆFTIGELSEN I LOKALOMRÅDET</u>	33
<u>4.6 OMKOSTNINGER VED ETABLERING AF TEST- OG REFERENCEANLÆG</u>	33
<u>4.7 ANLÆG</u>	34
<u>4.8 ETABLERING OG DRIFT</u>	34
<u>4.9 TIDSPLAN</u>	35
<u>5. REFERENCER</u>	36
<u>6.0 BILAG</u>	39

0. Indledning

I et debatoplæg om Mariager Fjord udsendt af Nordjyllands Amt og Århus Amt bliver mulighederne for en forbedret miljøtilstand i Mariager Fjord diskuteret (Nordjyllands Amt & Århus Amt 2002b). Udgangspunktet for diskussionen var, at amterne ikke ønsker en gentagelse af situationen fra 1997, hvor hele Inderfjorden blev ramt af et voldsomt iltsvind, som stort set eliminerede alt liv i fjorden. En af de muligheder der blev peget på i debatoplægget er etablering af muslingebrug med henblik på at fjerne næringsalte.

Bio-manipulation eller ”eco-engineering” i forbindelse med genopretning af eutrofieringsramte eller på anden vis ødelagte vandområder er kendt fra søer og vandløb.

I søer har man således med held opfisket visse fiskearter som fastholdt en uheldig biologisk struktur og i vandløb er der foretaget tilbageførsel til snoede vandløb enten ved egentlige anlægsarbejder eller ved at reducere grødeskæring. Fra marine områder er der kun få eksempler på naturgenopretning og mest i mindre skala. Eksempler på en sådan genopretning har været udsætning af overbefiskede arter, transplantation af ålegræs og opgravning af forurenede sedimenter. ”Eco-engineering” på økosystem-niveau og i en sådan skala som her foreslået er ikke tidligere beskrevet.

Nedenfor er gennemgået de forvaltningsmæssige, miljømæssige, tekniske, organisatoriske og økonomiske aspekter af etablering af muslingebrug i stor skala i Mariager Fjord med henblik på at opfylde regionplanens målsætning for Mariager Fjord.

1. Planlægning, tilladelser og lovgrundlag

Tilladelse til etablering af muslingebrug administreres af Fiskeridirektoratet. Tilladelse gives i medfør af fiskeriloven jf. lov nr. 281 af 12. maj 1999, § 66.

Der er praksis for at tilladelser til etablering af muslingebrug sendes i høring hos følgende parter:

- Fiskeriinspektatet
- Kystdirektoratet
- Skov- og Naturstyrelsen
- Fødevarerdirektoratet
- Berørte amter
- Farvandsvæsenet
- Danmarks fiskeriundersøgelser
- Danmarks Fiskeriforening

De forskellige høringsparter administrere forskellig lovgivning, der kan have betydning for hvor muslingebrugene kan ligge.

Skal muslingerne fra muslingebrugene anvendes til fersk konsum er der en række forhold, der skal være opfyldt. Det er bl.a. krav til indholdet af fækale coli bakterier, indhold af salmonella, algegifte i muslingerne og giftige alger i vandet.

Nærmere detaljer vedrørende specifikke gældende for muslingebrugene, hvis muslingerne skal bruges til fersk konsum fremgår af ”Bekendtgørelse nr. 202 om sundhedsmæssige betingelser for fiskeri, behandling, tilvirkning og omsætning af levende, toskallede bløddyr 15. april 1993” og af ”Vejledning nr. 7000 om sundhedsmæssige betingelser for fiskeri, behandling, tilvirkning og omsætning af levende, toskallede bløddyr af 27. juli 2002”.

Ifølge EU-forordning har ejeren af muslingebruget årligt pligt til at indberette oplysninger om produktionsmængde og oplysninger i øvrigt af statistisk, økonomisk eller driftsmæssig karakter.

1.1 Regionplanen

Af Nordjyllands Amt regionplan fremgår det, at

”Anlæg til muslingeopdræt skal placeres i områder med godt vandskifte. De må ikke placeres over områder med permanent springlag, og de må ikke forringe de rekreative værdier i området.”

Århus Amts regionplan indeholder ingen retningslinjer for muslingeopdræt.

I store dele af Inderfjorden vil placering af muslingebrug derfor kræve en ændring af retningslinjerne i Nordjyllands Amt regionplan.

Såfremt skaldyr høstes med henblik på at levere levende leverancer, skal området hvori muslingerne høstes fra, målsættes som ”Skaldyrsvand” med skærpet krav til målsætning i henhold til rådets direktiv 79/923/EØF af 30. oktober 1979 om kvalitetskrav til skaldyrsvande. Områder målsat som skaldyrsvande medfører en skærpet kontrol og specifikke krav jf. Miljøstyrelsens vejledning i recipientkvalitetsplanlægning, Del II Kystvande, Vejledning nr. 2 fra 1983 og specielt bilag 6 omhandler skaldyrsdirektivet.

2.0 Miljøpåvirkning af muslingebrug i Mariager Fjord

Etablering af muslingebrug i Mariager Fjord vil have en række forskelligartede betydninger for miljøet og effekten vil afhænge af omfanget af muslingebrugene. På baggrund af den eksisterende viden kan der opstilles en række hypoteser for effekterne af muslingebrug:

- I løbet af vækstperioden vil muslingerne netto optage næringsstoffer i form af alger og ved høst af muslingerne vil disse blive fjernet fra fjorden. Hermed vil der ske en fjernelse af næringsstoffer tilgængelig for primærproduktion samt i stående algebiomasse.
- Med en reduktion i primærproduktion og algebiomasse vil tilførslen af kulstof til bunden blive reduceret, hvilket vil medføre en reduktion i ledsagende iltforbrug ved bunden. Hermed forbedres iltforholdene ved bunden og omfang og hyppighed af iltsvind vil blive formindsket.
- Muslingerne vil løbende reducere biomassen af alger og dette vil, sammen med reduktion i næringssalte tilgængelig for primærproduktion, øge sigtddybden i fjorden og dermed øge den bentiske primærproduktion.
- Koncentration af muslinger i brug vil koncentrere sedimentationen til et mindre område og denne vil ske i form af muslingefækalier og afstødte muslinger. Herved øges sedimentationen lokalt og kan under brugene forårsage effekter på plante- og dyreliv samt sedimentets sammensætning.
- Muslingernes græsning kan medføre en ændring af sammensætningen af planteplankton ved to forskellige mekanismer: a) selektiv græsning af arter over 4 μ ; og b) regenerering af næringssalte i form af ammonium, der har højere biotilgængelighed.
- Muslingernes græsning kan medføre ændring af sammensætningen af dyreplankton ved to forskellige mekanismer: a) ændring af planteplanktonets sammensætning kan påvirke dyreplanktonet; og b) direkte græsning på dyreplanktonarter.
- Muslingernes græsning kan påvirke fiskebestanden i fjorden ved a) direkte prædation på fiskeæg og larver; og b) ved at ændre sammensætningen af dyreplanktonet, som er primært fødeemne for mange arter af fiskelarver.
- Etablering af muslingebrug vil ændre arealet af tilgængelig substrat for epibentiske organismer samt øge tilgængeligheden af tilgængelig føde for organismer, såsom edderfugle, der lever helt eller delvis af muslinger.

Derudover vil en række andre miljøforhold være af betydning for etablering af muslingebrug, først og fremmest de forhold, der vedrører brug af muslingerne til human konsumtion, herunder giftige alger, miljøfremmede stoffer og bakterier.

2.1 Produktion

Den basale forudsætning for at belyse ovenstående hypoteser er at kende de kvantitative forhold i et muslingebrug. Selvom der vil være stor variation mellem områder og selvom der vil gælde helt specifikke forhold for Mariager Fjord, kan de generelle størrelsesordner udledes af den eksisterende litteratur (Dare & Edwards 1975, Loo & Rosenberg 1983, Rosenberg & Loo 1983, Rodhouse et al 1985, Haamer 1996, Petersen et al 1997, Smaal & Vonck 1997).

Udgangspunktet i en produktionsenhed er vægten af levende muslinger med skal, som er den salgbare måleenhed. Da skallen i alt overvejende grad (ca. 95%) er uorganisk (97% calciumkarbonat) og med et forsvindende indhold af kvælstof og fosfor (max 160 ppm), er det primært produktionen af bløddelene, der er interessant i en miljø-sammenhæng. Tørvægt af bløddelene (TV_{kød}) i forhold til den totale vådvægt (VV) vil variere med muslingernes

kondition. I muslinger indsamlet på bunden af Mariager Fjord er der blevet fundet et $TV_{\text{kød}}:VV$ -forhold på 2-5%. Muslinger, der vokser på liner, har dog generelt et højere indhold af kød og $TV_{\text{kød}}:VV$ -forhold på 8-15% er mere realistiske for linemuslinger. Ved omregning til kulstof (C) er der endvidere en del variation i litteraturen idet $C:TV_{\text{kød}}$ -forholdet varierer mellem 40-50%. I det følgende er et $TV_{\text{kød}}:VV$ -forhold på 10% og et $C:TV_{\text{kød}}$ -forhold på 45% brugt. Indhold af kvælstof (N) og især fosfor (P) er kun undersøgt i begrænset omfang, men under antagelse af Redfield-forhold udgør kvælstofindholdet 17,5% og fosforindholdet 2,4% af kulstofindholdet i muslinger. De få publicerede direkte målinger bekræfter antagelsen om tilnærmelsesvis Redfield-forhold (Dare & Edwards 1975, Smaal & Vonck 1997) selvom der er variationer som funktion af sæson.

For at opnå en produktion, skal muslingerne indtage alger og evt. andet næringsrigt suspenderet materiale. For muslinger på line vil føden i alt overvejende grad bestå af alger. Mængden af føde, der skal til, varierer som funktion af muslingernes absorptionseffektivitet og væksteffektivitet, som igen vil afhænge af fødens kvalitet. I litteraturen (fx Clausen & Riisgård 1996, Kiørboe et al 1981) er der mange estimater af både væksteffektivitet og absorptionseffektivitet og dermed et spænd (25-45%) i vurderingen af, hvor stor en del af fødeindtagelsen, der bliver omsat til muslingekød.

Tilsvarende vil den tilhørende produktion af fækalier variere med primært absorptionseffektivitet og værdier for fækalieproduktion på mellem 20-40% er rapporteret. I det følgende vil en bruttoeffektivitet på 33% og en fækalieproduktion på 30% af fødeindtagelsen blive brugt, hvilket betyder, at for hver g alge muslingen spiser vil 33% blive omsat til muslingekød og 30% til fækalier. For fækalierne gælder dog, at dette forhold kun kan bruges på kulstof eller tørvægt, men ikke på kvælstof, da $C:N$ -forholdet i fækalier forventeligt er anderledes end i muslinger. Samlet betyder dette, at ved produktion af 1 ton levende muslinger med skal, fjernes 45 kg kulstof, 8 kg kvælstof og 1 kg fosfor fra fjorden. Til at producere denne mængde har muslingerne indtaget alger svarende til 136 kg kulstof og produceret fækalier svarende til 41 kg kulstof (se tabel 2.1).

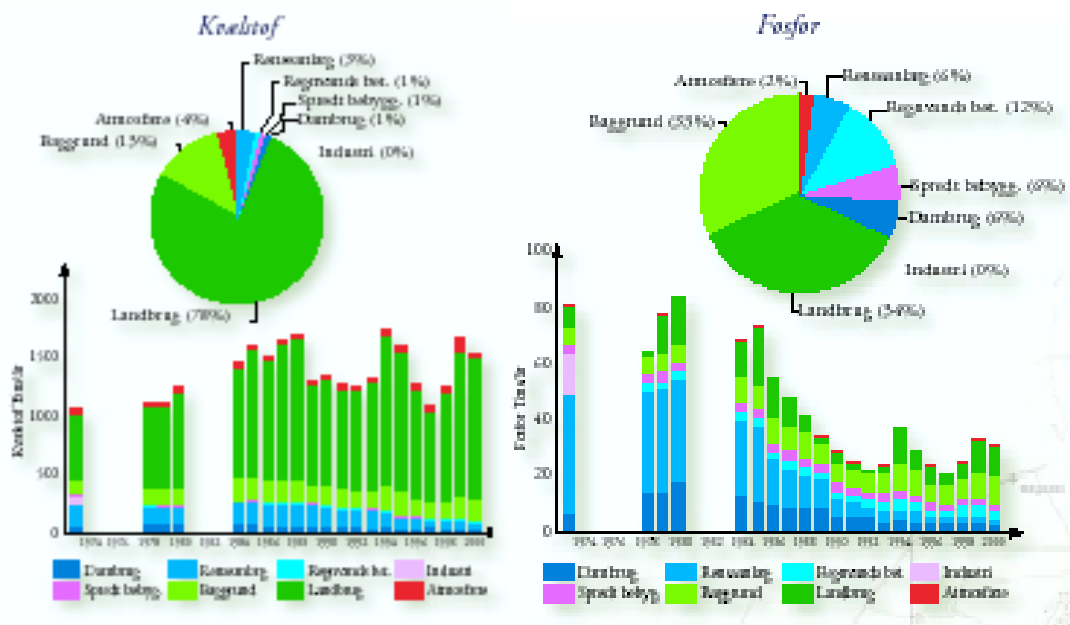
Tabel 2.1. Ved høst af 1 ton levende muslinger medgår følgende (i kg):

	$TV_{\text{kød}}$	Kulstof	Kvælstof	Fosfor	Fødeindtagelse (C)	Fækalier (C)
Estimat	100	45	7,9	1,1	136	41
Min.	70	32	5,6	0,7	64	26
Max.	150	75	13,1	1,8	180	62

I det efterfølgende tages udelukkende udgangspunkt i Inderfjorden, her defineret som fjordafsnittet vest for Dania, idet det er her regionplanenes målsætninger ikke på nuværende tidspunkt er indfriet. Endvidere vil al angivelse af størrelse for muslingeproduktion blive angivet i vådvægt af levende muslinger inklusive skal.

2.2 Næringsalte

Tilførslen af næringsalte til Mariager Fjord er i høj grad betinget af grundvandstilførsler til vandløbene og år til år variationerne er derfor mindre end i andre oplande. Tilførslen af kvælstof har i perioden 1984-2001 ligget på 1.100-1.700 t år⁻¹ og der har ikke været nogen udvikling i perioden (Århus Amt & Nordjyllands Amt 1998; Nordjyllands Amt & Århus Amt 2002a). Variationerne mellem årene skyldes primært variationer i nedbørmængden. Landbruget bidrager med 70-80% af tilførslerne af kvælstof (figur 2.1). Tilførslerne af fosfor har i perioden varieret mellem 18-83 t år⁻¹ dog således, at tilførslerne blev reduceret med 73-78% i slutningen af 1980'erne. Siden 1992 har tilførslerne ligget på 22-24 t år⁻¹ i normalår (Århus Amt & Nordjyllands Amt 1998; Nordjyllands Amt & Århus Amt 2002a). Punktkilder, naturbidrag og landbrug er de væsentligste kilder til fosfortilførslen. Som følge af de store tilførsler og den lave vandudveksling er de gennemsnitlige koncentrationer om både vinteren og sommeren af kvælstof og fosfor markant højere end i de fleste øvrige danske fjorde og bælter. På nær for fosfor, der er blevet reduceret som følge af spildevandsrensningen i slutningen af 1980'erne, har der ikke været nogen signifikant udvikling i næringsaltkoncentrationerne i perioden 1979-2001.



Figur 2.1. Tilførsel af kvælstof og fosfor til Mariager Fjord. Søjlernerne viser hvordan tilførslerne for de enkelte kilder har udviklet sig siden 1972 og lagkagerne viser hvorfra kvælstof og fosfor kom i 2000 (Nordjyllands Amt og Århus Amt, 2002).

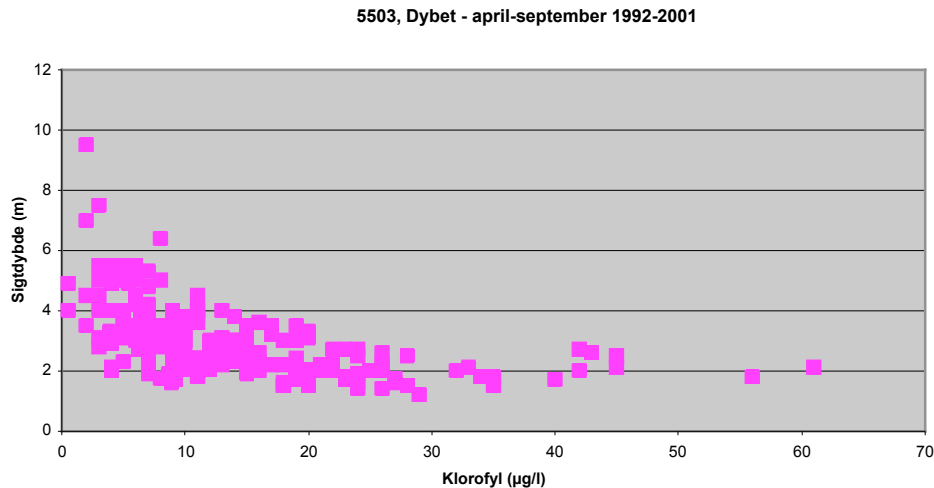
Nordjyllands og Århus amter har i samarbejde med Danmarks Miljøundersøgelser analyseret overvågningsdata indsamlet i Mariager Fjord i perioden 1979-2000 (Århus Amt 2002). Af analyserne fremgår det, at koncentrationerne af både fosfor og kvælstof frem til 1985 var så høje, at primærproduktionen i fjorden primært var begrænset af lysforhold. Spildevandsrensning i perioden 1985-1991 medførte en reduktion i tilførslen af fosfor med ca. 30 t pr år og dermed en reduktion i gennemsnitlig koncentration af plantep plankton fra omkring 25 til omkring 15 µg klorofyl a l⁻¹. Efterfølgende har primærproduktionen i fjorden i særlig grad om foråret og store dele af sommeren været fosfor-begrænset, mens den fortrinsvis er begrænset af kvælstof i sensommeren og efteråret. Data-analyserne viste endvidere sammenhænge mellem tilførsel af fosfor og kvælstof og koncentrationen af plantep plankton således, at for hver ton reduceret tilførsel af fosfor vil den gennemsnitlige koncentration af klorofyl falde med 0,3-0,4 µg l⁻¹.

For at nå regionplanens målsætninger for Mariager Fjord har amterne vurderet (Nordjyllands Amt & Århus Amt 2002b), at tilførslen af kvælstof og fosfor til hele fjorden - udover reduktioner som følge af Vandmiljøplanerne - skal reduceres med henholdsvis 130 t og 6 t årligt. Skal disse mål alene nås ved dyrkning af muslinger i Inderfjorden, vil det kræve en produktion på enten ca. 16.000 t (N-målsætningen) eller ca. 6.000 t (P-målsætningen) årligt. Til sammenligning fiskes der årligt 60-80.000 t muslinger i Limfjorden og 20-30.000 t muslinger i Kattegat-Bælt distriktet, der omfatter østjyske fjorde og Isefjorden (Kristensen & Hoffmann 2000).

Bestanden af bundlevende vilde blåmuslinger i Mariager Inderfjord er i perioden 1991-2000 estimeret (DMU 2001) til at variere mellem 2.000-12.000 t tørvægt (20-40 gange mere i vådvægt). Dette svarer til, at mellem 20-130 t P og 150-950 t N er bundet i den eksisterende muslingebestand. Med mindre bestanden bliver høstet vil disse puljer dog kun i begrænset omfang fjerne næringssalte fra primærproduktion, idet det kun er den begrænsede del af næringssaltene, der permanent begravnes i sedimentet i form af fækalier eller døde muslinger, som reelt fjernes fra fjorden.

2.3 Sigtdybde

Middelkoncentrationen af klorofyl har i Inderfjorden for månederne april-september, som er den primære produktive sæson, siden 1993 været ca. $14 \mu\text{g l}^{-1}$ og middel sigtdybden har været 2,9 m med en variation fra 2,4-3,9 m (Århus Amt & Nordjyllands Amt 1998; Nordjyllands Amt & Århus Amt 2002a). Regionplanen har som målsætning en middel sigtdybde på 4 m i den produktive periode (Nordjyllands Amt & Århus Amt 2002b).



Figur 2.2. Sammenhængen mellem klorofyl og sigtdybde fra Mariager Fjord og Flensborg Fjord (Århus Amt 2002).

For Mariager Fjord er der beregnet (Århus Amt 2002) en sammenhæng mellem koncentration af klorofyl og sigtdybden i vandet (figur 2.2). Sammenhængen er ikke lineær, idet selv mindre forøgelser i klorofylkoncentrationen i intervallet $0-15 \mu\text{g l}^{-1}$ vil have store effekter på sigtdybden, mens sigtdybden er uforandret 2 m ved koncentrationer på $17 \mu\text{g l}^{-1}$ og derover. Et mål for sigtdybde på 4 m kan nås ved at reducere koncentrationen af klorofyl fra de nuværende ca. 14 til $7 \mu\text{g l}^{-1}$. En fjernelse af 6 t fosfor pr år ved dyrkning af muslinger, vil alene beregnet som reduktion i tilgængelighed af næringssalte kunne reducere klorofylkoncentrationen med omkring 40% af det ønskede. Imidlertid medfører høst af 6.000 eller 16.000 t muslinger ikke blot en reduktion i tilgængelighed af fosfor og kvælstof, men også en fjernelse af 816 eller 2176 t algekulstof.

Den årlige primærproduktion i Inderfjorden har gennem de senere år ligget på ca. $800 \text{ g C m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ (Århus Amt & Nordjyllands Amt 1998; Nordjyllands Amt & Århus Amt 2002a). Med et samlet areal af Inderfjorden på 20 km^2 giver det en årlig primærproduktion på 16.000 t C . Det kan antages, at 25-33% af primærproduktionen går til algernes egen respiration, hvilket efterlader $10-12.000 \text{ t C}$ til sekundærproduktion, som fx muslinger. I størrelsesordenen 8% af den årlige primærproduktion vil dermed ligeledes blive fjernet med høst af 6.000 t muslinger og medføre en reduktion i klorofyl på ca. $1 \mu\text{g l}^{-1}$.

Græsningspotentialet for den eksisterende bestand af muslinger i Inderfjorden er beregnet til at være mellem 2-8 gange det samlede vandvolumen i Inderfjorden pr døgn (Århus Amt 1992, Petersen et al 2000). Alene de høje koncentrationer af klorofyl i vandet viser, at dette potentiale ikke udnyttes. Endvidere er vækstraterne i den vilde bestand lave, hvilket indikerer fødebegrænsning og dermed ikke indfrielse af potentialet. Anvendes et forhold mellem produktion i muslingebanker og den stående biomasse af muslinger på 1,5, betyder det en muslingeproduktion på $3.000-18.000 \text{ t TV}$ eller en fødeindtagelse på $4.000-24.500 \text{ t}$ kulstof. Dette er væsentlig mere end fødeindtagelsen af både 6.000 og 16.000 t dyrkede muslinger og svarer til 33-200% af den årlige planktoniske primærproduktion. Hermed er det ligeledes indikeret, at den vilde bestand af muslinger i Inderfjorden potentielt har andre fødekilder end planktonisk primærproduktion, hvilket kunne være bentiske mikroalger.

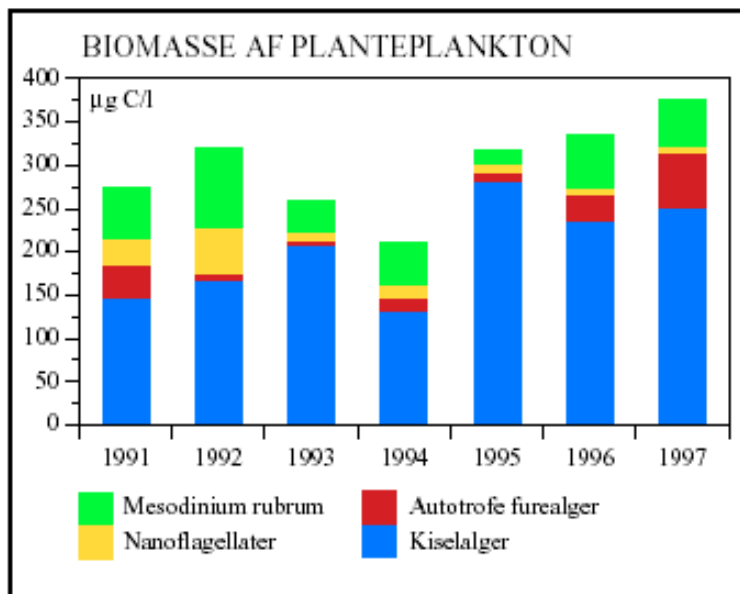
Græsningspotentialet for en dyrkningsenhed er ikke umiddelbart til at beregne, for det ændrer sig i takt med, at bestanden vokser og vandtemperaturen ændrer sig. Hvis man antager, at der på høsttidspunktet er 15°C i vandet, ca. 450 muslinger pr m line og at middelstørrelsen er på 55 mm, vil græsningstrykket være på 41 mio. l d^{-1} eller ca. 20% af Inderfjordens volumen. Selv i et muslingebrug er det dog tvivlsomt om græsningspotentialet kan udnyttes fuldt ud, specielt i et område som Inderfjorden, hvor vandets strømhastigheder er lave.

Vurderingen af græsningen effekt på koncentrationen af planteplankton i vandet er forbundet med stor usikkerhed og betydelig variation over året. Alle de anførte beregninger er således på årsbasis, tager ikke højde for sæsonvariationer og baserer sig på konservative estimater, der ikke tager højde for samspil mellem forskellige faktorer.

2.4 Planteplankton

Planteplankton har været undersøgt i Mariager Fjord siden 1979 på station ”Dybet” i den centrale dybe del af Inderfjorden ud for Mariager (Århus Amt & Nordjyllands Amt 1998; Nordjyllands Amt & Århus Amt 2002a). I perioden frem til 1988 var de gennemsnitlige koncentrationer af klorofyl meget høje med sommergennemsnit på $19-39 \mu\text{g l}^{-1}$. Fra 1989-97 faldt den gennemsnitlige koncentration om sommeren til $9-19 \mu\text{g l}^{-1}$ og siden 1997 har der ikke været signifikante forandringer. De tilsvarende gennemsnit for forårsmånederne er $18-63 \mu\text{g l}^{-1}$ i perioden 1979-88 og derefter $4-12 \mu\text{g l}^{-1}$. Planktonets primærproduktion er blevet målt siden 1987 og har i hele perioden ligget stabilt på omkring $800 \text{ g C m}^{-2} \text{ år}^{-1}$. Kvantitative undersøgelser af planteplanktonets sammensætning er blevet gennemført siden 1991 og på nær i 1997 har den gennemsnitlige biomasse i kulstof været på $210-325 \mu\text{g C l}^{-1}$.

Planteplanktonet er i overvejende grad domineret af kiselalger (figur 2.3) og især af den kædedannende kiselalge *Skeletonema costatum*, der med høje maksimale vækstrater og en høj grad af tolerance overfor forstyrrelser er tilpasset betingelserne i Mariager Fjord, hvor lav sigtdybde, høje næringssaltkoncentrationer og betydende græsning af vilde bestande af muslinger udgør et variabelt miljø. De øvrige dominerende arter som furealgerne *Katodinium rotundatum* og *Heterocapsa triquetra*, små centriske kiselalger ($<10 \mu$ store) og enkelte andre kiselalge-arter som *Chaetoceros socialis* er alle kendetegnet ved at være små og dominerende i forstyrrede miljøer. Om vinteren fra januar frem til marts er den autotrofe ciliat *Mesodinium rubrum* dominerende, men den når ikke tilsvarende biomasser som kiselalgerne.

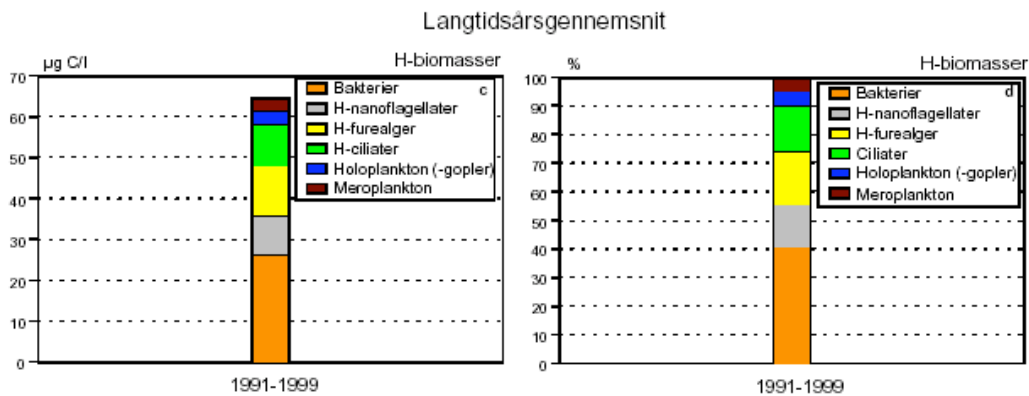


Figur 2.3. Den samlede biomasse af planteplankton (årgennemsnit) fordelt på grupper i perioden 1991-97 fra Inderfjorden (Århus Amt og Nordjyllands Amt, 1998).

Græsning af planteplankton kan forventes at ændre samfundets struktur således, at små hurtigt voksende arter bliver favoriseret. Et sådant forhold er eksperimentelt vist for forskellige filtratorer (Prins et al 1995; Olsson et al 1992). I felten er det blevet påvist, at græsning af pelagiske salper har forandret størrelsesfordelingen af alger (Zeldis et al 1995). For muslinger har et studie i Øresund demonstreret en stor forandring af planteplanktonets sammensætning og biomasse langs en gradient henover muslingebankerne i det centrale Øresund (Norén et al 1999) således, at fraktionen af alger i størrelsesintervallet 2-12 µ blev signifikant forøget. Udover denne effekt af muslingernes forventede non-selektive græsning på alle alger >4 µ, vil muslingernes omsætning af den indtagne føde potentielt kunne påvirke planteplanktonet ved at tilføre miljøet ammonium, som har en højere tilgængelighed for algerne end nitrit/nitrat. Der er dog ikke beskrevet generelle sammenhænge i litteraturen, der gør det muligt at forudsige et sådant respons, udover at det kan medføre en større primærproduktion.

Med de gældende vækstbetingelser for planteplankton i Mariager Fjord vil man kunne forvente dominans af store langsomt voksende celler (Harris 1986, Kiørboe 1993). Den nuværende sammensætning af planteplankton i Inderfjorden er imidlertid præget af hurtigt voksende arter, der hvis man opfatter dem som enkelte celler frem for kæder eller kolonier, ligeledes er små. De målte biomasser er desuden så høje, at de overskrider grænsen for både masseforekomst og kraftig masseforekomst (Richardson 1997). Systemet må derfor allerede i dag betegnes som forstyrret. Dermed er det ikke indlysende, at etablering af muslingebrug i Inderfjorden nødvendigvis vil medføre skift i sammensætningen af alger, hvorimod biomassen vil blive reduceret, især lige omkring de enkelte brug.

Viden på dette område er dog meget begrænset, ikke bare i Danmark men også internationalt, og de konkrete forandringer i planteplanktonets sammensætning, som følge af etablering af muslingebrug i Mariager Fjord, må bero på målinger og kan ikke forudsiges, hverken kvalitativt eller kvantitativt, med tilstrækkelig sikkerhed.

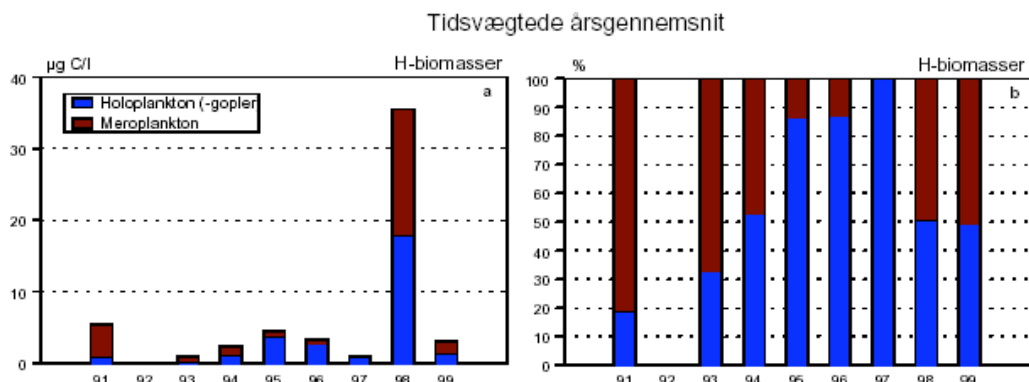


Figur 2.4. Tidsvægtede årsgennemsnit af de heterotrofe pelagiske biomasser i Mariager Fjord 1991-99 vist som totale biomasser og relativ fordeling (Bio Consult, 2001).

2.5 Dyreplankton

Det heterotrofe plankton har været fulgt regelmæssigt i Mariager Fjord siden 1991 (Århus Amt & Nordjyllands Amt 1998; Bioconsult 2001) og består i overvejende grad af bakterier, protozooplankton-organismer som ciliater og heterotrofe furealger og flagellater (figur 2.4). Det egentlige dyreplankton eller mesozoplankton er karakteriseret ved at have lave biomasser, være artsfattig og primært bestå af hurtigt voksende arter som hjuldyr eller meroplankton, det vil sige larver af bunddyr som muslinger og børsteorme (figur 2.5). En stor andel af bakterier i det heterotrofe plankton er forventeligt i områder med stor tilførsel af næringssalte, men mesozoplanktonets samfundsstruktur og biomasse er ikke relateret til fødetilgængelighed eller tilførsel af næringssalte, men sandsynligvis mest af muslingers og vandmænds, *Aurelia aurita*, græsning.

Der er hverken for hele det heterotrofe plankton eller mesozoplanktonets vedkommende tale om udviklingstendenser i perioden 1991-1999 bortset fra, at mesozoplankton-biomassen steg dramatisk i 1998 sammenfaldende med, at blåmuslingebestanden var elimineret i forbindelse med iltsvindet i 1997 (figur 2.5). Inderfjorden adskiller sig derved væsentligt fra andre sammenlignelige marine områder, hvilket kan være forårsaget af, at området i kraft af den begrænsede vandudskiftning er "isoleret" fra Kattegat og det kraftige græsningstryk fra muslinger og vandmænd. Den pelagiske græsning svarer i perioden til gennemsnitligt 12% af den årlige primærproduktion, hvilket er lavt sammenlignet med andre områder.



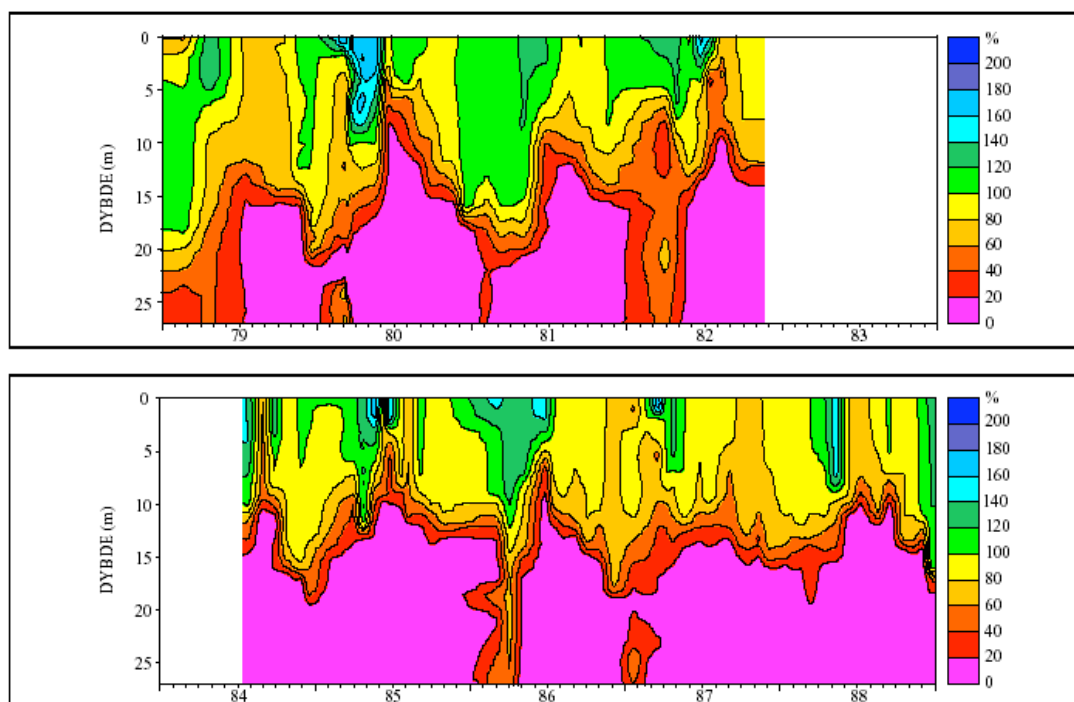
Figur 2.5. Tidsvægtede årsgennemsnit af mesozoplankton, fordelt på holoplankton og meroplankton, i Mariager Fjord 1991-99 vist som totale biomasser og relativ fordeling (Bio Consult, 2001)..

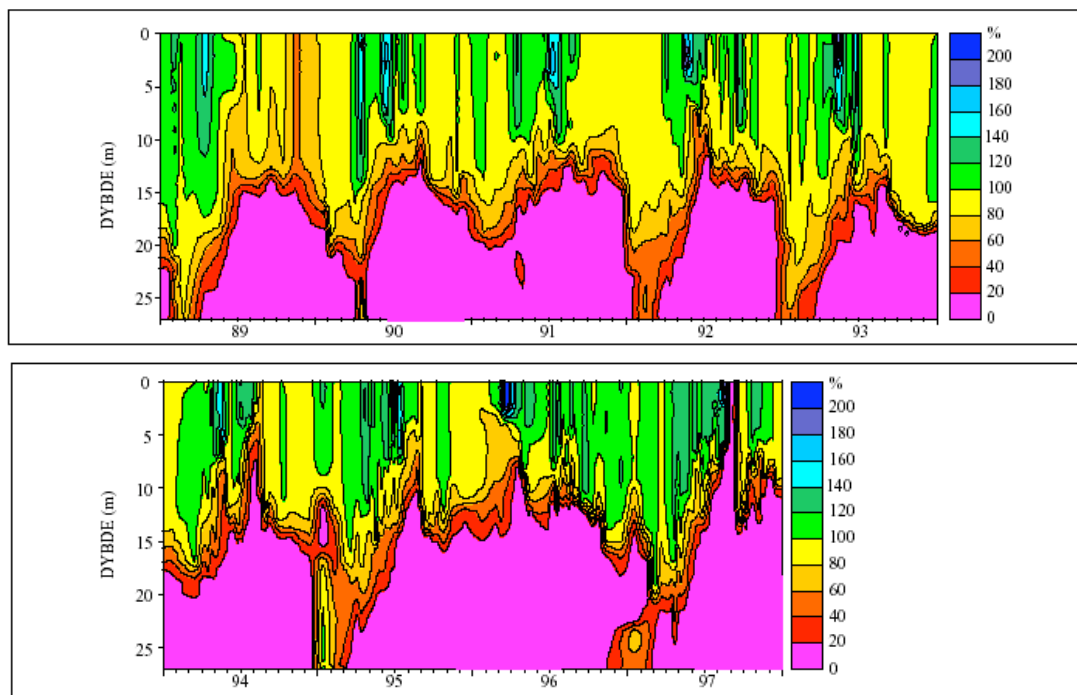
Blåmuslinger er i stand til at filtrere partikler op til 500 μ og er dermed i stand til at bortfiltrere de fleste planktonorganismer og det er vist, at de gør det i afhængighed af de turbulente forhold og organismernes evne til at flygte fra den indgående vandstrøm (Singarajah 1975). Det er ligeledes vist, at bentisk græsning kan medføre reduktion i tæthed og aktivitet af pelagiske græssere, enten som følge af reduceret fødetilgængelighed eller ved direkte prædation (Sullivan et al 1991, Kimmerer et al 1994, Riemann et al 1988, 1990). Disse sammenhænge er dog kun påvist indirekte eller eksperimentelt og kan ikke omsættes til kvantitative forudsigelser.

Da det heterotrofe planktons sammensætning i dag i vid udstrækning antages at være påvirket af muslingernes græsning, som set ved muslingernes fravær i 1998, er der ikke umiddelbart grund til at antage, at etablering af muslingebrug vil ændre det heterotrofe planktons sammensætning. I forhold til regionplanens målsætning om et varieret fiskeliv, kan lav biomasse af mesozooplankton imidlertid udgøre et problem, idet mesozooplankton og specielt den holoplanktoniske del, såsom vandlopper, udgør føden for mange fiskelarver og pelagiske arter. Den konkrete udvikling må dog bero på observationer og kan ikke forudsiges eksakt.

2.6 Iltforhold

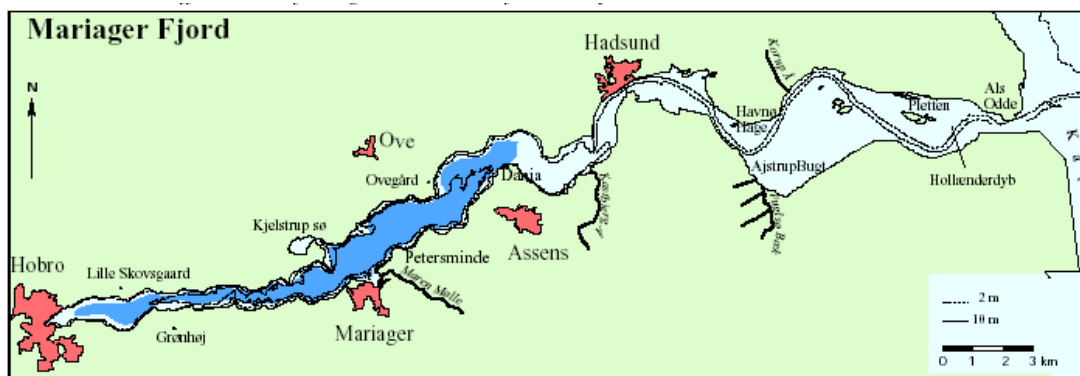
I de dybe dele af Inderfjorden er iltindholdet i den øvre vandmasse normalt højt og i dagtimerne om sommeren ofte overmættet, mens bundvandet altid er iltfrit (figur 2.6). Grænsen mellem det iltede overfladelag og det iltfrie bundlag ligger om sommeren som regel i omkring 10 m dybde og om vinteren lidt dybere. Med års mellemrum stiger iltmætningen i bundlaget kraftigt som følge af indstrømning af iltrigt saltvand fra Kattegat. I de lavvandede områder af Inderfjorden er der hyppigt iltvind på dybder >5-6 m, og store dele af Inderfjorden er således årligt ramt af iltvind ved bunden (figur 2.6).





Figur 2.6. Iltmætning i vandsøjlen i de dybe dele af Inderfjorden i perioden 1979-97 (Århus Amt og Nordjyllands Amt, 1998).

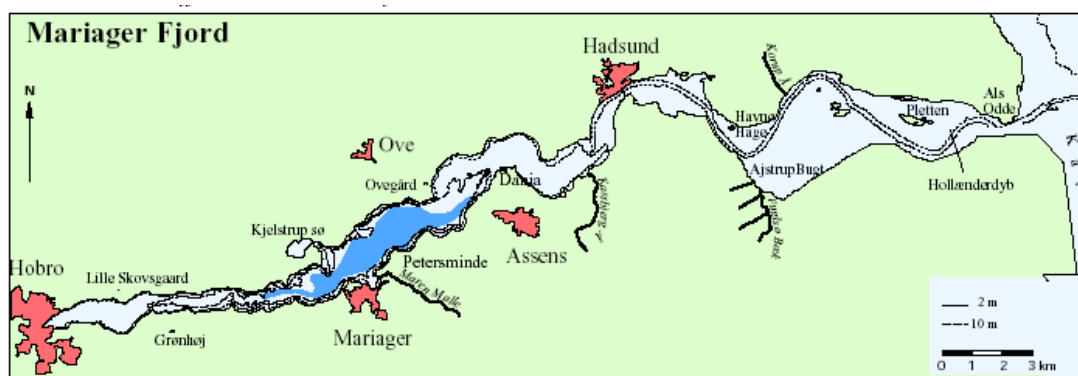
Årsagen til de eksisterende iltforhold er en blanding af naturskabte betingelser og tilførsel af næringssalte som følge af menneskelige aktiviteter såsom intensivt landbrug. Mariager Fjords specielle udformning med ringe vandudskiftning og stabil lagdeling af vandmasserne giver anledning til ringe ilttilførsel til bundvandet og der er da også i 1930'erne rapporteret om iltsvind i Mariager Fjord, om end af mindre geografisk omfang (figur 2.7). Der har ikke i perioden 1997-2001 været en generel forandring af iltforholdene i den dybe del af Inderfjorden (Århus Amt & Nordjyllands Amt 1998; Nordjyllands Amt & Århus Amt 2002a).



Figur 2.6. Bundområde i Inderfjorden, som jævnligt er blevet ramt af iltsvind siden 1980 (Århus Amt og Nordjyllands Amt, 1998).

Det har ikke været muligt at lave klare relationer mellem næringstoftilførsel og koncentrationer af ilt i vandet i Inderfjorden, da disse også afhænger af de aktuelle meteorologiske og hydrodynamiske forhold, sedimentets sammensætning og en række andre specifikke forhold i Inderfjorden.

Der er dog en generel accepteret sammenhæng mellem belastning med næringssalte og organisk materiale og iltforbruget i marine områder. Denne sammenhæng kan blot ikke kvantificeres tilstrækkelig præcist for Mariager Fjord til, at forudsigelser om middel iltkoncentration i bundvandet, hyppighed og varighed af iltsvind eller lignende mål for ilttilstanden i fjorden som følge af reduktion i tilførslen af fosfor eller kvælstof, kan sættes på en generel eller målbar formel. Konkrete forandringer i iltforholdene som følge af fjernelse af næringssalte må derfor bero på faktiske observationer. En forøgelse af sigtddybden vil medføre at større bundarealer kan blive dækket af bentiske kiselalger. Dermed øges primær- og følgelig ilt-produktionen på bunden og større områder med forbedrede iltforhold kan opnås. Det er dog ikke muligt at kvantificere denne forbedring, da forhold som muslingegræsning, tilførsel af organisk materiale og dækning med løstliggende makroalger vil påvirke de bentiske mikroalgers produktion.



Figur 2.7. Bundområde i Inderfjorden, der var ramt af iltsvind i 1930 (Århus Amt og Nordjyllands Amt, 1998).

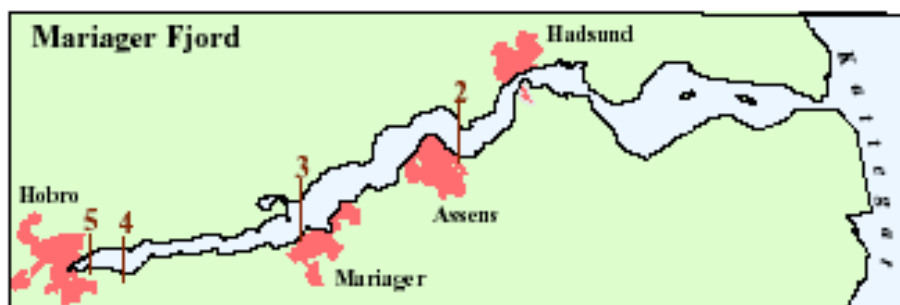
2.7 Bundforhold og sediment

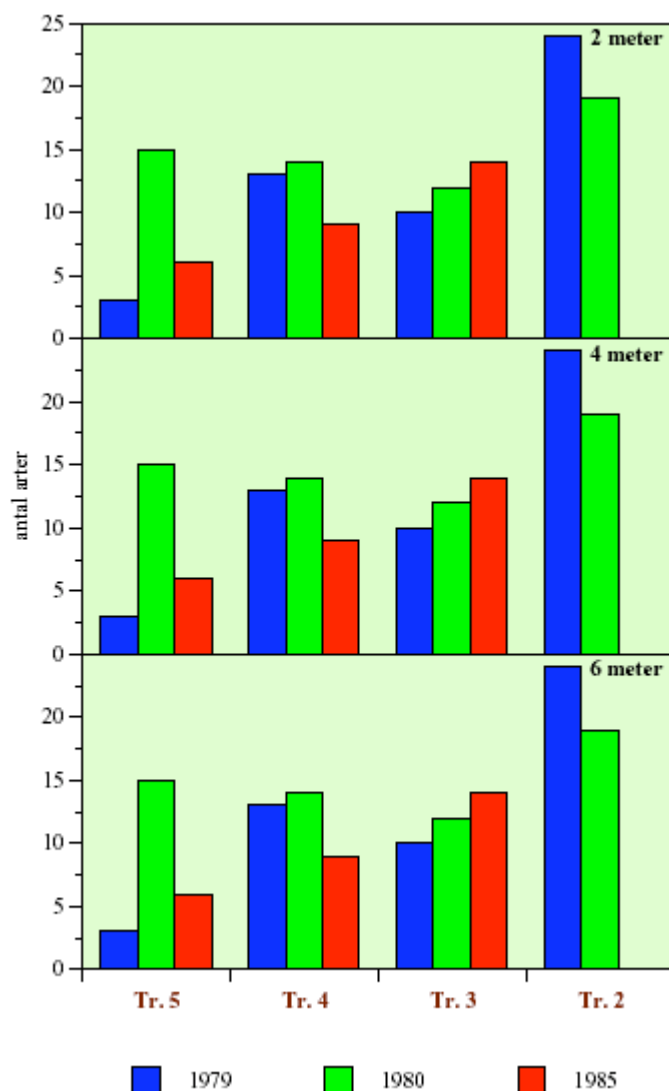
Bundforhold og overfladesedimentet i Mariager Fjord blev kortlagt i 1998 (Larsen 1998). Sedimenterne vest for Dania er helt overvejende dynd, der er sort, meget blødt og meget rigt på organisk materiale med glødetab på 20-35%. Dyndet er ofte præget af muslingefækalier, der ligger som små pakker eller pellets og som er ganske modstandsdygtige og vandholdige. Dyndet sand forekommer på bankerne og langs sejlrenden samt i et smalt bånd langs kysten. Ren sandbund er ikke almindelig i Inderfjorden, men forekommer helt kystnært. Ned til ca. 10-11 m samt på såkaldte "tørv" i den inderste del af fjorden er blåmuslingebanker en karakteristisk bundtype. På nær helt inde ved kysten, hvor småstenet sandbund forekommer, er resten af bunden karakteriseret af gas- og vandholdigt dynd og det er i store områder svært at erkende de ældre lag.

Undersøgelser (Fossing 1999) viser, at sedimentet på 12 m har et højt indhold af kulstof, kvælstof og fosfor, men at puljerne af kvælstof og fosfor for en stor dels vedkommende ikke er omsætteligt. Således vil sedimentets indhold af aktivt N og P være udtømt i løbet af 3-5 år med de nuværende fluxe af næringssalte. Estimaterne er dog forbundet med store usikkerheder, da sedimentet på 12 m vanddybde næppe er repræsentativt for hele fjordens sediment og specielt ikke den del, hvor bunden er permanent iltfri. Som følge af den store tilførsel af organisk materiale til bunden og de lange perioder med iltfri forhold er der en stor produktion af det giftige svovlbrinte overalt i bunden. På 3 m vanddybde er der fundet svovlbrinte helt op til sedimentoverfladen i hele året, måske på nær i vintermånederne. På 12 m vanddybde indeholder fjordbunden en stor mængde svovlbrinte, specielt i sensommeren, hvor det i perioder kan slippe ud i bundvandet afhængigt af ilt- og temperaturforhold. I bunden i de dybeste dele af fjorden er der permanent svovlbrinte i vandfasen over bunden. På grund af den generelt høje belastning er det hovedsageligt temperaturen, der styrer svovlbrinte-produktionen i Inderfjorden.

En produktion på 6.000 eller 16.000 t muslinger om året vil medføre en fækalie-produktion svarende til ca. 240 respektive 640 t kulstof. Dertil kommer en ukendt mængde af nedfaldende muslinger. Til sammenligning vil en produktion til opretholdelse af bestanden af vilde muslinger resultere i en fækalieproduktion svarende til 1.200-7.300 t kulstof. Det er i enkelte undersøgelser vist, at sedimentet under muslingebrug bliver reduceret som følge af en forøget sedimentation af organisk materiale (Mattsson & Linden 1983, Stenton-Dozey et al 2001, Christensen et al in press). Dette medfører anoksiske forhold i sedimentet og en forøget produktion af svovlbrinte. Effekten af den forøgede sedimentation under muslingebrug har dog vist sig ikke at være helt entydig (Grant et al 1995). Forskellene mellem resultater fra forskellige undersøgelser kan bero på forskelle i lokale forhold. Disse forskelle kan være, hvor lang tid det undersøgte brug har eksisteret, den naturlige sedimentsammensætning i området, strømforhold og vanddybde. Dette betyder, at effekterne på bunden under et muslingebrug i høj grad vil være bestemt af lokale forhold og ikke entydigt kan beskrives teoretisk.

De reducerede forhold i sedimenter under muslingebrug beror på omsætningen af muslingefækalierne. Meget få undersøgelser (Fabiano et al 1994) har beskæftiget sig med omsætning af muslingefækalier og ingen på en sådan måde, at omsætning under naturlige forhold kan kvantificeres. Erfaringer fra omsætning af vandloppesfækalier viser imidlertid, at en stor del (30%) af kulstoffet og næringssaltene omsættes inden for halvanden time (Møller et al in press), hvilket betyder, at i det omfang muslingefækalier fungerer på lignende vis vil en stor del af omsætningen af fækalier fra linemuslinger kunne foregå i vandsøjlen. Dermed vil en større del af de sedimenterende fækalier bestå af langsomt nedbrydeligt materiale med deraf følgende lavt iltforbrug. Sammensætningen af dyndet i Inderfjorden tyder da også på, at fækalierne i lang tid bevarer en genkendelig struktur (Larsen 1998) og derfor er langsomt omsættelige. Modsat har pilot-forsøg vist, at omsætning af organisk materiale dannet ved planteplanktonets primærproduktion sker hurtigere i form af muslingefækalier end ved omsætning af sedimenterende alger, og dette er særlig tilfældet for kiselalger. Omsætning af muslingefækalier og den deraf afledte frigivelse af næringssalte og opløst organisk materiale, samt det tilhørende iltforbrug kan ikke med den eksisterende viden kvantificeres.





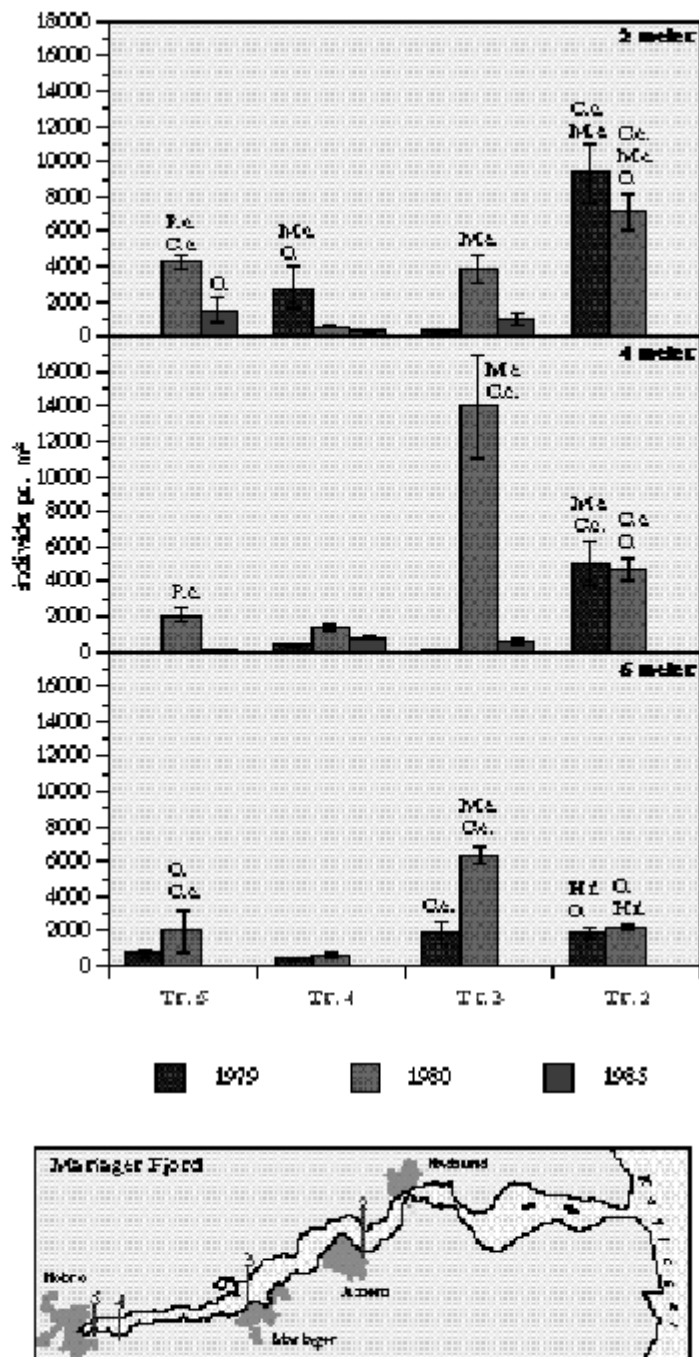
Figur 2.8. Antallet af arter i Inderfjorden på dybderne 2, 4 og 6 m i 1979, 1980 og 1985. Placering af transekterne fremgår af det indsatte kort (Århus Amt og Nordjyllands Amt, 1998).

Med den eksisterende sedimentsammensætning i Inderfjorden og den eksisterende muslingebestands fækalieproduktion kan det ikke forventes, at dyrkning af 6.000 eller 16.000 t muslinger årligt vil medføre signifikante ændringer af bundforholdene.

Ved placering af brugene på vanddybder >12-15 m er forholdene på den underliggende bund under alle omstændigheder næsten permanent iltfri og yderligere tilførsel af organisk materiale kan ikke forventes at medføre væsentlige forandringer. Selv ved placering på lavere vanddybder er de underliggende sedimenter stærkt reducerede og allerede i dag påvirkede af organisk deponering og effekterne af forøget sedimentation må forventes at være begrænsede.

2.8 Bundfauna

Bundfaunaen i Inderfjorden er på dybder fra 1-11 m domineret af bestande af vilde blåmuslinger, der i banker dækker det meste af bunden (Århus Amt 1992, Petersen et al 2000, Århus Amt & Nordjyllands Amt 1998; Nordjyllands Amt & Århus Amt 2002a) og udgør 99% af den samlede biomasse af bunddyr.



Figur 2.9. Antal individer m^{-2} af dominerende arter på 2, 4 og 6 m vanddybde i Inderfjorden i 1979, 1980 og 1985. Placering af transekterne fremgår af det indsatte kort. P.c. = *Polydora cornuta*, C.c. = *Capitella capitata*, H.f. = *Heteromastus filiformis*, O. = *Oligochaeta*, M.e. = *Mytilus edulis* (Århus Amt og Nordjyllands Amt, 1998).

På dybder over 10-11 m er bunden iltfri store dele af året og er derfor uden et højere dyreliv. Det øvrige dyreliv er blevet kortlagt ved undersøgelser på 4 transekter i Inderfjorden i 1979, 1980 og 1985 samt som led i NOVA-programmet og den regionale overvågning på to stationer ved Skovsgaard Hage og Dania i 1997-2001 (Århus Amt & Nordjyllands Amt 1998; Nordjyllands Amt & Århus Amt 2002a).

Ved de tidligere transektundersøgelser blev det vist, at bundfaunaen i Inderfjorden generelt er artsfattig (figur 2.8), domineret af arter der er hårdføre overfor iltsvind som fx børsteorme (*Capitella capitata*, *Polydora cornuta* og *Heteromastus filiformis*) og med meget store variationer i individtæthed mellem stationer (figur 2.9). Et tilsvarende billede fremgår af undersøgelserne på to stationer i 1997-2001, idet artsantallet steg kraftigt efter iltsvindet i 1997, men i 2001 er på et sammenligneligt niveau med de tidligere undersøgelser (tabel 2.2).

For individantallet er der med tætheder på 1000-8000 ind. m⁻² ligeledes overensstemmelse mellem de to undersøgelser efter rekoloniseringen efter iltsvindet i 1997 dog således, at både dyndsnegle (*Hydrobia ulvae*) og myggelarver (*Chironomidae*) også optræder som dominerende arter. I takt med reetableringen af bundfaunaen efter iltsvindet i 1997 er der sket en del skift i sammensætning og biomasse, primært fordi antallet af de dominerende arter som blåmusling og dyndsnegl er mindsket, mens biomassen er øget. Dertil kommer, at arter som børsteormen *Harmothoe impar* har etableret sig i takt med at muslingebankerne har nået en passende struktur for denne ledsageorganisme, mens krebsdyrene er forsvundet ved de efterfølgende (mindre) iltsvind i perioden 1998-2001. Endelig har de generelt lave saltholdigheder i perioden givet plads til etablering af bestande af myggelarver. Forskellen i både tidligere og nyere undersøgelser mellem området omkring Dania og områder længere inde i Inderfjorden er højere saltholdighed og sjældnere og mindre alvorlige iltsvind ved Dania.

Tabel 2.2. Artsantal, individtæthed og biomasse af bunddyr ved 2 overvågningsstationer i perioden 1997-2001 (Nordjyllands Amt & Århus Amt 2002a)

	Sept. 97	Nov. 98	Mar. 99	Nov. 99	Okt. 00	Okt. 01
Skovsgaard Hage						
Artsantal	2	17	16	14	28	26
Individ tæthed m ⁻²	12	3084	5698	2940	3436	2195
Biomasse, g TV m ⁻²	0,00	42,9	76,9	263,5	449,9	396,9
Dania						
Artsantal	3	42	35	22	42	29
Individ tæthed m ⁻²	39	26775	17780	8300	5593	3425
Biomasse, g TV m ⁻²	0,01	184,3	180,4	665,5	705,8	700,2

Blåmuslingens udbredelse, tæthed og biomasse i Inderfjorden er primært styret af iltsvindsforekomster. Af de systematiske undersøgelser, der har været udført, fremgår det, at blåmuslingerne forekommer fra 1-11 m i hele Inderfjorden, men at iltsvind i perioder begrænser dybdeudbredelsen og dermed reducerer den samlede biomasse. Således faldt udbredelsesarealet fra skønnet 7,7 km² i 1991 til 6,1 km² i 1996. I 1997 blev bestanden elimineret, men genindvandrede i løbet af 1998 med en udbredelse på 9,8 km², som siden er blevet gradvis reduceret som følge af iltsvindhændelser. Udbredelse og biomasseestimer fremgår af tabel 2.3.

Tabel 2.3. Estimer af bestanden af blåmuslinger i Mariager Fjord i perioden 1991-2000. Data for 1991 og 1996 er taget fra undersøgelser udført af Århus Amt. For 1998 er det i estimerne antaget, at udbredelsen er som i 1999 og tæthed og størrelse er fra 3 stationer

(Petersen et al 2000). Data fra 2000 er fra amtets undersøgelser, mens de alternative for 2000 er baseret på en ekstrapolation fra prøver indsamlet på lavt vand til hele dybdeudbredelsen (Petersen et al 2000). Data for 2001 er skønnet på baggrund af transektundersøgelse af udbredelse udført af amtet.

	Areal, km ²	Middel str., mm	Biomasse, t TV
1991	7,7	-	8458
1996	6,1	-	6767
1998	9,8	6,3	478
marts 99	9,8	11,1	721
okt. 99	9,8	20,8	2029
2000	8,8	35,0	30924
alt 2000	8,8	35,0	11894
2001	6,1	?	?

Alle bunddyrene, på nær blåmuslinger og dyndsnegle, er hårdføre overfor lave iltspændinger, er tilpasset reducerede sedimenter med et højt indhold organisk materiale og er for nogle arters vedkommende associeret muslingebanker og lever derfor helt eller delvist af muslingernes fækaler. På den baggrund kan det ikke forventes, at faunaen i Mariager Fjord vil ændres væsentligt som følge af placering af muslingebrug.

De få tidligere undersøgelser af effekter af muslingebrug på den underliggende bundfauna har fulgt det klassiske koncept for bentisk respons på organisk berigelse, hvorefter der sker en reduktion i ligevægts-arter og en forøgelse af opportuniste som fx børsteorme. Dette blev således fundet under et muslingebrug i Sverige (Mattsson & Linden 1984). Imidlertid viste Grant et al (1995) at der ikke nødvendigvis sker en reduktion af bundfaunaen under et muslingebrug som følge af sedimenterende fækaler og at effekterne afhænger af udgangspunktet, mens andre har vist positive effekter på biomasse af fx oligochaeter med stigende tæthed af blåmuslinger (Commito & Boncavage 1989). Foreløbige undersøgelser fra et forsøgsbrug i Færker Vig (upubl. data) viste, at den største effekt af muslingebrug på bundfaunaen udgøres af nedfaldende muslinger, hvilket er i overensstemmelse med Grant et al (1995).

Det er således i overvejende grad sandsynligt, at den eksisterende bundfauna i Inderfjorden ikke vil blive påvirket af muslingebrug og det uanset placering af brugene. Muligvis vil muslingebanker lige under et muslingebrug blive påvirket af den øgede sedimentation. Denne effekt vil dog sandsynligvis afhænge af, om bankerne ligger på en skrænt eller på mere flad bund. På flad bund kan der forventes en vis effekt på muslingebankerne af sedimenterende materiale. Derudover kan en kraftig forøgelse af produktionen af linemuslinger og et fald i primærproduktion potentielt begrænse tæthed og biomasse af den eksisterende vilde bestand af blåmuslinger. En sådan reduktion i biomasse af den vilde bestand vil dog afhænge af i hvilket omfang denne lever af bentiske mikroalger.

Dyrkning af muslinger på line vil tilføre et væsentlig areal af hårdt substrat til fjorden, som i dag ikke er kendetegnet af hårdt substrat overhovedet. Dyrkning af hhv. 6.000 eller 16.000 t muslinger vil tilføre fjorden 600 eller 1.600 km line eller strømpe (se nedenfor), der konservativt betragtet vil give et areal af hårdt substrat på 120 eller 320 km² hårdt substrat til Inderfjorden. Dertil kommer permanent udrustning som bæreliner og bøjer. Der er ikke beskrevet forekomst af hårbundsorganismer som fx søpunge i Inderfjorden, men det eksisterende muslingebrug har observeret søpunge. Med en trafik af større skibe til Dania vil der blive bragt epibentiske organismer til Inderfjorden og med et stort areal af substrat i form

af muslingebrug vil der kunne blive etableret epibentiske samfund, der ikke tidligere har været kendt i Inderfjorden.

2.9 Bundvegetation

Den bundnære vegetation i Mariager Fjord er løbende blevet kortlagt ved en række forskellige undersøgelser siden 1971 (Århus Amt & Nordjyllands Amt 1998; Nordjyllands Amt & Århus Amt 2002a). Siden 1998 er der i forbindelse med NOVA og den regionale overvågning foretaget transektundersøgelser på 3-4 transekter i Inderfjorden. Bunden i Inderfjorden består hovedsageligt af sandet eller dyndet bund med enkelte småsten, specielt langs kysten, men ingen større sten eller egentlig hård bund. Der er således ikke meget egnet substrat for flerårige makroalger. Bunden er imidlertid velegnet for blomsterplanter. Stejle skrænter samt udbredte tætte muslingebanker helt ind til 1 m dybde begrænser imidlertid den potentielle udbredelse af blomsterplanter. I lavvandede vige og stillestående områder, hvor vandet i sommerhalvåret bliver varmt og vandbevægelsen er lille, har løstliggende 1-årige makroalger gode vækstbetingelser ved de relativt høje næringssaltkoncentrationer, der er dominerende i Mariager Fjord.

I Inderfjorden er der i alle undersøgelser blevet fundet ålegræs (*Zostera marina*), havgræs (*Ruppia sp.*), stor vandkrans (*Zannichellia major*) og børstebladet vandaks (*Potamogeton pectinatus*), med de to førstnævnte som de mest dominerende. Generelt er bevoksningerne dog meget spredte, med lav dækningsgrad og en ringe dybdeudbredelse (0,6-2,0 m). I overvågningen efter 1998 er ålegræsset fundet i begrænset omfang og ikke på alle transekter, med dækningsgrader på under 5% og med en gennemsnitlig dybdeudbredelse på ca. 1 m og en maksimal dybdeudbredelse på 1,7 m. De øvrige blomsterplanter er blevet registreret, med havgræsser som de hyppigst forekommende, i spredte forekomster med dækningsgrader på 1-80%. Løstliggende makroalger som søsalat (*Ulva lactuca*), rørhinde (*Enteromorpha sp.*) og krølhårstang (*Chaetomorpha linum*) er tidligere fundet i alle stillestående områder på lavt vand. Som følge af deres manglende rodfæstning er det svært at opgive præcise dækningsgrader, men for Inderfjorden er det antaget, at 20-60% af områder <2 m vanddybde er dækket af makroalger.

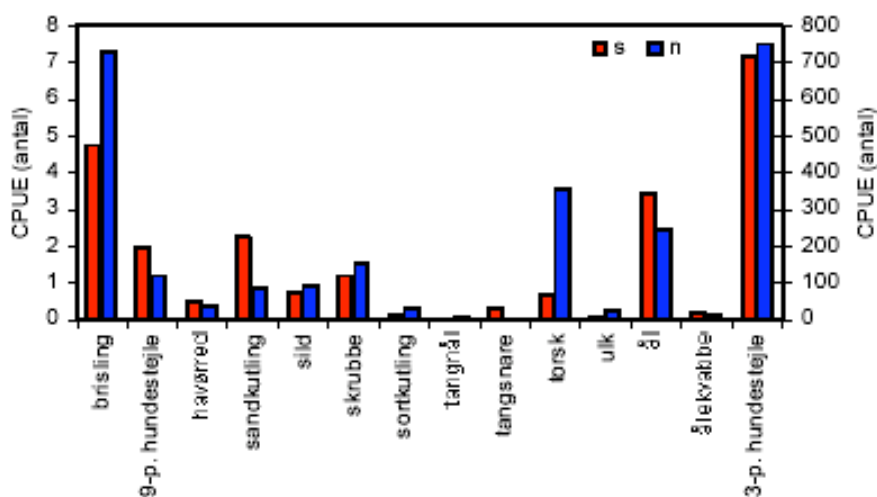
Etablering af muslingebrug kræver vanddybder på >3 m. Da forekomsten af rodfæstede blomsterplanter er yderst begrænset i Inderfjorden og fortrinsvis på vanddybder <1 m vil etablering af muslingebrug ikke få betydende negativ indvirkning på den eksisterende bundvegetationen. En øget sigtddybde som følge af etablering af muslingebrug vil kunne påvirke blomsterplanterne i positiv retning, men bundforholdene i Inderfjorden med stejle skrænter og udbredte tætte muslingebanker, samt tætte måtter af løstliggende makroalger, er sandsynligvis en primær begrænsende faktor for blomsterplanternes udbredelse. En reduktion i næringssaltkoncentrationer som følge af muslingebrug vil imidlertid potentielt kunne reducere bestandene af løstliggende alger og dermed øge blomsterplanternes udbredelse. På grund af det komplekse samspil mellem hydrografiske forhold, næringssaltkoncentrationer, iltforhold og dækningsgrader af løstliggende makroalger kan en sådan sammenhæng dog ikke kvantificeres.

Sameksistens mellem blåmuslinger og ålegræs, med positive effekter for ålegræsset af tilstedeværelse af blåmuslinger er tidligere påvist (Reusch et al 1994) og fortolket som en gødningseffekt. Evt. sedimentering af muslingefækalier i ålegræsområder som følge af advektiv transport forventes således ikke at påvirke ålegræsset negativt.

2.10 Fisk

Fiskefaunaen i Inderfjorden blev udslettet ved iltsvindet i 1997. I perioden fra 1997-2000 har der været udført en del fiskeundersøgelser for at følge genindvandring og udvikling (Nordjyllands Amt & Århus Amt 2001). Resultaterne viser, at en række fiskearter er vendt

tilbage til fjorden (figur 2.10). Hovedkonklusionerne af undersøgelserne er, at små opportunister som hundestejler og sand- og lerkutlinger er hurtigt vendt tilbage til fjorden, hvor de udgør et vigtigt fødegrundlag for rovfisk. Øvrige standfisk som ålekvabbe, sort kutling og ulk er derimod i væsentlig grad reduceret i Inderfjorden. Derudover er der en del arter som vandrer ud og ind af fjorden, hvoraf den vigtigste for fiskeriet er skrubben. Da skrubben ikke er afhængig af lokal reproduktion i fjorden, har effekten af iltsvindet tilsyneladende kun været kortvarig. Bestanden af skrubber aftager fra åbningen ved Kattegat ind til Hobro og der er ikke fundet succesfuld gydning i Inderfjorden. Skrubben lever i Inderfjorden fortrinsvis af blåmuslinger. Andre vandrefisk som sild, hornfisk, torsk og ørred er vendt tilbage og vurderes at være i uændret i forhold til tiden før iltsvindet i 1997. Vandrefisken søger til Inderfjorden for at fouragere på fødeemner som hundestejler, kutlinger, krebsdyr og nyligt bundfældede muslinger.



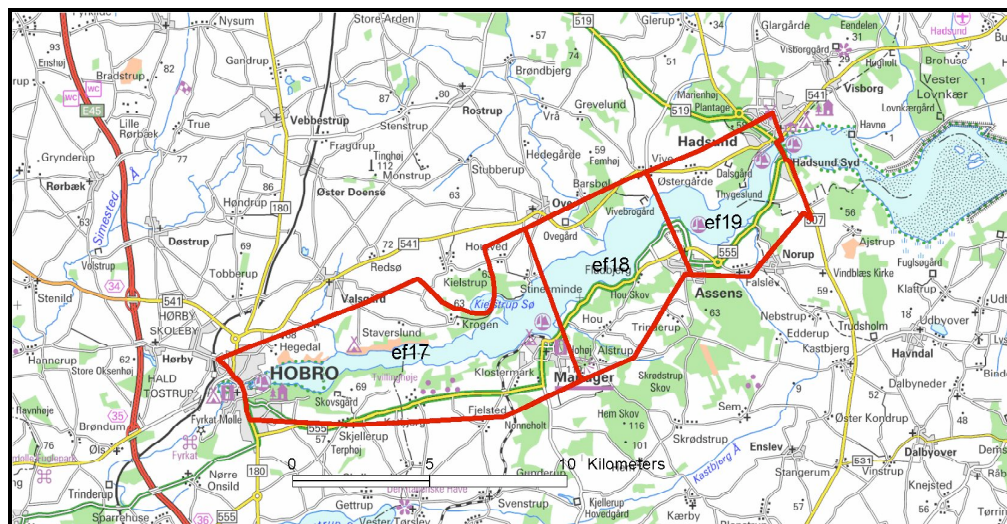
Figur 2.10. Total fangst (CPUE) i Mariager Fjord i 2000 på syd- og nordsiden af fjorden. For 3-pigget hundestejle er anvendt sekundær y-akse (Nordjyllands Amt og Århus Amt, 2001).

Den standfaste fiskefauna i Inderfjorden er tolerant overfor lave iltkoncentrationer, lever fortrinsvis på lavt vand og har med den eksisterende fauna rigelig fødetilgang. Fødegrundlaget for vandrefisken er ligeledes rigeligt og tilpasset de nuværende betingelser for dyreliv i Inderfjorden. Etablering af muslingebrug kan derfor ikke forventes at have betydning for den eksisterende fiskefauna i Inderfjorden. Regionplanens målsætning om et varieret fiskeri med flere standfaste fisk vil evt. kunne påvirkes af etablering af muslingebrug i stor skala. Forbedrede almene miljøforhold, herunder bedre iltforhold, som følge af dyrkning af muslinger, vil forventeligt øge mulighederne for etablering af flere standfaste arter.

Både fiskeundersøgelserne (Nordjyllands Amt & Århus Amt 2001) og undersøgelserne af dyreplankton (Bioconsult 2001) har vist, at fiskeæg og larver kun i meget begrænset omfang er tilstede i planktonet i Inderfjorden. Hvorvidt disse observationer er dækkende for status for æg og larver af fisk, eller afspejler en lav og ikke tilstrækkelig målrettet indsamling kan ikke afgøres på det foreliggende datagrundlag. Da størrelsen af mange fiskearters æg, og i væsentligt mindre omfang larver, er inden for muslingernes retentionsspektrum, vil muslingernes græsning kunne påvirke koncentrationen af æg og larver. Dertil kommer, at larvestadier af mange fiskearter er afhængige af fødeemner som vandlopper eller andre zooplanktonarter med lang generationstid. Derfor kan intensiv dyrkning af muslinger, løftet op i vandfasen, reducere muligheden for etablering af standfaste arter. Disse sammenhænge kan dog ikke kvantificeres med den nuværende viden.

2.11 Fugle

DMU har i perioden 1987-99 om vinteren foretaget flyoptællinger af fugle i 3 afsnit af Inderfjorden (figur 2.11). En række forskellige arter er observeret i området (tabel 2.4), hvoraf blishøns er klart den mest dominerende art. En række fugle, der er kendt for at fouragere på muslinger er observeret i fjorden, nemlig taffeland, troldand og hvinand. De er små dykand-arter, der har fortrinsvis små muslinger som et fødeemne. Edderfuglen, som er en kendt prædator på muslinger, er kun sjældent observeret i Inderfjorden.



Figur 2.11. Placering af 3 delområder for optælling af vandfugle i Inderfjorden.

Etablering af muslingebrug vil potentielt påvirke fødetilgangen for dykænder, der helt eller delvis lever af muslinger, og en forøgelse af antallet af taffeland, troldand og hvinand kan derfor ikke udelukkes. Der er under de nuværende betingelser en stor tilgængelig fødemængde for disse ænder og en kvantificering af ændrede betingelser som følge af etablering af muslingebrug kan ikke kvantificeres, da også andre forhold regulerer disse bestande. Derimod er det ikke sandsynligt, at det vil medføre indvandring af store bestande af edderfugle, da disse ofte foretrækker åbne kyster (Ib Kragh Petersen, pers. komm.)

Table 2.4. Antal vandfugle i Inderfjorden som gennemsnit af 11 optællinger i perioden 1987-1999

Artsnavn	ef17	ef18	ef19
Toppet lappedykker	1	1	
Skarv	1	3	22
Fiskehejre	1	2	1
Knopsvane	170	397	102
Knopsvane	109	195	75
Sangsvane	19	54	105
Knopsvane adult	60	201	25
Knopsvane juvenil	1	2	2
Gulnæbbet svane	30	89	46
Gravand	1	3	8
Gråand	254	191	95
Taffeland		21	21
Troldand	918	974	185
Hvinand	92	178	323
Lille skallesluger		3	
Stor skallesluger	37	57	48
Toppet skallesluger	2	3	8
Blishøne	1373	2809	1293

2.12 Konklusioner

Effekten af etablering af blåmuslingebrug i Mariager Fjord vil afhænge af mængden af brug der bliver etableret. Overordnet vil etablering af brug i mindre omfang, svarende til etablering af få standardbrug med en årsproduktion på 300 t, ikke have betydende miljøeffekter. Selv etablering af brug i større skala forventes ikke at medføre væsentlige forandringer i negativ retning af Inderfjordens nuværende økosystem.

- Ved at etablere muslingebrug med en årlig høst på 16.000 t levende muslinger vil der blive fjernet 130 t kvælstof, som ellers ville være tilgængelig for primærproduktion. En sådan fjernelse svarer til regionplanens målsætning for reduktion i tilførsel af kvælstof, udover det der bliver fjernet i medfør af vandmiljøplanerne.
- Ved at etablere muslingebrug med en årlig høst på 6.000 t levende muslinger vil der blive fjernet 6 t fosfor, som ellers ville være tilgængelig for primærproduktion. En sådan fjernelse svarer til regionplanens målsætning for reduktion i tilførsel af fosfor.
- Høst af 16.000 t levende muslinger årligt vil reducere planteplanktonets biomasse i et sådant omfang, at regionplanens målsætning for sigtddybde kan nås. Høst af 6.000 t årligt vil forventeligt betyde en forøgelse af sigtddybden med ca. 50% af målsætningen.
- Etablering af muslingebrug vil medføre bedre iltforhold i Inderfjorden i kraft af reduceret tilførsel af organisk materiale til bunden og øget sigtddybde og dermed øget bentisk primærproduktion til følge, men forbedringen kan ikke kvantificeres.

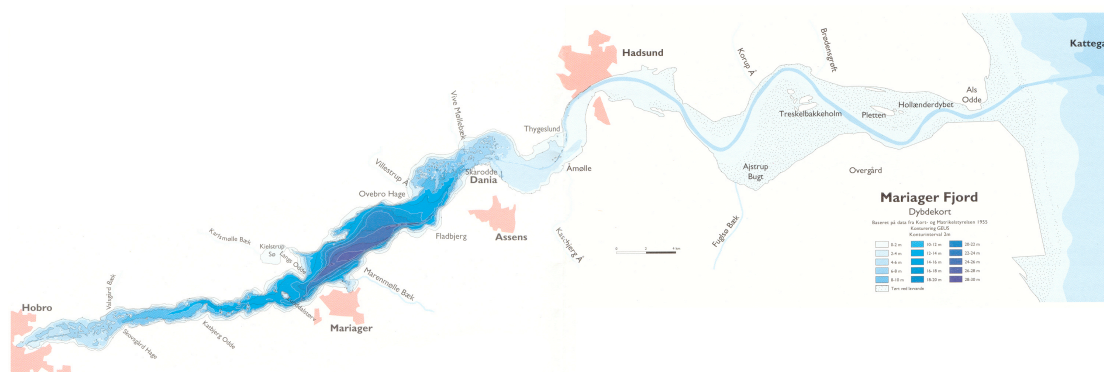
- Bundforholdene, herunder sediments sammensætning og omsætning, og bundens dyre- og planteliv er i Inderfjorden så præget af mange års stor tilførsel af organisk materiale, at etablering af selv omfattende muslingebrug ikke vil medføre negative ændringer i forhold til den nuværende situation. Sandsynlige effekter af omfattende muslingebrug vil være nedgang i biomasse af den vilde bestand af muslinger, øget arealer med bevoksning af ålegræs og introduktion af epibentiske samfund. Disse skøn er udelukkende kvalitative og er behæftet med betydelige usikkerheder.
- Det planktoniske plante- og dyreliv har gennem de senere mange år været præget af stor grad af forstyrrelse og er domineret af (små) hurtigt voksende arter af planteplankton og et fattigt dyreplankton. Etablering af omfattende muslingebrug vil derfor sandsynligvis ikke medføre væsentlige forandringer af det eksisterende plankton udover reduktion i biomasse af primært planteplankton. Effekter af muslingers græsning på planktonets sammensætning er kun meget begrænset beskrevet i den videnskabelige litteratur og forudsigelser om effekter af omfattende muslingebrug er derfor behæftet med stor usikkerhed.
- Mulighederne for etablering af en varieret fiskefauna med flere standfaste arter vil sandsynligvis blive påvirket af muslingernes græsning på fiskeæg og –larver, samt af dyreplanktonets sammensætning. Regionplanens målsætning på dette område kan derfor muligvis ikke nås ved etablering af muslingebrug. Målsætningsopfyldelse vil dog afhænge af kravene til fiskefaunaens specifikke sammensætning. Viden om direkte effekter af omfattende muslingebrug på sammensætning af fiskefauna er helt fraværende og forudsigelserne er følgelig behæftet med store usikkerheder og baseret på skøn.
- Etablering af muslingebrug vil medføre øget fødegrundlag for en række mindre dykænder.

Ud fra en samlet miljømæssige vurdering vil etablering af muslingebrug i stor skala i Inderfjorden medføre en række forbedringer af vandmiljøet, primært i form af reduceret tilgængelighed af næringssalte, lavere koncentrationer af planteplankton og øget sigtdybde. De negative konsekvenser for miljøet vil være begrænsede, da Inderfjordens miljø for nærværende er stærkt præget af store tilførsler af næringssalte, en stor produktion af organisk materiale og stærkt reducerede bundforhold. De miljømæssige effekter er beregnet for hver enkelt parameter og der er ikke taget højde for synergistiske effekter.

Ovenstående konklusioner er bygget på eksisterende viden, som på en række områder er ufuldstændig og ikke tilstrækkelig til at forudsige alle effekter af etablering af muslingebrug i stor skala. Den konkrete udvikling i Mariager Fjord kan derfor kun beskrives eksakt ved at foretage konkrete observationer. Etablering af muslingebrug med henblik på fjernelse af næringssalte bør derfor ledsages af en overvågningsprogram, da ”eco-engineering” på dette niveau ikke er kendt fra marine områder. Afprøvning af dyrkningsmetoder i en pilot-fase vil med fordel kunne bruges til at afklare en del af de ovenfor beskrevne usikkerheder. Dette gælder for produktionsforholdene herunder optagelse af kvælstof og fosfor, sedimentation og omsætning af fækalier og måske effekter på bundfauna umiddelbart under muslingebrug. Effekter på stor skala, som fx forandring i sigtdybde, effekter på planktonsamfund og overordnede effekter på de bentiske forhold og samfund kan dog kun beskrives ved fuld implementering.

3.0 Produktionsforhold og teknisk beskrivelse

Inderfjorden er ca. 10 km lang og max. 2 km bred og karakteriseret ved et smalt lavvandet bælte langs land med en svagt skrånende sandbund ned til ca. 2 m dybde, hvorefter dybden hurtigt tiltager. Neden for skrænten i ca. 14 m dybde hælder bunden igen svagt ud mod fjordens midte. Vest for Dania tiltager dybden hurtigt til over 10 m i forbindelse med starten på en smal rende, der strækker sig vestover og gradvist bliver meget dyb, omkring 30 m (figur 4.1). Længere mod vest bliver vanddybderne igen mindre og sammenhængende dybder >10 m ophører ud for Skovsgård Hage. Flere steder i Inderfjorden, især i den vestligste del og omkring Dania, er der områder med meget varierende dybder, dog alle under ca. 10 m.



dog rekoloniseret af larver fra Yderfjorden og Kattegat (Petersen et al 2000). Larvernes overlevelse og mulighed for at vokse til settlingskompetent størrelse kan dog begrænses af planteplanktonets sammensætning (Petersen et al 2000). Antages de kæde- og kolonidannende kiselalger at være $>10 \mu$ i størrelse, består gennemsnitligt ca. 80% af planteplanktonet i perioden 1990-2001 af arter, der ikke kan indtages af muslingelarver. I sommermånederne kan denne fraktion være endnu højere og larverne kan paradoksalt nok være funktionelt fødebegrænset i et miljø karakteriseret af meget høje koncentrationer af planteplankton. Dette kan medføre begrænsninger i rekrutteringen i visse perioder, om end der ikke tidligere har været problemer med larvetilgang på det eksisterende brug.

Alle forudsætninger for dyrkning af muslinger i Inderfjorden er tilstede. Inderfjorden er ikke eksponeret for større bølger eller voldsom strøm og anlæggene vil derfor ikke blive udsat for store fysiske belastninger. Inderfjordens topografi sætter nogle begrænsninger i valg af teknisk anlæg, men udgør ikke i sig selv en begrænsning for dyrkning, da dyrkningsanlæg på såvel lavt som dybt vand er velbeskrevet og gennemføres forskellige steder i verdenen. Strømhastighederne i Inderfjorden svarer til strømhastigheder fra andre dyrkningsområder, fx i Sverige, og udgør ikke i sig selv en begrænsning. Temperatur og saltholdighed er ligeledes inden for blåmuslingens tolerancegrænser. Den forholdsvis lave saltholdighed kan dog være en begrænsning for muslingernes skalvækst. Erfaringer fra det eksisterende brug viser således, at muslingerne er meget tyndskallede og har lave maksimale længder. Kødprocenten i muslingerne er til gengæld meget høj, hvilket er et resultat af de meget gode vækstbetingelser med rigelig fødetilgang. Den høje primærproduktion i Inderfjorden kan bære en produktion på både 6.000 og 16.000 t muslinger årligt (se ovenfor). Sammensætningen af planteplanktonet udgør ikke et problem med hensyn til hverken størrelsesfordeling eller ernæringsværdi for muslinger. Rekruttering af yngel, der i visse dyrkningsområder kan være et problem, synes heller ikke i Mariager Fjord at være et væsentligt problem, selvom larverne potentielt kan udsættes for fødebegrænsning.

3.1 Produktionsbegrænsninger

Der har været gennemført en række undersøgelser af belastningen med tungmetaller i Inderfjorden (Århus Amt og Nordjyllands Amt 1993). Undersøgelserne har haft forskelligt omfang, men viser sammenfattende, at sedimentet lige omkring Hobro har forhøjede koncentrationer af en række tungmetaller som kobber, kviksølv, bly, zink og krom. Koncentrationerne er dog hurtigt aftagende med stigende afstand fra Hobro. I en undersøgelse af indhold i muslinger blev der fundet et lignende billede og kun helt inde ved Hobro fandtes koncentrationer af kviksølv $>0,4 \mu\text{g kg}^{-1}$ (Petersen et al 1986). Der er ikke systematisk kortlagt andre miljøfremmede stoffer i Inderfjorden. Den væsentligste del af skibsfarten i Mariager Fjord går til Dania og fortsætter kun i begrænset omfang til Hobro. Selv med en udvidet skibstrafik forventes udslip af TBT dog ikke at udgøre et problem i forhold til produktion til human konsumtion. Konkrete undersøgelser af indhold af TBT i sediment og biota vil kunne afgøre i hvilket omfang, om dette og andre stoffer findes i skadelige koncentrationer. Påvisning af koncentrationer af miljøfremmede stoffer under grænserne for det tilladelige vil i sig selv være nyttigt og kan gennemføres i en pilot-fase.

En række forskellige arter af potentielt giftige alger er blevet fundet i Mariager Fjord (Århus Amt & Nordjyllands Amt 1998; Nordjyllands Amt & Århus Amt 2002a). Arterne har tilhørt grupper der kan producere toksiner af såvel DSP som ASP og PSP-typen. Arterne er dog generelt blevet registreret i lavt antal og det har på intet tidspunkt været nødvendigt at stoppe produktionen på det eksisterende muslingebrug, ligesom der ikke har været rapporteret om tilfælde af forgiftninger i forbindelse med forekomst af potentielt giftige alger.

I sommer-halvåret er der ofte fundet overmætning af ilt i de øverste vandlag i løbet af dagtimerne (Århus Amt & Nordjyllands Amt 1998). I hvilket omfang overmætning af vandet med ilt vil påvirke muslingerne respiration og fødeoptagelse er efter vores viden ukendt. Derudover er det usikkert i hvilket omfang, der rent faktisk vil opstå overmætning inde i

muslingebrugen, da muslingernes egenrespiration vil nedsætte iltmængden og den reducerede mængde alger inde i bruget vil producere mindre ilt. Derimod kan man ikke forvente, at der opstår iltsvind inde i brugene om natten, da blandingspotentialet fra atmosfæren langt vil overskride muslingerne iltforbrug. Samlet forventes iltforhold omkring brugene ikke at få negative effekter, men studier i pilot-fasen vil kunne illustrere denne problemstilling

På nær en række mindre dykænder, som er observeret i vinter-halvåret, er der ikke fundet betydende prædatorer i Inderfjorden. Omfanget af fouragering af de observerede dykænder på muslingebestanden er uklart, men det eksisterende muslingebrug har ikke været påvirket heraf. Tilsvarende har påvækst af fouling-organismer også kun været rapporteret sporadisk. Etablering af større anlæg må dog forventes at medføre større foulingproblemer af fx søpunge. En række foulingarter vil dog være udelukket som følge af saltholdigheden i Inderfjorden.

Samlet må begrænsninger for produktion af muslinger i Mariager Fjord på det nuværende vidensgrundlag betragtes som værende af marginal betydning, men det anbefales at foretage målinger på evt. forsøgsbrug.

3.2 Teknisk beskrivelse af anlægstyper

3.2.1 Anlægsetablering.

Et langlineanlæg etableres afhængigt af lokale fysiske forhold og vilkår og designes efter valg af dyrkningsprincip. Fysiske vilkår er dybde, strøm, bundforhold, eksponering og is forekomst. Design af anlægget består i en række valg alt efter :

- om langlinerne permanent skal være i overfladen.
- om langlinerne permanent skal være undersænket, i så fald i hvilken dybde langlinen skal fikseres.
- om anlægget udelukkende skal bruges til at opsamle muslingelarver eller være til produktion.
- om produktionen skal omfatte en eller flere arbejdsgange med muslingerne.

Dybde

Forholdet mellem udbytte og anlæggets kapacitet er dybdeafhængigt til et punkt. Produktion og larveopsamling skal foregå i vandsøjlen. Produktion er afhængig af fytoplankton, og larveopsamling er afhængig af forekomst af vilde muslinger. Langlineanlæg kan etableres på dybder fra ca. 2 meter. Erfaringsmæssigt er ca. 5 meters dybde optimal. Blandt andet fordi planktonproduktion foregår i den øvre del af vandsøjlen, det giver håndterbare bændel-, strømpe- og reblængder, og etablering er relativt ukompliceret.

Strøm

Ved etablering af et anlæg bør strømforhold vurderes. Som udgangspunkt bør der være strøm omkring anlægget for at sikre vandudskiftning. I forhold til forankring af anlægget skal der dimensioneres efter strømforhold.

Bundforhold

Bundforhold har indflydelse på valg af forankring af anlægget. I de fleste tilfælde (blød-, sand-, grusbund) kan skrueankre anvendes, mens i tilfælde med meget hård bund må der anvendes beton- eller plovankre. Skrueankre skrues i fra overfladen via et stangsystem enten manuelt eller med hydraulik. Betonankre lægges ud med kran.

Eksponering / vind

Eksponering skal bl. a. ses i sammenhæng med dagligt arbejde ved langlinen, da det kræver at båden er fastgjort til linen. Er anlægget eksponeret kan det give færre arbejdsdage på linen.

Årsagen er at bølgebevægelse kan blive for voldsom. Afstand mellem langlinerne skal udmåles delvist afhængigt af eksponering med henblik på at undgå en situation hvor linerne bliver filtret sammen. Der er tradition for at udlægge anlæg parallelt med den fremherskende vindretning.

Isforekomst / issikring

Isforekomst berører kun anlæg med liner i overfladen. Fryser anlægget inde eller bliver det ramt af dravis, vil der være risiko for havari.

Overordnet skelnes der mellem anlæg hvor langlinerne enten er flydende eller undersænket. Fra begge typer anlæg er det muligt at gennemføre larveopsamling og produktion.

Overfladebaseret langlineanlæg karakteriseres ved: (se s. 23)

- at være synligt på havoverfladen i hele langlineanlæggets udstrækning.
- at være synlig hele året.
- at langliner placeres tæt under havoverfladen holdt flydende med bøjer.
- at bølgebevægelse og vandstand (tidevand, vindstuvning) forplanter sig til alle dele af systemet.
- at være følsomt over for indefrysning og dravis.
- at afstand mellem langlinerne kan være relativ lille, ~ 2 meter. Linerne monteres på jernbaneskinne.

Undersænket langlineanlæg karakteriseres ved: (se s. 22)

- at være "usynligt" da langlinerne er placeret i en bestemt dybde målt fra havbunden, svarende til en meter under havoverfladen ved ekstremt lavvande.
- Dele af anlægget er synligt 3-4 måneder om året i forbindelse med rekruttering af yngel
- Langlinen fikseres med 35 kilos ankerklodser og bøjer.
- at bølgebevægelse og vandstand **ikke** forplanter sig til alle dele af systemet.
- **ikke** at være følsomt over for indefrysning og dravis.
- at afstand mellem langlinerne bør være relativ stor (9-12 meter), for at holde ankerliner adskilt.

Opsamling af muslingelarver skal ske i foråret. Det vil sige at bændlerne monteres på langlinerne i maj - juni. Når muslingernes længde er indenfor intervallet 14-18 mm, efter ca. 3 måneders vækst, høstes muslingerne af bændlerne, sorteres og fyldes i strømper. Strømperne monteres på de undersænkede langliner. Efter nogle få dage er muslingerne migreret gennem strømpens masker til ydersiden. Strømperne udgør herefter substratet, som muslingerne skal høstes fra. Strømpproceduren er relativ omstændig, men sikrer et relativt højt høstudbytte. Baggrunden er, at strømpematerialet skal dimensioneres til ca. 500 muslinger pr. meter, et forhold som resulterer i optimal tæthed. Som muslingebiomassen øges skal systemet bøjes op.

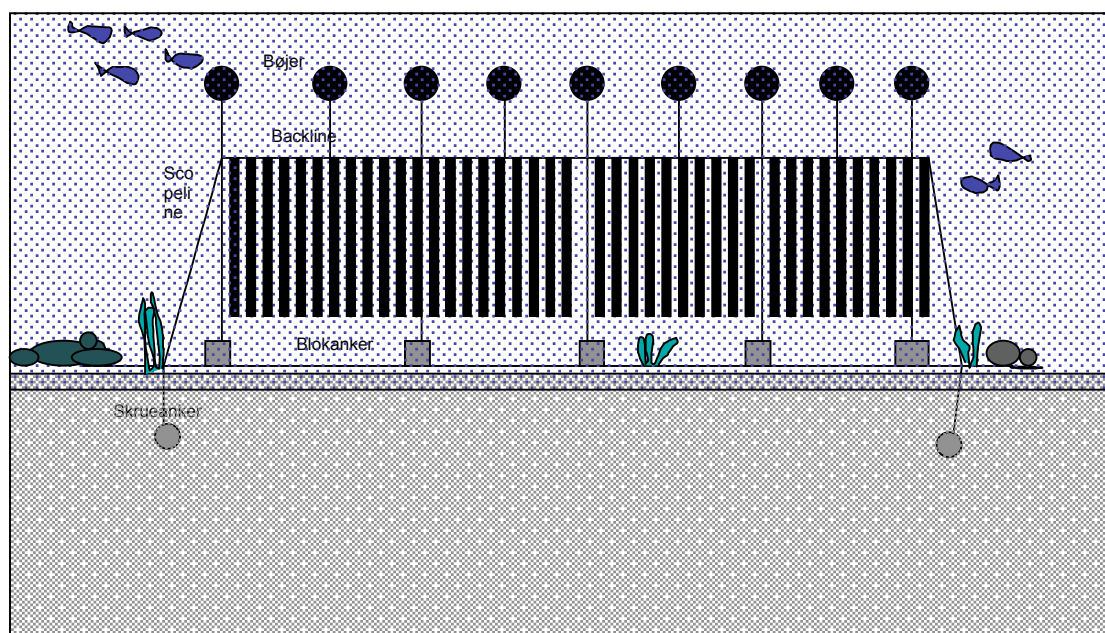
Et muslinge anlæg er udsat for store påvirkninger igennem året. Det være sig strøm, vind, is, drivende genstande, begroning, skiftende temperaturer, vægten af muslinger og øvrige befæstede dyr og planter samt ikke mindst vedligeholdelsen, høstning og tilseelse. Materialerne påvirkes kraftigt og udsættes for kontinuerligt slid. Materialevalget og - sammensætning er derfor vigtige faktorer, da brud eller anden forstyrrelse ofte medfører tab og forstyrrelser der ikke umiddelbart lader sig kompensere for.

Valget af opdrætsprincip er afgørende for succes. Succesrige opdrættere i udlandet har til fælles at de har tilpasset anlægstypen og princippet til netop det område de er i. I Spanien og sydeuropa opdrættes på store flåder, mens man i Canada opdrætter på langliner. I norden er det et 3. system. *Det er dog næppe så meget anlægstypen som det er valget af håndteringsgraden der har indflydelse på udbyttet*, og med til dette valg hører også en

vurdering af omkostningerne til arbejdskraft, dennes effektivitet og adgangen til maskineri og udstyr i øvrigt.

Ved valget af anlægstype hører en vurdering af områdets beskaffenhed med hensyn til dybder, bundforhold, strøm, vind og øvrige vejrforhold.

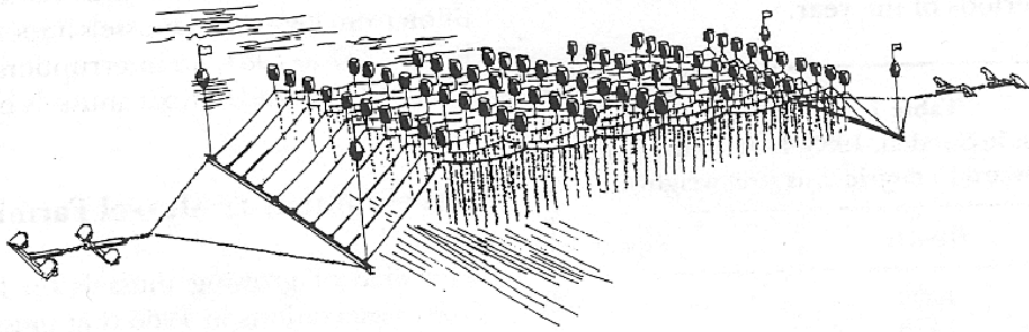
Undersænket anlæg



Figur 1 undersænket anlæg set fra siden

På de undersænkede anlæg, som Dansk Skaldyrcenter har etableret i Limfjorden, er hver langline ca. 200 m og forankret i hver ende med enten en 900 kg. betonklods eller et såkaldt skrueanker. Ved et middelstort anlæg med ca. 40 liner á 200 m., bliver det hurtigt uhåndterligt at vælge betonklodser, hvorfor skrueankre er at foretrække. Disse skrues ned i havbunden og forsvinder dermed fra havbundens overflade. Skrueankre er betydeligt billigere i både anskaffelse og i udlægning/etablering end betonankre.

Det overfladebaserede anlæg karakteriseres ved at bestå af et antal parallelle langliner befæstet på to bomme (jernbaneskiner), en i hver ende. Fra hver bom udgår en hanefod, som befæstes i et anker.



Figur 2 Overfladebaseret anlæg, set fra oven

Denne anlægstype har en række egenskaber som med fordel kan anvendes i Mariager fjord. For det første er anlægget testet, og har vist sig succesfuld, på større dybder. Materialerne er holdbare, og det er relativt enkelt at etablere og vedligeholde. Linerne kan sidde tæt og dermed er arealkravet ikke specielt stort. Anlægstypen har vist sig at være rimelig vejrbestandig.

Ud fra de erfaringer der foreligger fra opdrættere der har forsøgt sig i Mariager fjord, tyder det på at der skal gennemføres en midtvejshåndtering, som tidligere beskrevet, bestående af en høstning af yngel efter en ca. 3-4 måneder, og herefter en strømpning.

3.2.2 Teknisk beskrivelse for Mariager fjord

På grund af vanddybderne i Mariager fjord, vil skrueankre ikke alle steder være en mulighed. Derimod bør der i forbindelse med valget af det overfladebaserede anlæg, vælges et traditionelt plovanker.

Anlægget i Mariager fjord vil således komme til at bestå af 10 – 15 parallelle 16 mm langliner, med en længde på 2-300 m, udspændt mellem 2 bomme på ca. 14-16 m. længde. *Størrelsen af de enkelte anlæg er afhængig af den endelige lokation.*

Som opdrift vælges 4 mm helstøbte bøjer, fordelt på 2 størrelser. En medium størrelse med en opdrift på ca. 25 kg., og en lille størrelse med en opdrift på ca. 18 kg. Bøjerne er støbt i hård plastik i en mat sort farve.

Til start anvendes mediumstørrelsen med en bøje for hver 4 m. Senere bøjes op med et tilsvarende antal og størrelse, og til slut i vækstsæsonen bøjes op med ca. 625 af de små størrelser med en pr. 4 m.

Ved et anlæg med 10 liner a 250 m, skal der således bruges i alt 1250 bøjer af mediumstørrelsen, og 625 af de små størrelser. Der skal i alt anvendes ca. 1875 bøjer. I forhold til store opdrifts midler som dunke eller tønder, giver det større stabilitet og fleksibilitet at anvende mindre og flere bøjer. Langlinerne buer ikke så meget mellem bøjerne som man ser ved brug af de større dunke.

På bommene monteres en hanefod med linerne bagud, som hæftes på et 500 kg. plovanker. I princippet færdiggør man i store træk anlægget på land, og ”færger” herefter det hele på plads på den valgte lokation, med store opdriftsbøjer. Efter udlægning af anlægget hænges de sidste bøjer på.

Herefter påbegyndes montering af bændler med ca. 0,5 m mellemrum. Bændlernes længde afhænger af den aktuelle dybde og springlaget. I bilag 1 ses de enkelte dele og dimensioner samt forventede priser.

Udover det tilpassede overfladebaserede anlæg, vælger vi at placere en række undersænkede anlæg i de områder hvor forholdene tillader det.

Det undersænkede anlæg er karakteriseret ved et behov for større areal, i det linerne er individuelt forankret, og afstanden mellem linerne er større.

Linerne er ca. 200m, etableres med ca. 10 m mellem hver, og består af samme linestørrelse som det overfladebaserede. På hver line monteres samme opdriftsbøjer med ca. 0,75 m mellem hver. På et anlæg med ca. 50 liner skal der derfor anvendes ca. 7500 bøjer. De efterfølgende strømper hænges ud med en afstand på ca. 0,4m, således at det samlede antal strømper pr. line bliver ca. 500, og i alt ca. 25.000. Med en forventet produktion på ca. 12kg. – 15kg. pr. strømpe er kapaciteten den samme som på et overfladebaseret anlæg, altså omkring 300.000kg. Prisen for et undersænket anlæg er på niveau med det i overfladen.

Konklusion

Konklusionen må således være at vi for Mariager fjord vælger at tilpasse den overfladebaserede anlægstype med en mellemhåndtering og herefter strømpning, samt at etablere en række undersænkede anlæg i de områder hvor dette er muligt. Med de anlægstyper der her er foreslået og de områder der peges på til etablering i næste afsnit, er det muligt at nå de i afsnit 3.0 opstillede produktionsmål. Dog er det afgørende at der som tidligere foreslået gennemføres en test periode, hvor antagede forudsætninger, materialer og anlægsvalg skal prøves af.

3.3 Placering

På vedlagte kort i bilag 4-6 er der skitseret en række områder med muligheder for placering af kommende opdrætsanlæg.

Ved placeringerne er der så vidt muligt taget hensyn til anlæggenes kommende fysiske fremtræden i form af synlige bøjer, og om muligt andet udstyr, således at de mest synlige anlæg også er placeret der hvor de fra offentlige veje, bygninger osv. er mindst synlige. Ved de undersænkede anlæg er det mest dybderne der er taget hensyn til.

I placeringsovervejelserne er der endvidere forsøgt taget hensyn til skibstrafikken, ferskvandsudløb, reservater, beboede områder, samt afstand til nærmeste havn, af hensyn til sejltiden til og fra anlæggene. o.lign.

De overfladebaserede anlægstyper er velegnede til placering på større dybder end de undersænkede, hvorfor disse forsøges placeret på dybder over 10 m. De undersænkede placeres på vanddybder under 10 m.

På baggrund af disse forhold, placeres de undersænkede anlæg på lokationer nordøst for Dania samt umiddelbart nord og nordvest herfor.

Til de overfladebaserede anlæg er der valgt 2 områder. Områder hhv. nordøst og sydvest for Nagentoft grund. Alle i umiddelbar nærhed af Mariager.

Områdernes størrelse tillader at der opstilles adskillige anlæg indenfor hvert, og samtidig gør det muligt at nå de anbefalede produktionsmål. I alt peges der på områder, rækkende fra Dania/Kongsdal i øst til Mariager i vest.

4.0. Økonomi og indsats

4.1 udvikling

Da der generelt skal opbygges en erfaring og viden med opdræt i Mariager fjord, bør der indledningsvis etableres et par testanlæg baseret på forskellige principper og lokationer.

Ved hjælp af den erfaring der allerede foreligger samt den nye viden der udvikles i dansk skaldyrcenter i Limfjorden, skal der det første år arbejdes med at skabe en reference model som med succes har opdrættet muslinger i Mariager fjord. Ejeren af det nuværende anlæg Hans Møller, har endnu ikke høstet muslinger fra sit anlæg, på trods af forsøg i nu 2 år.

De positive erfaringer der foreligger, er baseret på høstning før det store iltsvind i 1997. Eventuelle nye opdrættere og investorer har derfor et behov for positive referencer på den her side af 1997. Hvis disse i dag henvender sig til Hans Møller, vil udfaldet ikke være udpræget positivt. Tiltrækningen af nye opdrættere og investorer vil, alt andet lige, derfor besværliggøres unødvendigt, og kan i værste fald ende med at det ikke lykkedes at skaffe den nødvendige kapital.

Det bliver derfor nødvendigt at høste konsummuslinger fra testanlæggende før næste fase igangsættes. Hvis alt går vel, kan der indenfor de første 18 – 24 måneder høstes med succes.

I denne fase skal der hentes erfaringer med anvendelsen af forskellige anlægstyper og principper.

4.2 Goodwill kampagne

Sideløbende med at denne test gennemføres er det væsentligt at en oplysnings- og PR kampagne igangsættes. Målgruppen for denne kampagne er befolkningen, organisationer, myndigheder, foreninger og ikke mindst erhvervslivet i de kommuner der støder op til Mariager fjord. Det er afgørende nødvendigt at der oparbejdes en goodwill i disse miljøer.

En goodwill kampagne skal gennemføres i flere tempi og på flere niveauer.

For det første er det nødvendigt at identificere positive influenter i nærmiljøerne, som kan bruges i den videre bearbejdning af de øvrige målgrupper. Indledningsvis skal der derfor igangsættes en række foredrags- og debatmøder blandt lokale organisationer som f.eks. sejlkubber, fiskeorganisationer, naturforeninger, erhvervs foreninger -og råd samt hos myndighederne og kommunerne. Formålet med disse møder skal dels være at skabe den nødvendige debat, baseret på fakta og muligheder ved de "nye" anlægstyper, samt at belyse og anskueliggøre hvilke lokale udviklingsmuligheder der skabes. Endvidere skal der på disse møder identificeres de førnævnte positive influenter. Altså lokale der aktivt vil arbejde for en udvikling af muslingeopdræt i Mariager fjord.

Da debatten om Mariager fjord ofte har været meget følelsesladet, er det vigtigt at der som grundlag for disse møder, udarbejdes et faktahæfte om opdrættenes indflydelse på miljøet, med både det fysiske, praktiske og visuelle. Heri b. la. også myndighedernes indstilling og mulighed for at føre kontrol med udviklingen

Baseret på de erfaringer der høstes på møderne med de lokale organisationer og med de positive influenter i spidsen, skal der efterfølgende igangsættes en række borgermøder hvor

udgangspunktet er hvilken indflydelse opdrættene har i de lokale samfund og ikke mindst deres bidrag til genoprettelsen og stabiliseringen af miljøet i fjorden.

Formålet med borgermøderne er at få så bred en platform for lokal ”medvind” som muligt, samt at kunne få orienteret om de faktiske forhold og disses påvirkninger af miljøet.

4.3 Omkostninger ved afvikling af kampagne

Forberedelse og kampagne materialer	kr.	25.000,00
Gennemførelse af 8-10 foredrags- og debatmøder. Inkl. Lokaleleje og diverse	kr.	55.000,00
Gennemførelse af 5 borgermøder. Inkl. faktahæfte og materiale.	kr.	45.000,00
Skønnede omkostninger i alt for gennemførelsen af PR og goodwill kampagne er i alt på	kr.	125.000,00

4.4 Markedet for ferske blåmuslinger

Markedet for blåmuslinger kan i hovedtræk deles i to. Ferskvaremarkedet samt markedet for forarbejdede produkter.

Ferskvaremarkedet er salg af levende muslinger, hvor de som oftest konsumeres direkte fra skallen. Det industrielle marked er salg og bearbejdning af muslinger i industrien, hvor de som oftest koges og afskalles til videre bearbejdning, og sælges herefter som frostvare eller konserver. Det industrielle marked er meget stort i både Danmark og på eksportmarkederne. I Danmark alene fiskes der årligt ca. 100.000 ton muslinger til den videre forarbejdning. Hovedparten afsættes på de internationale markeder i forarbejdet form. 5-600 mennesker skønnes at være fuldtidsbeskæftiget i industrien alene.

Fiskede muslinger er i sammenligning med opdrættede, karakteriseret ved en kraftigere skal og et lavere kød indhold. Den kraftigere skal gør den velegnet til industriel forarbejdning. Fiskede muslinger skal efter fangsten, og før forarbejdningen afsendes i et skylleanlæg i ca. 24 timer.

Bundmuslinger har en lavere vækstrate end opdrættede, og er ofte 2 – 3 gange så lang tid om at nå konsumstørrelse. Industrien aftager muslinger fra fiskerne til en pris på kr. 1,1 – 1,3 pr. kg.

I mangel af bedre, sendes de fiskede muslinger ofte på ferskvaremarkedet.

Kvaliteten på en musling vurderes på dens kød indhold, og til ferskvaremarkedet tillige på dens udseende på skallen.

Opdrættede muslinger er karakteriseret ved et væsentligt højere kød indhold, og en meget ”ren” skal. Skallen er i kraft af den større vækst og færre prædatorer i vandsøjlen næroverfladen, noget tyndere. Kvaliteten er derfor i sammenligning med den fiskede musling noget højere.

I detailledet i Danmark og i øvrigt i resten af Europa, sælges ferske muslinger ofte til kr. 36-38 pr. kg. Med normale distributionsavancer efterlader dette en pris til produktionsleddet (opdrætterne) på kr. 6-9 pr. kg.

Ferskvaremarkedet for muslinger af en god kvalitet, er både i Danmark og Europa meget stort. I Italien, Frankrig og Spanien er efterspørgslen meget stor, og på trods af en meget stor egenproduktion kan efterspørgslen ikke umiddelbart imødekommes. I mellem og Nordeuropa er Belgien det absolutte knudepunkt for ferske muslinger, og heller ikke her kan efterspørgslen umiddelbart imødekommes. Ligeledes må man forvente at der i Danmark vil være en stigende efterspørgsel i forbindelse med stigende leverancer af muslinger af høj kvalitet. Aftagerne på ferskvaremarkedet er både detailhandlere, grossister, cateringsektoren, restauranter og eksportopkøbere.

Ved en produktion på 6000 ton ferske muslinger i Mariager fjord vil dette umiddelbart kunne omsættes til en værdi af kr. 36,0 mio. om året, forudsat at prisen på kr. 6,0 pr. kg. kan fastholdes.

4.5 Beskæftigelsen i lokalområdet

Forudsat at der etableres en fuldskala produktion på 6000 ton muslinger, fordelt på 20 anlæg med hver 300.000 kg., vurderes behovet for antal beskæftigede i gennemsnit over året at være på ca. 1,5 fuldtidsbeskæftiget på hvert anlæg. Hertil kommer 8-10 beskæftiget på de landbaserede faciliteter i forbindelse med håndteringen af høstede muslinger og materialer, samt 4-5 administrative stillinger. I alt 40 – 45 arbejdspladser i den primære produktion. Hertil kommer merbeskæftigelsen hos underleverandørerne.

4.6 Omkostninger ved etablering af test- og referenceanlæg

Etablering af 2 testanlæg på udvalgte lokationer	kr.	400.000,00
Service og vedligehold i et år (to årsværk)	-	650.000,00
Materialer ved vedligehold	-	75.000,00
Leje af båd i et år	-	225.000,00
Supervision og miljøprogram	-	450.000,00
Diverse uforudsete omkostninger	-	<u>75.000,00</u>
Omkostninger for testanlæg i alt	Kr.	1.875.000,00

Samlede omkostninger for etablering af testanlæg og gennemførelsen af PR- og goodwill kampagnen er således på kr. 2.0 mio.

Finansieringen kan gennemføres på flere måder. Et eksempel kunne være at man rent organisatorisk lod Dansk Skaldyrcenter forestå gennemførelsen af 1. fase og herunder også en ansøgning til henholdsvis FIUF samt de berørte amter og kommuner.

Et eksempel kunne se sådan ud:

50% medfinansiering fra FIUF	kr. 1.000.000,00
30% fra amterne	- 600.000,00
20% fra kommunerne	- 400.000,00

4.7 Anlæg

I forlængelse af afsnittet om miljøpåvirkningen samt den tekniske beskrivelse af anlægget skal der efterfølgende vurderes hvad de samlede etableringsomkostninger bliver.

I bilag nr.1 dataark for overfladebaseret langline system fremkommer en detaljeret pris på kr. 212.785,00 pr. anlæg. Hvis man her indregner en vis usikkerhed b. la. grundet kursudsving for både can.\$, svenske og norske kroner osv. da store dele af materialerne skal købes her, og runder ned til kr. 200.000,00 pr. anlæg, skal der investeres kr. 4.0 mio. i anlæg til fjorden.

Herudover skal der på land investeres i bygninger, maskiner, udstyr og både for ca. kr. 6.0 mio. mere. Der skal således i alt investeres ca. kr. 10.0 mio. kr. for både det fjord og landbaserede anlæg. Estimeret rentabilitet se bilag nr. 2 og 3

4.8 Etablering og drift

Hvis der som forudsat i beregningerne skal etableres 20 opdræt, er det en besnærende tanke at etablere disse i et fælles selskab eller kooperativ.

Med et behov for kr. 10.0 mio. til etableringen skal der således findes 20 investorer der hver skyder kr. 500.000,00 ind i selskabet. De 20 investorer skal i princippet også være de opdrættere der aktivt skal arbejde i virksomheden. Ved at være aktive investorer sikrer man også en stor fleksibilitet i deres indsats. Virksomheden kan etableres som et aktieselskab, hvor investorerne er bestyrelsen, men hvor der vælges at ansætte en daglig leder eller direktør for selskabet til at forestå den daglige drift.

Ved at etablere opdrættene i et fælles selskab sikrer man sig en stor indflydelse i den videre distribution og ikke mindst i markedets videre prissætning. I produktionen sikrer man sig rimelige stordrifts fordele, og ikke mindst er der fra myndighedernes side en klar fordel i at man kun skal henvende sig et sted i samarbejdet om tilsyn og forvaltning af anlæggene. Alternativet er 20 individuelle opdrættere.

Naturligvis er et sådant ”kooperativ” også grobund for splittelse og evige diskussioner om ledelse og indsats, men i forhold til det modsatte, hvor 20 individuelle opdrættere skal koordinere deres indsats, og eventuelle brug af fælles bygninger, maskiner og udstyr, er kooperativet langt at foretrække set i lyset af den potentielle effektivitet.

I forlængelse af driftsberegningerne (se bilag nr. 2) vurderes det ikke at blive et større problem at tiltrække investorer.

Et alternativt forslag kunne igen være at udlicitere opgaven og gennemførelsen til Dansk Skaldyrcenter, som så efterfølgende kunne forestå etablering af selskab, tiltrækning af investorer og den efterfølgende etablering, igangsættelse og drift af anlæg.

4.9 Tidsplan

2004

Februar/marts	Igangsatning af PR og goodwill kampagne
April/maj	Opsætning af testanlæg
Maj	Miljøprogram igangsættes
August/september	Borger og høringsmøder
Oktober/november	Afslutning af kampagne
December	Erfaringer med testanlæg evalueres

2005

Februar/Marts	Testanlæg tilrettes efter evaluering
Juni	Prøvehøst og evaluering
August investorer	Etablering af Aktieselskab og tiltrækning af påbegyndes.

2006

Januar/Februar	Opsætning af 5 – 8 anlæg
Oktober – Marts 2007	Opsætning af de resterende anlæg

5. Referencer

- Bioconsult 2001: Mesozooplankton i Mariager Fjord 1991, 1993-1999. Rapport 41 pp.
- Christensen, P.B., R.N. Glud, T. Dalsgaard & P. Gillespie in press: Implications of long line mussel farming on oxygen and nitrogen dynamics and biological communities of coastal sediments.
- Dare, P.J. & D.B. Edwards 1975: seasonal changes in flesh weight and biochemical composition of mussels (*Mytilus edulis* L.) in the Conwy estuary, North Wales. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 18: 89-97.
- Fabiano, M, R. Danavaro, E. Olivari & C. Misic 1994: Decomposition of faecal matter and somatic tissue of *Mytilus galloprovincialis*: changes in organic matter composition and microbial succession. Mar. Biol. 119: 375-384.
- Fossing, H. 2000: Sedimentprocesser og næringsstofudveksling i Mariager Fjord 1999. Notat.
- Grant, J., A Hatcher, D.B. Scott, P. Pocklington, C.T. Schafer & C.V. Winters 1995: A multidisciplinary approach to evaluating impacts of shellfish aquaculture on benthic communities. Estuaries 18: 124-144.
- Haamer, J. 1996: Improving water quality in a eutrophied fjord system with mussel farming. Ambio 25: 356-362.
- Harris G.P. 1986: Phytoplankton ecology. Structure, function and fluctuation. Chapman and Hall, New York, 384 pp.
- Kimmerer, W.J., E. Garthside & J.J. Orsi 1994: Predation by an introduced clam as the likely cause of substantial in zooplankton of San Francisco Bay. Mar. Ecol. Prog. Ser. 113: 81-93
- Kjørboe, T. 1993: Turbulence, phytoplankton cell size, and the structure of pelagic food webs. Adv. Mar. Biol. 29: 1-72.
- Kristensen, P.S. & E Hoffmann 2000: Fiskeri efter blåmuslinger i danmark 1989-1999. DFU-rapport 72-00, 38 pp + tabeller.
- Larsen, B. 1998: Mariager sedimentkortlægning Hobro-Hadsund 1998. Geus rapport 1998/41, 41 pp + bilag.
- Loo, L.-O. & R. Rosenberg 1983: *Mytilus edulis* culture: growth and production in Western Sweden. Aquacult. 35: 137-150.
- Mattsson, J. & O. Lindén 1983: Benthic macrofauna succession under mussels, *Mytilus edulis* L. (Bivalvia), cultured on hanging longlines. Sarsia 68: 97-102.
- Møller, E.F., P. Thor & T.G. Nielsen: Production of DOC by *Calanus finmarchicus*, *C. glacialis* and *C. hyperboreus* through sloppy feeding and leakage from fecal pellets. Limnol. Oceanogr. In press
- Nordjyllands Amt & Århus Amt 2001: Fiskeundersøgelser. Mariager Fjord 1998-2000. Rapport 80 pp.
- Nordjyllands Amt & Århus Amt 2002a: Vestlige Kattegat og tilstødende fjorde 2001. Tilstand og udvikling. Afrapportering ifølge NOVA 2003, rapport 147 pp.

- Nordjyllands Amt & Århus Amt 2002b: Debatoplæg om Mariager Fjord. Rapport 39 pp.
- Norén, F., J. Haamer & O. Lindahl 1999: Changes in plankton community passing a *Mytilus edulis* mussel bed. Mar. Ecol. Prog. Ser. 191: 187-194.
- Olsson, P., E. Granéli, P. Carlsson & P. Abreu 1992: Structuring of a postspring phytoplankton community by manipulation of trophic interactions. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 158: 249-266
- Petersen, J.K., G.I. Petersen & M. Torp 1986: Tungmetaller i fisk og muslinger fra Mariager Fjord 1985. Miljøprojekt 6/1986 fra Nordjyllands Amt, 61 pp.
- Petersen, J.K., O. Schou & P. Thor 1997: In situ growth and energetics of the ascidian *Ciona intestinalis* (L) and the blue mussel *Mytilus edulis* in a eelgrass meadow. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 218: 1-11.
- Petersen, J.K., S. Markager, C. Stedmon & E. Stenalt 2000: Mariager Fjord – primærproduktion, iltomsætning og blåmuslinger efter iltsvindet i 1997. Rapport 42 pp.
- Prins, T.C., V. Escaravage, A.C. Smaal & J.C.H. Peeters 1995: Nutrient cycling and phytoplankton dynamics in relation to mussel grazing in a mesocosm experiment. Ophelia 41: 289-315.
- Reusch, T.B., A.R.O. Chapman & J.P. Gröger 1994: Blue mussel *Mytilus edulis* do not interfere with eelgrass *Zostera marina* but fertilize shoot growth through biodeposition. Mar. Ecol. Prog. Ser. 108: 265-282.
- Richardson, K. 1997: Harmful or exceptional phytoplankton blooms in the marine ecosystem. Adv. Mar. Biol. 31: 302-385.
- Riemann, B., T.G. Nielsen, S.J. Horsted, P.K. Bjørnsen & J. Pock-Steen 1988: Regulation of the phytoplankton biomass in estuarine enclosures. Mar. Ecol. Prog. Ser. 48: 205-215.
- Riemann, B., H.M. Sørensen, P.K. Bjørnsen, S.J. Horsted, L.M. Jensen, T.G. Nielsen & M. Søndergård 1990: Carbon budgets of the microbial food webs in estuarine enclosures. Mar. Ecol. Prog. Ser. 65: 159-170.
- Rodhouse, P.G., C.M. Roden, M.P. Hensey & T.H. Ryan 1985: Production of mussels, *Mytilus edulis*, in suspended culture and estimates of carbon and nitrogen flow: Killary Harbour, Ireland. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 65: 55-68.
- Rosenberg R. & L.-O. Loo 1983: Energy-flow in a *Mytilus edulis* culture in Western Sweden, Aquacult. 35: 151-161.
- Singarajah, K.V. 1975: Escape reactions of zooplankters: effect of light and turbulence. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 55: 627-639.
- Smaal, A.C. & A.M.P.A. Vonck 1997: seasonal variation in C, N and P budgets and tissue composition of the blue mussel *Mytilus edulis* L. Mar. Ecol. Prog. Ser. 153: 167-179.
- Stenton-Dozey, J., T. Probyn & A. Busby 2001: Impact of mussel (*Mytilus galloprovincialis*) raft-culture on benthic macrofauna, in situ oxygen uptake, and nutrient fluxes in Saldanha Bay, South Africa. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58: 1021-1031.
- Sullivan, B.K., P.H. Doering, C.A. Oviatt, A.A. Keller & J.B. Frithsen 1991: Interactions between benthos alter pelagic food web structure in coastal waters. Can. J. Aquat. Sci. 48: 2276-2284.

Zeldis, J.R., C.S. Davis, M.R. James, S.L. Ballara, W.E. booth & F.H. Chang 1995: Salp grazing: effects of phytoplankton abundance, vertical distribution and taxonomic composition in a coastal habitat. Mar. Ecol. Prog. Ser. 126: 267-283.

Århus Amt 1992: Blåmuslingers produktion, assimilation og filtrationskapacitet i mariager Fjord. Teknisk rapport 30 pp.

Århus Amt 2002: Mariager Fjord. Næringssalttilførsler og miljøtilstand. Notat.

Århus Amt & Nordjyllands Amt 1993: Udviklingen i sedimentets tungmetal-, fosfor- og kvælstofindhold i den vestlige del af Mariager Fjord. Teknisk rapport, 39 pp.

Århus Amt & Nordjyllands Amt 1998: Mariager Fjord – udvikling og status 1997. Rapport 198 pp.

6.0 Bilag

Bilag 1

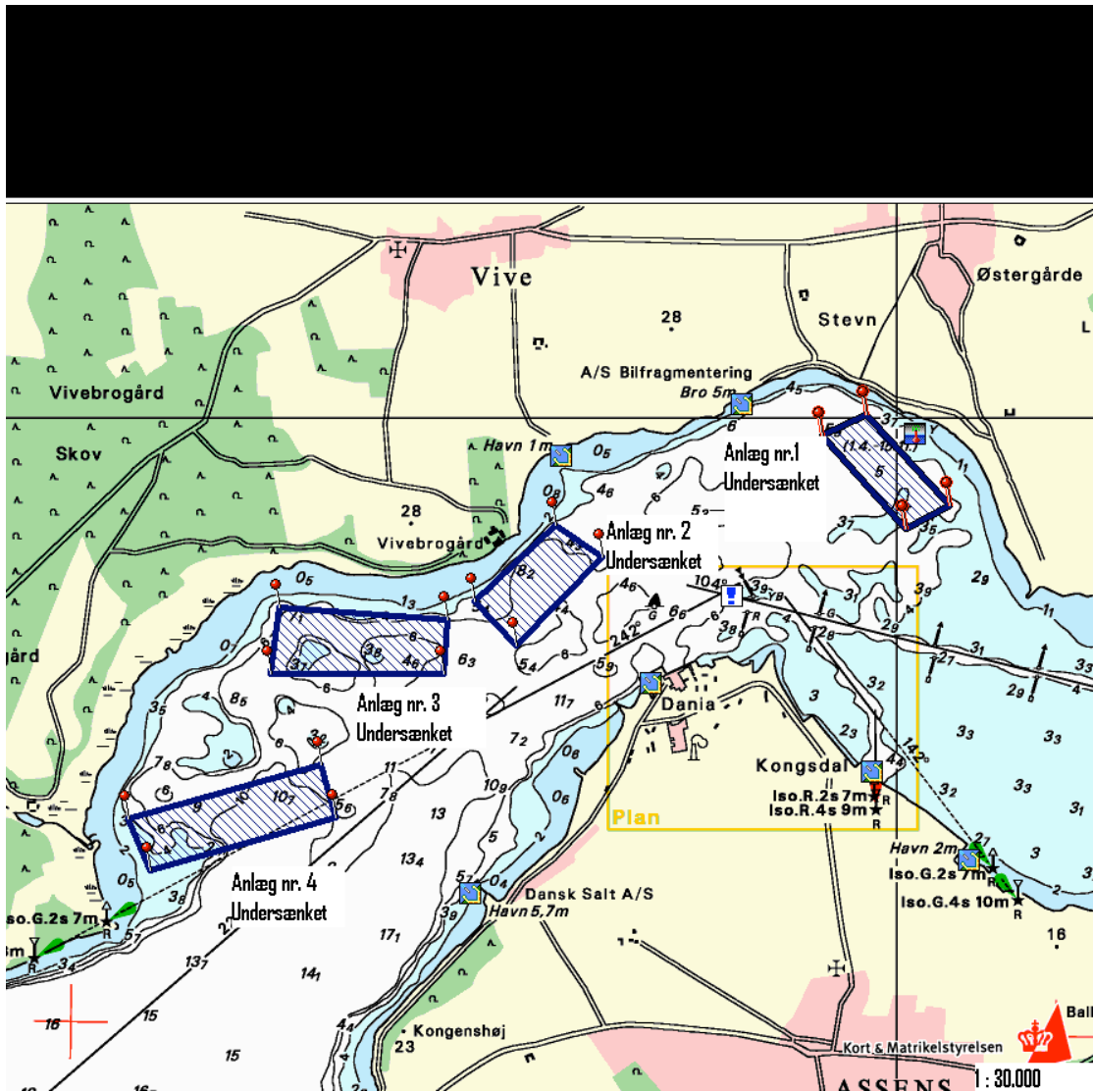
Dataark for Overflade baseret Langlinesystem.				
10 liner á 250 m, på 14m jernbaneskiner, uden undersænkning				
Komponent	Antal	Samlet mængde	Enhedspris dkk	Total
Jernankre á 500 kg	2	2	4000	8000
Ankerkæder, 24 mm, længde er lig med 3 gange dybden	2	2x8x3	100	4800
Sjækler	4	4 med styrken 9,5 ton	90	360
Ringe	2	2 ringe	70	140
Jernbaneskiner, 40 kg pr. meter	2	28 meter	50	1400
Hanefod 16 mm reb	2	62 meter	2	124
Ankerline, 2 pr. line, 16mm	20	20x8	2	320
Langliner, 16 mm reb	10	2500	2	5000
Bøjer, Start antal afhænger af type og ønskede opdrift.				
Canadiske plastikbøjer, Sorte, Medium, opdrift ca.25 kg	1 pr. 4 meter	625	45	28125
Bøje op. Valg af bøjer til at bøje op med afhænger af muslingernes vækst. Det anbefales at beregne på 2 gange.				
Canadiske plastikbøjer, Sorte, Medium, opdrift ca.25 kg	1 pr. 4 meter	625	45	28125
Canadiske plastikbøjer, Sorte, Små opdrift ca.18 Kg	1 pr. 4 meter	625	42	26250
Bøjeline 8 mm reb, 0,95 m pr. bøje		1300	1	1300
Bændler 1 pr. 0,5 m langline	5000	30000m	0,75	22500
Bændelvægte, 1 pr. bændel	5000		3	15000
Strips, 2 pr. bændel	10000		0,25	2500
Hotlim	10 stænger			250
Forarbejdning af jernbaneskinne				
Afkortning				4000
Huller til hanefod	4		32	128
Huller til ankerliner	10		32	320
Levering af skinner			3000	3000
Levering af ankre, kæde, sjækler			2443	2443
Levering af bændel			700	700
Markering til søs				10000
Etablering		6arb.d. x 2 x 3000		36000
Leje af båd ved etablering		6 dage a 2000		12000
I ALT				212.785

Bilag 2**Groft estimeret overslag af rentabiliteten for opdrættere i Mariager fjord, hvis organiseret i et kooperativt selskab.**

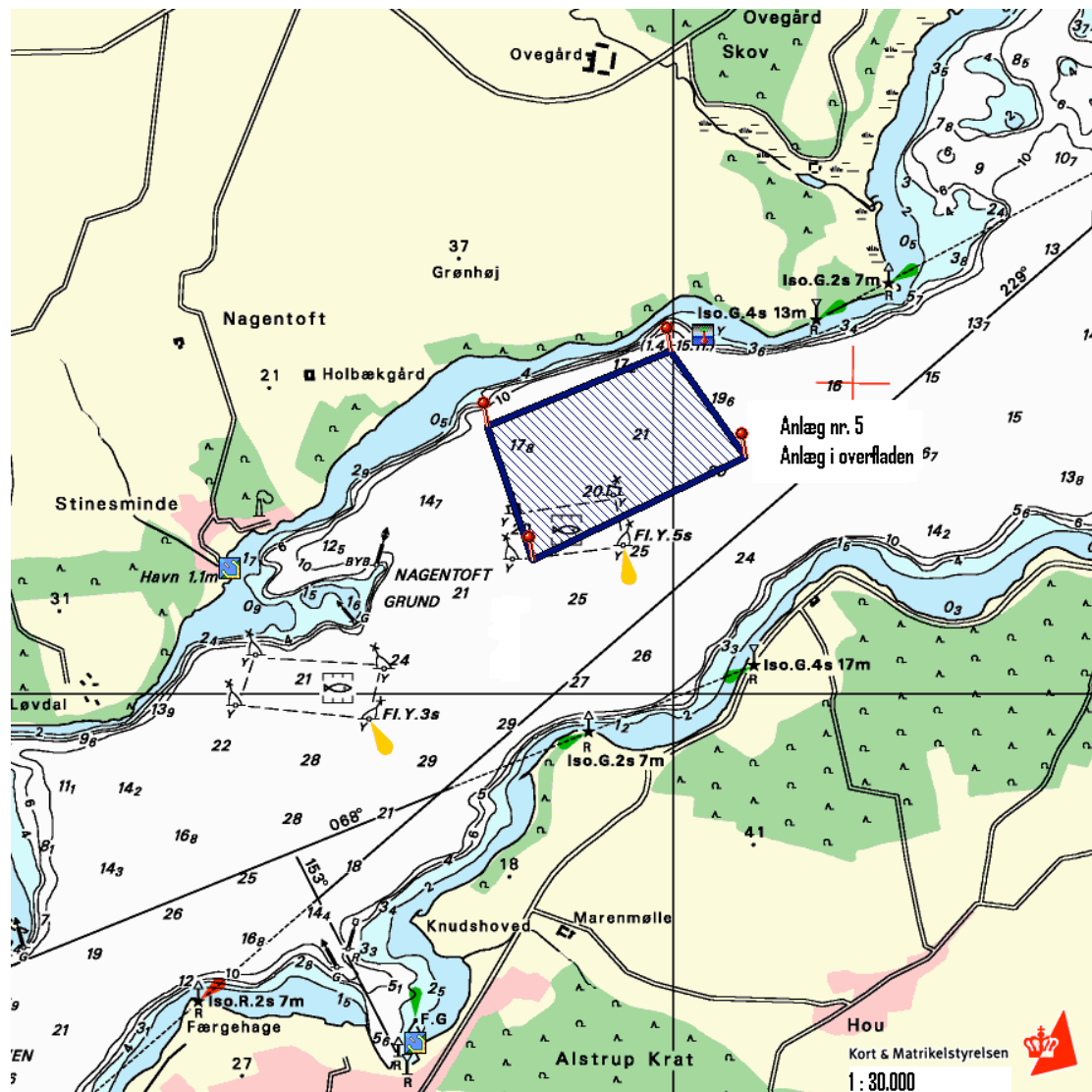
Omsætning v/ kr. 6,00 pr. kg.	kr. 30 -36.000.000,00
Omkostninger:	
Lønninger og sociale omkostninger	kr. 11.000.000,00
Driftsomkostninger	
Estimeret til 15 % af investeringen	- 1.500.000,00
Afskrivninger	- 2.000.000,00
Nyinvesteringer	- 2.000.000,00
Diverse	- 500.000,00
Afkast til investorer	- 6.000.000,00
Skat	- <u>4.550.000,00</u>
Omkostninger i alt	Kr. 27.550.000,00 Kr.27.550.000,00
Resultat efter afskrivning og skat	Kr. 2.500-8.500.000,00

Nulpunktsomsætningen ligger dermed på en afregningspris på kr. 4,6 pr. kg.

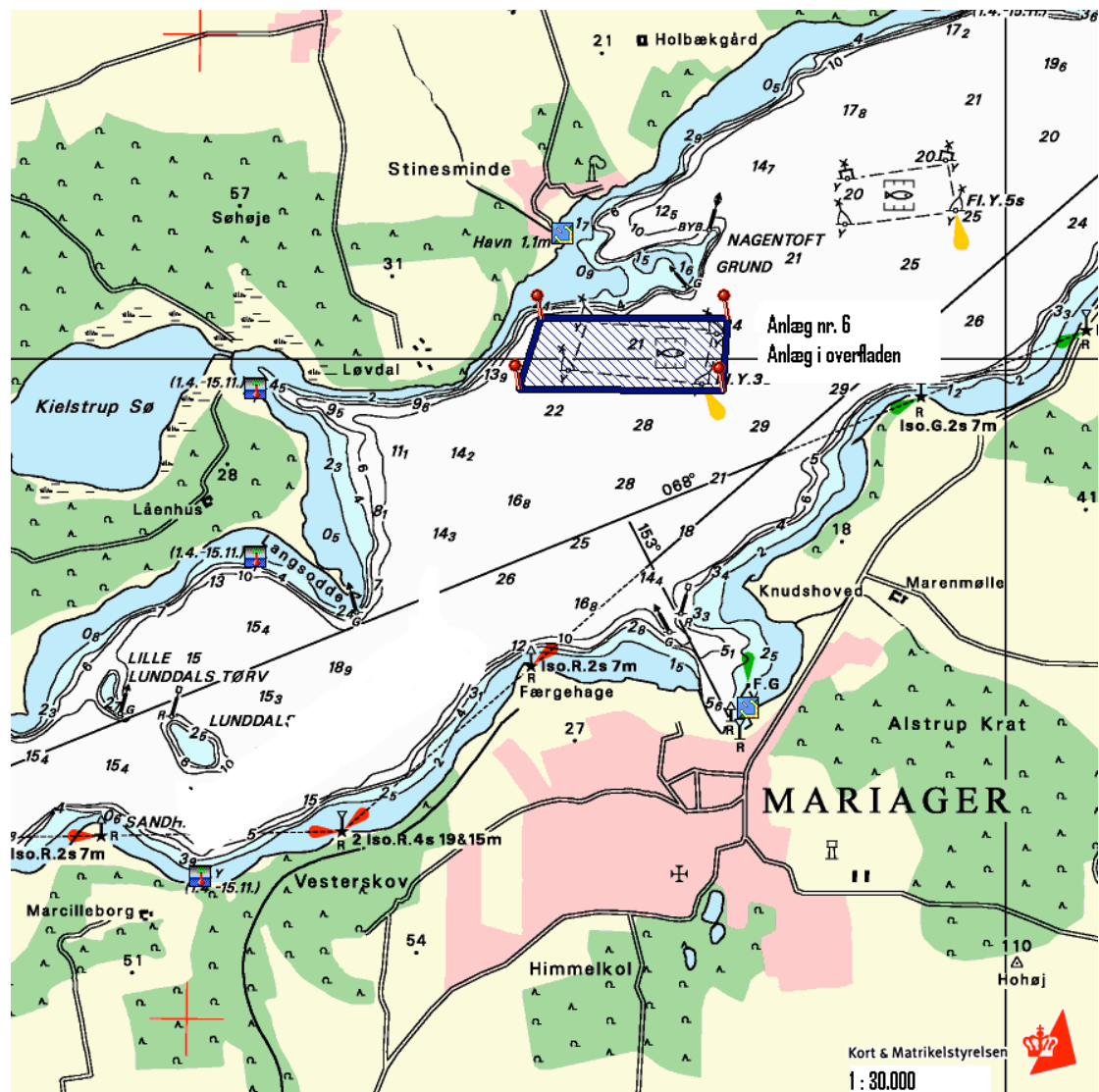
Bilag 4



Bilag 5



Bilag 6



Bilag 7

Arealberegninger Mariager Fjord

Anlæg nr. 1

Karakteristik:	<u>Undersænket</u>		
Mål:	510m x 210m	=	107.100 m ²
Teoretisk max høst		=	401.625 kg

Anlæg nr. 2

Karakteristik:	<u>Undersænket</u>		
Mål:	510m x 240m	=	122.400 m ²
Teoretisk max høst		=	459.000 kg

Anlæg nr. 3

Karakteristik:	<u>Undersænket</u>		
Mål:	690m x 210m	=	144.900 m ²
Teoretisk max høst		=	543.375 kg

Anlæg nr. 4

Karakteristik:	<u>Undersænket</u>		
Mål:	780m x 210m	=	163.800 m ²
Teoretisk max høst		=	614.250 kg

Teoretisk max høst pr år i kg på undersænkede anlæg = 2.018.250 kg

Forudsætninger v/undersænket anlæg

Line længde:	200 - 220 m
Antal strømper pr. line:	500 - 550
Gnst. Høst pr. strømpe	15 kg
Afstand mellem liner	10 m
Strømpelængde	2,0 - 2,5 m
Gns høst pr. m ²	3,75 kg*

*

Beregning er foretaget på anlæg med 40 liner.

40 liner x 200m x 10 m = 80.000m². 40 liner x 500 strømper x 15 kg. = 300.000 kg 300.000kg/80.000m²=3.75kg. pr. m²

Anlæg nr. 5

Karakteristik:	<u>Anlæg i overfladen</u>		
Mål:	600m x 960m	=	576.000 m ²
Teoretisk max høst		=	8.997.120 kg

Anlæg nr. 6

Karakteristik: Anlæg i overfladen

Mål: 840m x 300m = 252.000 m²

Teoretisk max høst = 3.936.240 kg

Forudsætninger v/anlæg i overfladen

Line længde	250 m
Bredde af anlæg	14 m
Antal strømper pr. line	500
Gnst. Høst pr strømpe	22,5 kg
Afstand mellem liner	1,4 m
Strømpelængde	3 m

Hvert anlæg måler 250m x 14m i overfladen.

Ankerkæden og Bom ligger i gnst. Ca. 10m fra anlægget, og der skal påregnes en afstand mellem hvert anlæg på 50m.

Samlet m² pr. anlæg 300m x 24m = 7.200 m²

Gnst. Høst pr m² = 15,62 kg

Den samlede teoretiske max. høst pr. år er således 14.951.610 kg., under de opstillede forudsætninger og i de udpegede områder.