

BLÅMUSLINGER SOM RENSEMEKANISME AF REGNVAND OG OVERLØB FRA FÆLLESVAND



Udarbejdet af
Blue Research ApS
Tværvej 57
2830 Virum

For
FORS A/S
Tåstrup Møllevej 5
4300 Holbæk

juni 2021

SAMMENFATNING

I rapporten vurderes potentialet for at anvende muslingeopdræt som rensmekanisme af regnvand og overløb fra fællesvand i Roskilde Fjord og i Isefjorden. Muslingerne filtrerer vandet og fjerner dermed de partikler der udledes ved udledning fra renseanlæg eller ved udledning af regnvand. Muslingerne optager ligeledes de mikroalger, der optager de næringsstoffer, der udledes til de to fjordområder. Ved høst af muslingerne kan disse næringsstoffer fjernes fra vandområderne.

I forhold til rensning af vand vurderes det i rapporten, at muslinger kan bruges til at forbedre vandkvaliteten i forhold til fjernelse af udledte bakterier, og muligvis også vira. Muslingerne kan ligeledes bruges til at fjerne kvælstof og fosfor. Prisen for fjernelse af kvælstof og fosfor vurderes at være op til en faktor 312 gange lavere for fjernelse af N, og en faktor 64 gange lavere for rensning af P i forhold til priserne for rensning på renseanlæg.

Der foreligger en meget grundig videnskabelig dokumentation af positive og negative miljøeffekterne af muslingeopdræt. Muslingeopdræt vil kunne ændre bundforholdene lige under muslingeopdrættet, men der vil ikke være væsentlige negative effekter uden for opdrætsområdet.

Etablering af muslingeopdræt kan være et vigtigt element i en grøn omstilling. Muslingdyrkning kan bidrage til en bioøkonomisk vækst med produktion af muslinger til fødevarer eller foder. Muslingeopdræt kan ligeledes bidrage som element i klimaindsats og i forhold til forbedring af biodiversitet i fjordområder.

Anvendelse af muslingeopdræt til vandrensning vil bidrage til en række af FN's 17 bæredygtighedsmål, og vil være med til at kommunikere, at FORS A/S og kommunerne i Roskilde, Lejre og Holbæk arbejder innovativt og bæredygtigt i forhold til at finde nye løsninger, der både sikrer rensning af vand der udledes, og en bæredygtig vækst i de tre kommuner.

INDHOLDSFORTEGNELSE

Sammenfatning.....	2
Indholdsfortegnelse.....	3
Blåmuslinger som resemekanisme af Regnvand og overløb fra fællesvand	5
Indledning.....	5
Formålet med nærværende rapport	5
Hvordan kan muslingeopdræt indgå i Spildevandsplaner	5
Spildevandsplan Roskilde Kommune 2015-2021.....	6
Spildevandsplan for Holbæk Kommune 2020-2030	7
Muslingeopdræts kobling til andre samfundsmål.....	8
Vandplanens krav til reduktion af kvælstof udledning.....	8
Vandplan 2021-2027.....	9
Bioøkonomisk vækst	9
Genoprettelse af biodiversitet.....	9
Reduktion af klimagasser.....	10
Marine Virkemidler	10
Vurdering af Muslingeopdræt som marint virkemiddel.....	11
Muslingerne biologi	11
Produktionen af muslinger - Langliner	12
Produktion af muslinger - Dyrkning på net.....	13
Produktiviteten af blåmuslinger omkring I Roskilde Fjord og i Isefjorden	14
Analyse i Virkemiddelkatalog - fjernelse af næringsstoffer.....	15
Pris for virkemiddel.....	18
Sammenligning af pris i forhold til rensning på renseanlæg	21
Anvendelse af muslinger og værdiskabelse	22
Muslinger til fødevarer	22
Muslinger til foder	23
Anden værdiskabelse – rensning af badevand	24
Rensning af mikroplastik.....	25
Miljøeffekter af muslingeopdræt.....	26

Er teknologien moden og rammebetingelserne på plads	28
Fødevareresikkerhed.....	29
Havplan	30
Bekendtgørelse om Muslingeopdræt	32
Operatører og forvaltning	32
Operatører	32
Hvordan skal en produktion forvaltes	33
Hvordan kan en produktion finansieres	35
Muslingeopdræts bidrag til bæredygtighed og FN's verdensmål.....	36
Forbedret biodiversitet.....	38
Binding af klimagasser	38
Bidrag til bioøkonomien	39
Hvad er den videre plan og hvem er samarbejdspartnerne	39
Budget for produktionstest	41
Bilag 1. Analyse af muslingeopdræts bidrag til FN's 17 verdensmål	42
.....	42
.....	43

BLÅMUSLINGER SOM RENSEMEKANISME AF REGNVAND OG OVERLØB FRA FÆLLESVAND

INDLEDNING

For Roskilde, Lejre og Holbæk Kommuner, der har udledning til kystområder, henholdsvis Roskilde Fjord og Isefjorden, er der opstillet gældende spildevandsplaner. Spildevandsplanerne identificer i begge kommuner specielt effekter af klimaet, med oftere forekomster af ekstreme regnvejrshændelse, som en udfordring for spildevandssystemet. Regnvejrshændelserne kan medføre overløb og dermed medføre udledning af urensset regnvand eller fællesvand til recipienten, herunder de to fjordområder. Dyrkning af blåmuslinger kan være et marint virkemiddel, der prisbilligt kan implementeres af FORS A/S i forhold til at fjerne næringsstoffer, men virkemidlet vil også direkte forbedre vandkvalitet herunder badevandskvalitet. Nærværende rapport ser på potentialet for at anvende muslingeopdræt som et virkemiddel til vandrensning af FORS A/S i Roskilde Fjord og i Isefjorden.

FORMÅLET MED NÆRVÆRENDE RAPPORT

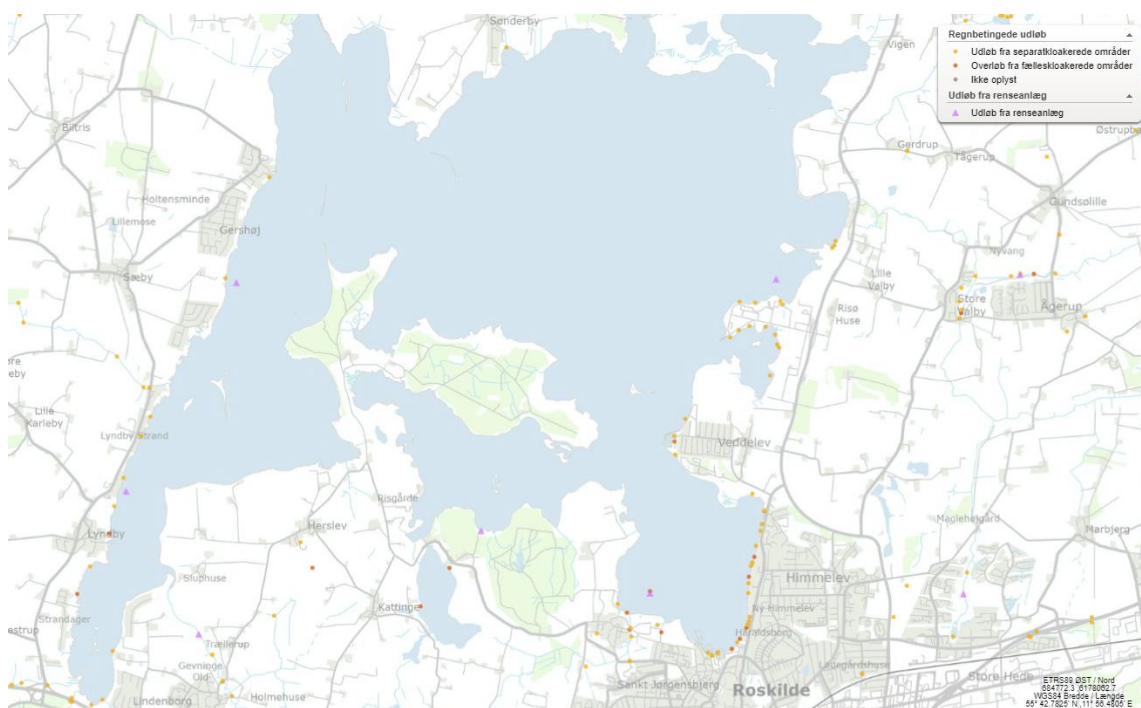
- Vurdering af potentialet for muslingeproduktion i den indre del af Roskilde Fjord, hvor en produktion kan placeres: hvor mange muslinger og hvor meget næringsstof kan fjernes, og hvad vil virkemidlet koste.
- Setup for muslingeopdræt- hvilket system kan bruges.
- Hvem kan etablere produktionen, og hvordan skal en operatør håndteres i forhold til aftalegrundlag.
- Vurdering af afsætning af producerede muslinger.
- Rammevilkår i forhold til tilladelser, fødevarerikkerhed, natur og miljøbeskyttelse
- Effekter af muslingeopdræt i forhold til vandkvalitet, klima, biodiversitet, mikroplastik og fremme af bioøkonomi
- Vurdering af setup og omkostning ved test af potentialet for muslingeopdræt

HVORDAN KAN MUSLINGEOPDRÆT INDGÅ I SPILDEVANDSPLANER

Spildevandsplanerne for både Roskilde, Lejre og Holbæk Kommuner identificerer et behov for udviklingen af nye løsninger, der udgår fra en holistisk målsætning. Spildevandshåndteringen skal således ikke kun løse en basal opgave med at samle og rense spildevand. Løsningerne skal også understøtte den lokale udvikling, herunder bla Grøn Blå strategi i Roskilde Kommune og mål om at løsninger et rekreativt og æstetisk element i byområderne i Holbæk Kommune. Efterfølgende er givet et kort sammendrag af de to spildevandsplaner, i forhold til behov og krav til håndtering af spildevand.

SPILEDEVANDSPPLAN ROSKILDE KOMMUNE 2015-2021

Roskilde Kommune har udarbejdet en klimatilpasningsplan bestående af en Strategi og Handleplan for vand og klimatilpasning, der udstikker rammerne for klimatilpasningen af kloaksystemet i Spildevandsplan 2015-21. Det eksisterende kloaksystem er opbygget over en lang periode og forventes at skulle holde mange år endnu. Derfor er det en udfordring for kloakforsyningen, at regnmængderne forøges som følge af klimaændringerne. Et vigtigt element i spildevandsplanen er derfor håndtering af klimaændringer, der bla medfører flere hændelser med ekstreme nedbørshændelser. De forventede klimaforandringer kan bl.a. gøre det nødvendigt at overveje en tilpasning af kloaksystemet, enten ved opdimensionering eller ved en videreudvikling af den traditionelle måde at håndtere regnvand på.



Figur 1 Kort over vandområde 2 Roskilde Inderfjord. På kortet er det markeret, hvor der forekommer udledninger fra rensningsanlæg og regnbetingede udløb.

Spildevandsstrategien angiver, at spildevandsløsninger skal understøtte en bredere samfundsudvikling, herunder Grøn Blå Strategi. Denne strategi blev vedtaget af byrådet d. 19. december 2012. Grøn Blå strategi fastlægger overordnede ramme for udvikling af natur, sundhed, oplevelser og erhverv/økonomi.

Roskilde Kommune har vedtaget en strategiplan for spildevandsområdet for perioden 2020-2023. Strategien er koblet op af FN's 17 verdensmål, og der er således indlagt et mål om multifunktionalitet. Planen omfatter en udvikling af Sankt Hans Vest, hvor det tidligere hospitalsareal skal omdannes til nyt blandet boligareal. Der vil ske en separering af regnvand, der via LAR løsninger vil blive udledt direkte i fjorden (Figur 2). Etablering af muslingeopdræt i

tilkobling til dette projekt vil sikre en rensning af det vand, der udledes i selve recipienten. I strategien fremhæves det ligeledes, at dele af byområdet ikke er separatkloakeret, og at store regnvejrshændelser medfører overløb til fjorden. Dette forhold har betydning for manglende opretholdelse af god badevandskvalitet i inderfjorden. På kommunens hjemmeside frarådes badning dog i Roskilde Inderfjord og havn, der er belastet af mange års forurening af bunden kombineret med lav udskiftning af vandet og overløb af spildevand efter store regnskyl. Inderfjorden angives på hjemmeside at gå helt op til – i øst - den nordlige del af Frederiksborgvej og i en lige linje til Parcelgårdsvej i vest. Muslinger vil i denne sammenhæng kunne bidrage til en rensning af vandet, idet mange af de udledte bakterier vil være partikel bundet. I strategien er der ligeledes målsat en indsats i forhold til at kommunikere, at i de områder der separatkloakeres, løber det vand der kommer i regnvejrssystemet direkte ud i å eller fjord. Med en "Blå fisk kampagne" vil der blive bragt fokus på problematikken. Med etablering af levende muslinge anlæg vil der ligeledes være mulighed for at kommunikerer samme budskab, og med et synligt bevis i form af et muslingeopdræt i fjorden.



Figur 2 Muslingeopdræt vil kunne anvendes til rensning af regnvand, der udledes til fjordområder. Muslingeopdræt kan i samspil med Blå Fisk kampagnen bruges til at kommunikerer, at det regnvand, der udledes ved separatkloakering, ender i åer og fjorde, og at der derfor ikke skal andet i regnvands afløb.

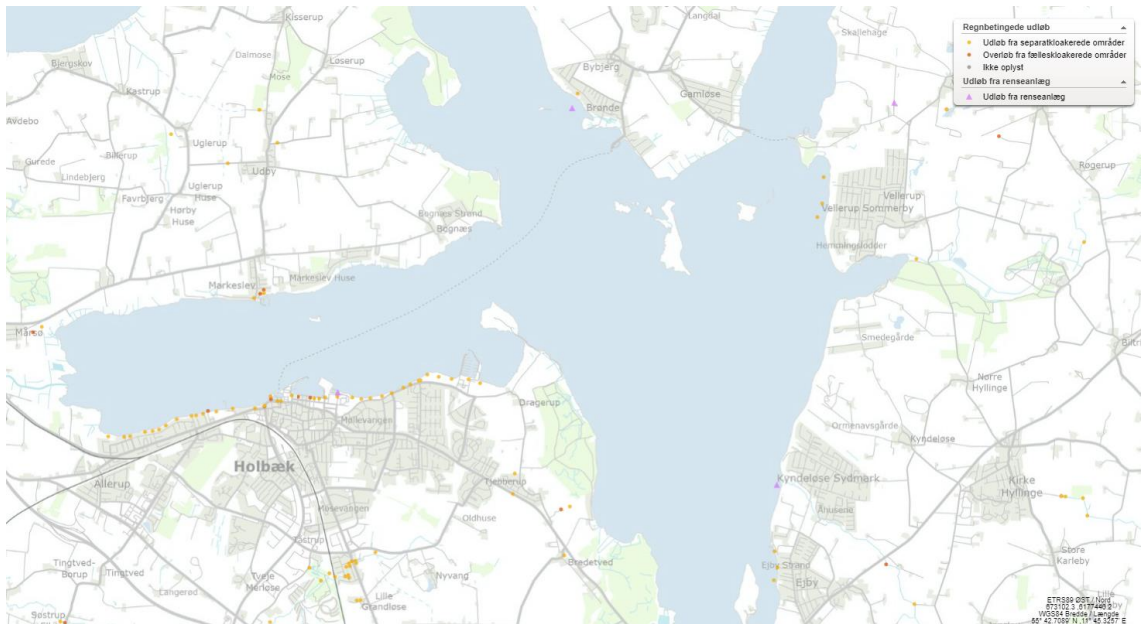
SPILDEVANDSPLAN FOR HOLBÆK KOMMUNE 2020-2030

Spildevandshåndteringen i Holbæk Kommune skal generelt ske ud fra bæredygtige og multifunktionelle principper. Det vil sige, at regnvand fra tage og lignende ikke skal afledes via kloakken, men kan indgå som et rekreativt og æstetisk element i byområderne.

I takt med den globale opvarmning forventes det, at de ekstreme regnhændelser bliver kraftigere. Det er ikke rentabelt at udbygge kloaksystemerne, så de kan håndtere vandmængderne for de mest ekstreme regnskyl. Derfor skal der alternative løsninger til.

Fremover vil det være nødvendigt i højere grad at håndtere vandet, hvor det falder eksempelvis ved nedsivning, midlertidig opmagasinering i lavninger eller ved omlægning af terræn og veje, for at sikre overfladisk afstrømning. Dermed kan vand i ekstreme situationer afledes kontrolleret til områder, hvor vandet ikke skader bygninger, infrastruktur m.v. Ved udledning til fjorden vil en rensning kunne ske med muslinger.

Miljømålet indbefatter desuden at forsyningen skal rådgive kommunen om hvilke tiltag, der kan iværksættes for at skabe mere klimarobuste projekter. Hvis løsningerne kræver ændring af vejanlæg eller anden kommunal anlægsudgift, kan der indtænkes en samfinansiering, hvor det dog er påkrævet, at løsningen ikke medfører at anlæg og drift er dyrere for forsyningen end hvis der var benyttet traditionelle kloakeringsmetoder. Det er samtidig en målsætning, at det valgte tiltag til håndtering af ekstreme regnskyl indpasses som en positiv del af bybilledet og gerne i en form, der understøtter byens rekreative liv. Muslingeopdræt vil kunne indgå i en ny fortælling om Holbæk.



Figur 3 Kort over vandområde 165 indre Isefjord. På kortet er det markeret, hvor der forekommer udledninger fra rensningsanlæg og regnbetingede udløb.

MUSLINGEOPDRÆTS KOBLING TIL ANDRE SAMFUNDSMÅL

VANDPLANENS KRAV TIL REDUKTION AF KVÆLSTOF UDLEDNING

I Vandplan for 2015-2021 er der opgivet et reduktionsbehov for kvælstof på henholdsvis 10,5 t og 20,0 t i Roskilde Yder- og Inderfjord (vandområde 1 og 2), og for Isefjorden er det samlede reduktionskrav på 32,6 t N (vandområde 24 og 165). Vandområderne Roskilde Inderfjord og Indre Isefjord er vist i Figur 1 og Figur 3. En del af kvælstofreduktion til Roskilde Yderfjord og til Isefjorden vil opnås ved en indsats ift håndtering af spildevand. I Roskilde Yderfjorde skal

ændret håndtering af spildevand således medføre en reduceret udledning af 0,8 t N og den tilsvarende pulje for Isefjorden er 0,9 t N.

Indsatsbekendtgørelsen BEK 449 af 11/04/2019 paragraf 8 stk 3 bestemmer: *Myndigheden kan kun træffe afgørelse, der indebærer en direkte eller indirekte påvirkning af et overfladevandområde eller en grundvandsforekomst, hvor miljømålet ikke er opfyldt, hvis afgørelsen ikke medfører en forringelse af overfladevandområdets eller grundvandsforekomstens tilstand, og ikke hindrer opfyldelse af det fastlagte miljømål, herunder gennem de i indsatsprogrammet fastlagte foranstaltninger. Ved vurdering af, om afgørelsen vil hindre opfyldelse af det fastlagte miljømål, skal det tages i betragtning, om påvirkningen neutraliseres senere i planperioden.* Dvs en myndighed kan kun give tilladelse til en øget udledning af spildevand eller en udledning fra en ny punktkilde til et kystvand, hvis myndighed sikrer, at udledning ikke hindre opfyldelse af fastlagte miljømål.

VANDPLAN 2021-2027

Vandplan for 2021-2027 forventes komme i høring i sommeren 2021. Reduktionsmålene på vandområdeniveau er endnu ikke kendte. Det er ligeledes heller ikke kendt, om vandplanerne giver mulighed for kvælstoffjernelse med marine virkemidler. Disse virkemidler kan omfatte dyrkning af blåmuslinger og makroalger samt etablering af ålegræs. Ud over at fjerne kvælstof fra kystvandet kan virkemidlerne have en positiv effekt på flere relevante nationale og internationale politikker, der omhandler en bæredygtig udvikling. Dette omfatter udover krav om høj vandkvalitet bla udvikling af bioøkonomi, høj biodiversitet og lav klimapåvirkning.

BIOØKONOMISK VÆKST

EU har med en række tiltag, herunder Green Deal aftalen, særligt fokus på at økonomisk vækst inden for bioøkonomi skal være en central vækstmotor. Strategien gøres særligt relevant af, at en forventet befolkningstilvækst kombineret med en øget købekraft i en række folkerige nationer vil medføre en markant øget efterspørgsel på fødevarer og ressourcer. Udvikling af nye former for bioøkonomiske produktionsformer, herunder muslingeopdræt, er derfor svaret på en forventet ressourceknaphed. Det er netop forventningen, at en stor del af den øgede bioøkonomiske vækst skal ske på havet.

GENOPRETTELSE AF BIODIVERSITET

Biodiversitetskrisen kan både nationalt og internationalt tilskrives den måde vi udnytter ressourcerne fra land og vand. En anden del af krisen kan tilskrives den måde, vi kommer af med vores affald og affaldsprodukter. Der er meget fokus på beskyttelsen af biodiversitet med begrænsning af påvirkning, udlægning af beskyttede områder, og gendannelse af vigtige strukturer som rev, ålegræsområder, muslingebanker mv.

REDUKTION AF KLIMAGASSER

Som medunderskriver af Parisaftalen har Danmark forpligtet sig til at reducere sine emissioner af klimagasser betydeligt inden 2050, og med vedtagelsen af klimaloven (2019) forpligtede et bredt flertal af Folketinget sig til at reducere Danmarks drivhusgasemissioner med 70 % i 2030 sammenlignet med 1990-niveauet og for at opnå klimaneutralitet inden 2050. Paris aftalen giver mulighed for kompensationsforanstaltninger, hvor klimagasser bindes, og hvor de bundne kvoter kan sælges som klimakreditter.

MARINE VIRKEMIDLER

I forhold til marine virkemidler har Aarhus Universitet lavet et virkemiddel katalog for en række marine virkemidler ([LINK](#)), hvor særligt dyrkning af muslinger og makroalger samt etablering af ålegræsbede skal nævnes. Der er stor forskel i det enkelt virkemiddels modenhed (TRL), og i om der er national kapacitet til at iværksætte virkemidlet.

Dyrkning af blåmuslinger angives i virkemiddelkataloget som det mest modne og mest effektive marine virkemiddel. Blåmuslingerne er små biologiske filtre, der kan tilbageholde ganske små partikler. Muslingerne frafiltrerer således de mikroalger, der bidrager til en dårlig vandkvalitet med uklart vand. Mikroalgerne forekommer i stort antal i vores kystvande pga for stor udledning af næringsstoffer. Når muslingerne æder disse mikroalger, som dermed omdannes til muslingebiomasse, fjernes store mængder næringsstof, når muslingerne høstes. Muslinger vil kunne indgå i bioøkonomien gennem industriel produktion af marint protein. Produktionen af muslinger har en række positive effekter på økosystemet ud over fjernelse af N og P, herunder forbedret klarhed af vandet og følgende øget udbredelse af ålegræs og makroalger. Muslingeopdræt som marint virkemiddel er et prisbilligt virkemiddel, hvor pris selvfølgelig afhænger af produktionsforhold.

Dyrkning af sukkertang vil binde næringsstoffer. Prismæssigt er næringsstoffjernelsen væsentligt dyrere end muslingeproduktion, men virkemidlet er interessant da det optager næringsstofferne direkte. Tangproduktion har en positiv effekt på klima ved binding af CO₂ og ved at øge pH. Der er i dag en stigende efterspørgsel på sukkertang og arten er i stigende omfang en vigtig ressource for marin bioøkonomi. Undersøgelser har vist, at dyrkning af sukkertang medfører en øget biodiversitet.

Udplantning af ålegræs og etablering af ålegræsbede er et virkemiddel, der de senere år er arbejdet meget på at udvikle. Ålegræsbede, herunder specielt det rodnet der etableres, binder store mængder næringsstof og kulstof, og udplantning af ålegræs er derfor et vigtigt virkemiddel i forhold til reduktion af kvælstof og CO₂. Ålegræs har en vigtig indirekte effekt på fiskeriet, idet ålegræsbedene er vigtige opvækstpladser for bla torskefisk, og således kan bidrage til genopretning af visse fiskebestande. Ålegræs er levested for en lang række arter og etablering af ålegræsbede vil således bidrage til at øge biodiversiten i danske kystområder. Lysnedtrængning er en begrænsende faktor for etablering af ålegræs, og en samtænkning af virkemidlet med muslingeproduktion kan være hensigtsmæssig.

VURDERING AF MUSLINGEOPDRÆT SOM MARINT VIRKEMIDDEL

Muslingeopdræt udgør det marine virkemiddel, der er mest effektivt, og som er tættest på at kunne implementeres. DCE har i 2020 lavt et katalog over marine virkemidler, og i dette katalog er der en grundig gennemgang af muslingeopdræt som virkemiddel i forhold til at fjerne kvælstof og fosfor fra kystnære områder (Bruhn og andre 2020). Blå muslinger kan produceres på flere forskellige måder både på flydende systemer og på havbunden.

MUSLINGERNE BIOLOGI

Muslingerne er interessante i forhold til næringsstoffjernelse, øgning af biodiversitet, som klimavirkemiddel og som motor i udviklingen af blå bioøkonomi pga af artens helt specielle biologi. Blåmuslingen starter med en forplantning, hvor vi har hanner og hunner der gyder deres kønsprodukter i havet, og der dannes en fritsvømmende larve. Larven driver rundt i 3-4 uger og sætter sig så fast på et fast substrat, herunder som en voksen musling, en sten eller et dyrkningssubstrat til muslingeopdræt. Muslingen vokser så her, og kan kun bevæge sig i begrænset omfang. Musling får føde ved at filtrere vandet for partikler. Dvs den fjerner både fordøjelige partikler som fytoplankton, men også uorganiske partikler. Da muslingerne effektivt filtrerer partikler ned til ca 4 µm – svarende til at 250 partikler ligger ved siden af hinanden på en millimeter- er de meget effektive til at rense vand. Da en voksen musling endvidere kan rense op til 7 l vand i timen -24 timer i døgnet – og da de store muslinger forekommer i høje tætheder, kan muslinger forbedre vandkvaliteten effektivt. Muslingernes filtrationsaktivitet er dog temperaturafhængig. Når temperaturer kommer under 5 °C stopper muslingerne med at filtrere, og der er således ikke en væsentlig filtration i vinterperioden fra december til sidst i februar. Hvis temperaturen omvendt er meget høj, dvs over 20-22 °C nedsætter muslingen sin filtration. I forhold til Vandrammedirektivet så bidrager muslingerne både med fjernelse af næringsstoffer, når muslingerne høstes og til forbedret klarhed af vandet i området omkring muslingeopdrættet. Ligeledes er det værd at bemærke, at muslingeproduktion er en produktion af animalske proteiner uden anvendelse af foder eller medicin. Produktionen har derfor et meget lavt klimaaftryk.

Blåmuslingernes er en "ingeniør art" idet den laver habitater, der er levested for en række andre arter. I muslingebanker vil der derfor ofte være en højere biodiversitet end i områder uden muslingebanker. Selve muslingerne laver gemmesteder for fisk og mobile bunddyr. Blå har det vist sig, at der oftest er en forholdsvis høj tæthed af ål i muslingeopdræt eller muslingebanker. Muslingernes overflader danner andre levesteder for arter, der skal sidde på en fast overflade. Under muslingebanken danner der sig et næringsrigt mudder fra muslingernes fækalier. En del af det organiske materiale og næringsstoffer som muslingerne optager udskilles således igen og havner på bunden. Dette mudder er levested for andre organismer. Muslingerne bidrager også med en forbedret sigtedybde, der giver mulighed for en øget udbredelse af makroalger og ålegræs, der skaber levested for en række andre arter.

Muslingernes skaller mineraliserer CO₂, der således er kemisk bundet. En produktion af muslinger, hvor skallerne f.eks indgår i byggeri eller på anden måde opbevares, vil fjerne CO₂ og således bidrage til de danske mål for reduktion af klimagasser. En beregning af den konkrete effekt er opstillet i senere afsnit på side 39.

Muslingekødet har samme kemisk sammensætning som fiskemel, dvs med samme aminosyresammensætning og med et proteinindhold, der er næsten lige så højt som i fiskemel. Dvs det er muligt at lave en produktion af marint protein – uden brug af foder eller medicin- der samtidig bidrager til en forbedret vandkvalitet, en øget biodiversitet, og som kan bruges som et værktøj til løsningen af de udfordringer, vi har med klimaet.

PRODUKTIONEN AF MUSLINGER - LANGLINER

Muslingerne kan produceres på langliner, hvor der trækkes en hovedline, der holdes nær overfladen af bøjer, der kan monteres eller afmonteres alt efter hvilken vægt, der skal holdes flydende. Under hovedlinen fastgøres det substrat, hvorpå muslingerne skal dyrkes (Figur 4). Dette substrat kan udgøres af bændler, flossede reb eller mere komplekse substrater som rebstiger. Substraterne kan enten etableres som sammengængende guirlander eller som enkelte korte substrater. Det er muligt at afhøste substraterne i efteråret, sortere muslingematerialet og udhænge muslingerne igen i strømper for videre vækst. Denne omstrømpning giver mulighed for at lave et ensartet produkt af høj kvalitet. Hvis formålet med muslingeopdræt primært er at fjerne næringsstoffer, vil det ikke være rentabelt eller relevant at lave en omstrømpning. Med muslingeopdræt på langliner anvendes der et meget flexibelt system med mulighed for at vælge den produktionsform, der er mest effektiv i forhold til lokalitet, mandskab, logistik og produkt. Langliner kan endvidere undersænkes ved at tage bøjer af i tilfælde med isdannelse.



Figur 4 Muslingeopdræt på langliner i Nørre Fjord. Muslingerne blev produceret af nogle amatøriskere med henblik på at udlægge muslingerne på havbunden for at fremme biodiversiteten og forbedre vandkvaliteten i området (Foto Per Dolmer).

PRODUKTION AF MUSLINGER - DYRKNING PÅ NET

Smartfarm systemet er i modsætning til langline systemet dyrt i anskaffelse, men er ikke særligt mandskabskrævende i forhold til produktion, da de fleste produktionsprocesser er automatiserede. Muslingerne sætter sig på de store net, der holdes flydende i overfladen af lukkede PE rør (Figur 5). Med en maskine påmonterede børster eller plader, kan muslingerne afskrabes eller afbørstes i forbindelse med en afhøstning eller udtynding. Ved en afhøstning fjernes hele biomassen, og ved en udtynding er det kun en del af biomassen, der fjernes fra nettene, for at skabe forbedrede vækstmuligheder, for de muslinger der bliver på nettene. Opdriften af rørene, der holder nettet flydende, er konstant. Dvs ved risiko for isdannelse, er der risiko for at isen fanger rørene, hvis ikke disse vandfyldes. Ligeledes vil rørene synke, hvis biomassen af muslinger overstiger rørenes bæreevne (20-25 t muslinger per rør). Der vil ofte være et betydeligt produktionstab, hvis rørene synker, hvad enten dette sker som en bevidst handling eller ved manglende udtynding. Der er i 2020 igangsat et 4-årigt GUDP-projekt SUBMUSSEL, der har til formål at udvikle et undersænket muslingeopdræt, hvor muslingerne dyrkes på permanent undersænkede net. De producerede muslinger skal kunne afhøstes med en undervandsrobot, der vha sonar og videosystemer giver mulighed for en kontrolleret afhøstning.

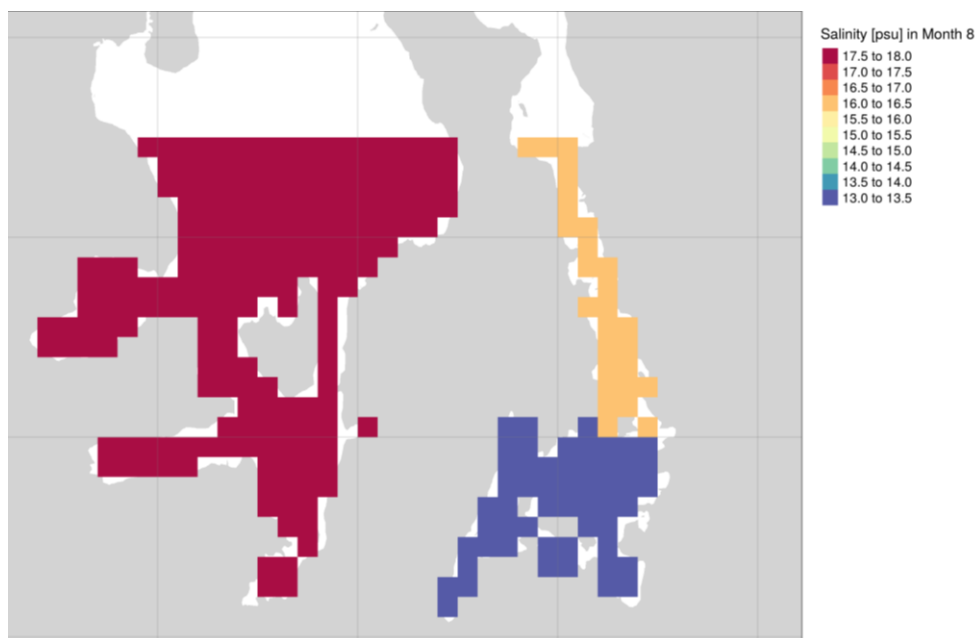


Figur 5 Muslingeopdræt på net med det såkaldte Smart Farm system. Nettene holdes flydende med lukkede rør. Billedet er fra Venø Sund i den vestlige del af Limfjorden (Foto Per Dolmer)

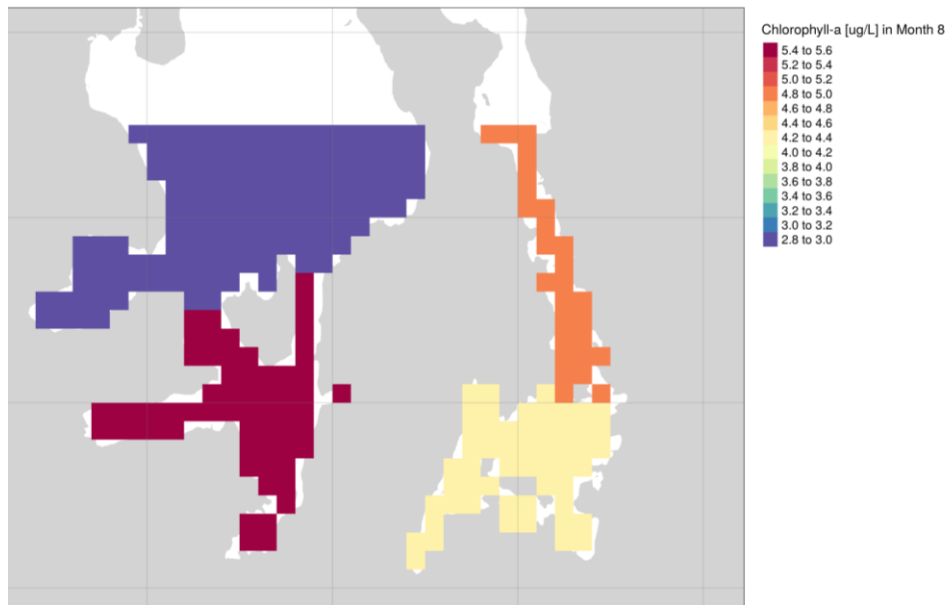
PRODUKTIVITETEN AF BLÅMUSLINGER OMKRING I ROSKILDE FJORD OG I ISEFJORDEN

Blåmuslingerne har en væksthastighed og en produktionsrate, der er bestemt af en række forhold. Mængden af føde, og transporten af føde med vandbevægelser som havstrømme og bølgeslag er af stor betydning for muslingernes vækst. Ved lav saltholdighed, og specielt ved lav og varierende saltholdighed bruger muslingerne rigtig meget energi på at tilpasse sig den lave saltholdighed. Undersøgelser i de indre danske farvande i 2011 fra den vestlige del af Limfjorden (salinitet 30 PSU) til den sydlige del af Faxe Bugt (salinitet 8.5 PSU) viste, at vækstraten i Faxe Bugt kun var ca 40% af den vækstrate i Limfjorden., hvor væksten var maximal. Forskellen i vækst skyldtes et større behov for osmoregulering, dvs tilpasning til lav salinitet ved lav salinitet (Maar og andre 2015).

Saltholdigheden i Roskilde Fjord varierer fra 13-16 PSU i august måned (Figur 6). Saliniteten i den sydlige del af Isefjorden er ca 17 til 18 PSU pga den højere udveksling af vand til Kattegat. Mængden af klorofyl er et godt sædvanligt mål for muslingernes fødegrundlag. I August måned er der 4-4,5 mg klorofyl/l i den sydligste del af Roskilde Fjord, og i den sydligste del af Isefjorden er koncentrationen ca 5,5 mg/l (Figur 7). Koncentrationen af klorofyl er lavere end koncentrationen i Limfjorden, der er det vigtigste område til muslingeproduktion i Danmark. I Limfjorden er koncentrationen 6-8 mg klorofyl/l i august måned i den centrale del, stigende til 12-14 mg klorofyl i Skive Fjord.



Figur 6 Saliniteten i Roskilde Fjord og Isefjorden i august måned. Data er fra Mytigate-modellen.



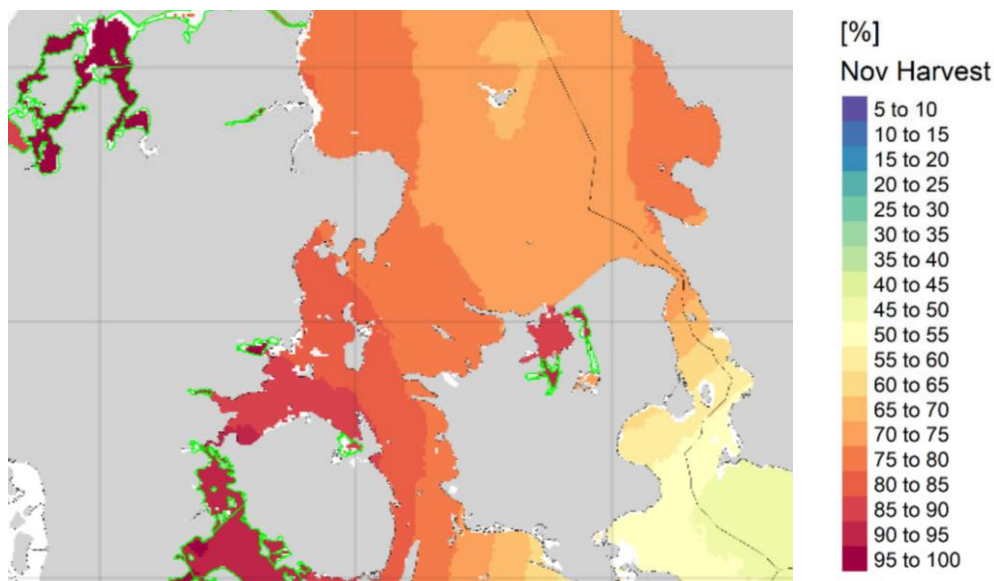
Figur 7 Kort over mængden af klorofyl i Roskilde Fjord og den sydlige del af Isefjorden målt i august måned. Data er fra Mytigate-modellen.

ANALYSE I VIRKEMIDDELKATALOG - FJERNELSE AF NÆRINGSSTOFFER

I Virkemiddelkataloget fra 2020 (Bruhn og andre 2020) angives det, at den maksimale årlige produktion i et produktionsområde på 250x750m på langliner er 1800 t ved en afhøstning i november. Dette svarer til en fjernelse af 0,7-1,4 t N/ha og 0,06-0,09 t P/ha. De tilsvarende værdier er for produktion på net en maksimal produktion på 4.000 t per anlæg og en fjernelse af 1,6-3,0 t N/ha og 0,10-0,17 t P/ha.

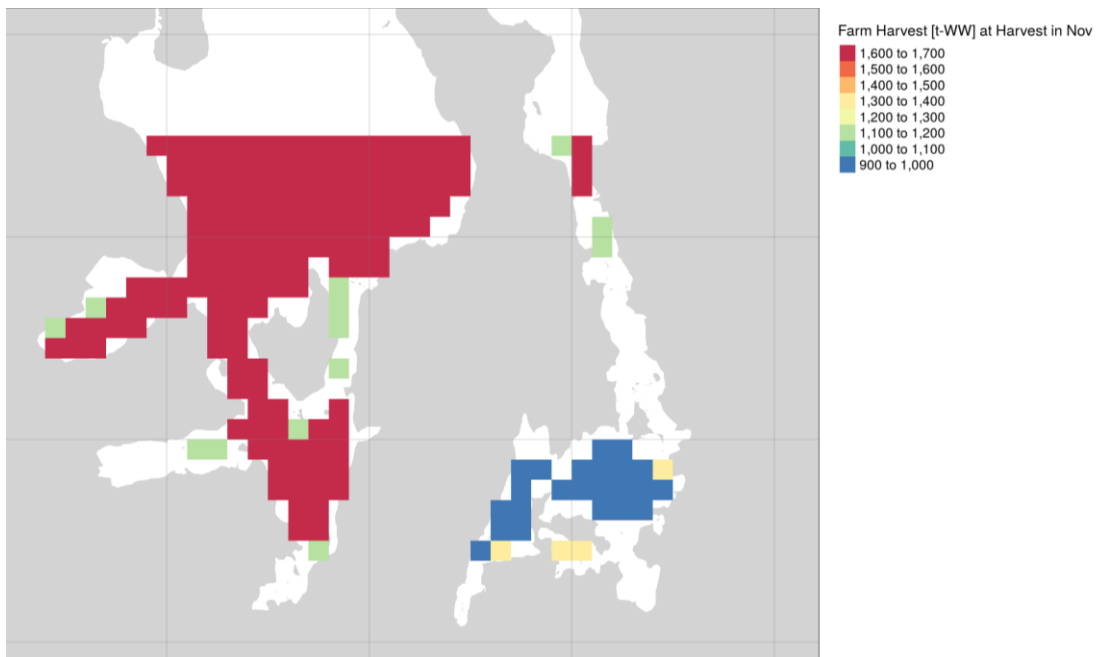
Vurderingen af muslinger som marint virkemiddel er bla baseret på modelværktøj udviklet i forbindelse med projekterne Bonus-Optimus og Mumipro. Modelværktøjet MYTIGATE kan ud fra en række informationer, der styrer blåmuslingers vækst (salinitet, temperatur, fødekonzentration, dybdeforhold og dyrkningsdybde), beregne muslingeproduktionen på at standartanlæg. Anlægget kan defineres i forhold til dybde af dyrkningsmedie og tætheden af dyrkningsmedierne, og den totale produktionsmængde i en given måned kan beregnes. I modellen kan der endvidere identificeres områder, der er egnede til muslingeopdræt i forhold til en række konflikter med andre aktiviteter (sejlad, fiskeri, naturbeskyttelse, råstofindvinding, afstand til byer eller sommerhusområder mv).

I virkemiddelkataloget er der modelleret en rumlig variation i virkemiddelpotentialer for muslingeproduktion. De danske farvande er klassificeret i forhold til produktionspotentialer, hvor de mest produktive områder i Limfjorden udgør et potentiale på 100 %. I den inderste del af Roskilde Fjord er virkemiddelpotentialer for et standard muslinge anlæg (250*750 m) angivet til at være 65-70 %, hvorimod den i den sydlige del af Isefjorden er 95-100 %. (Figur 8).

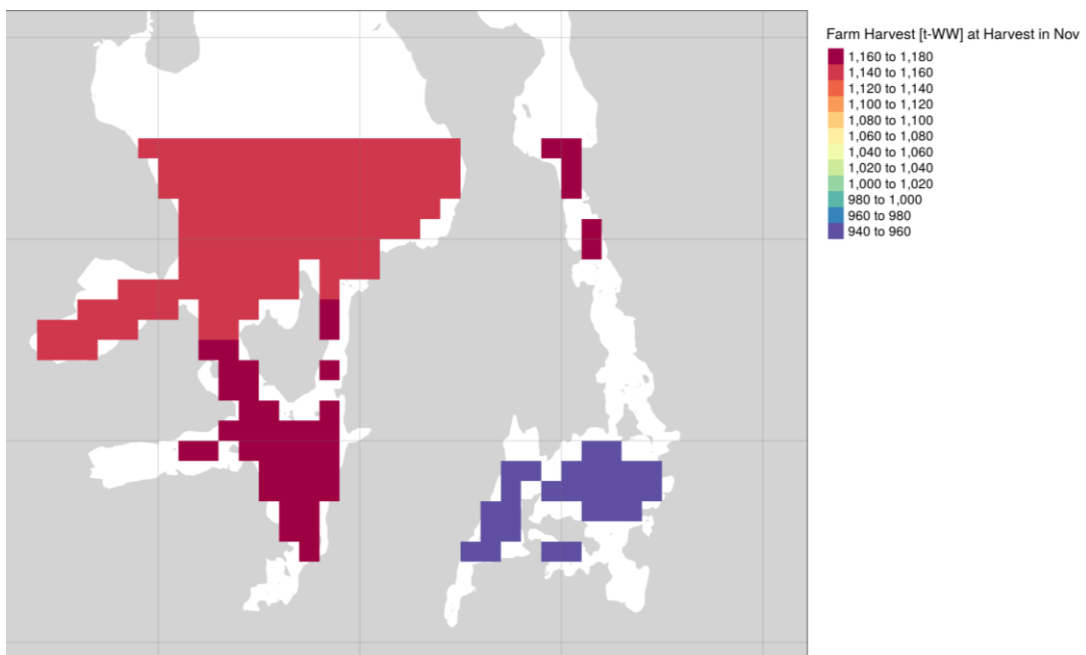


Figur 8 Virkemiddelpotentiale (%) for et standard muslinge anlæg med et areal på 18,8 ha. Kortet viser den relative (%) arealspecifikke N- og P-fjernelse ved høst i november. Kortet inkluderer ikke tabsprocesser, fødebegrensning samt anden anvendelse af havet og kan derfor ikke alene anvendes til placering af muslingeopdrætsanlæg eller danne grundlag for en beregning af det totale virkemiddelpotentiale. Grønt markerede områder, herunder Roskilde Yderfjord og den inderste del af Isefjorden, udgør de kystvandsområder, som svarer til de 25% højeste gennemsnitlige virkemiddelpotentiale

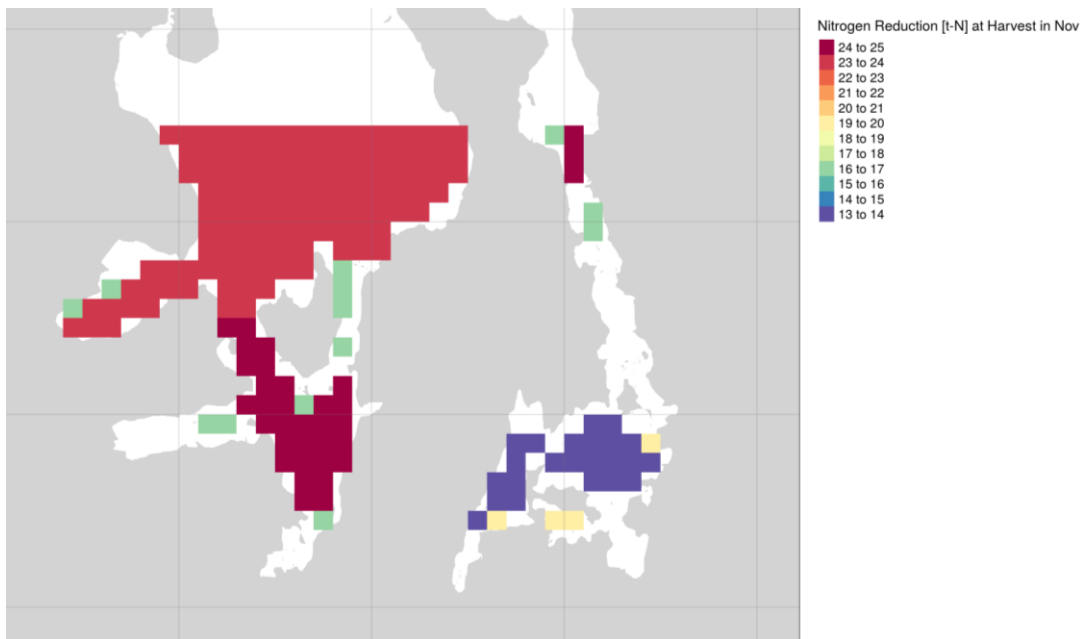
Bruges MYTIGATE værktøjet til at se på potentialet for muslingeopdræt, så kan der i den sydlige del af Isefjorden produceres på til 1700 t muslinger i et muslingeopdræt med dyrkningsdybde ned til tre meter (Figur 9). Reduceres dyrkningsdybden til 2 meter kan der produceres op til 1180 t per muslinge anlæg (Figur 10). De tilsvarende maksimale værdier for den inderste del af Roskilde Fjord er henholdsvis 1300 og 960 t muslinger. Omregnes disse muslingemængder til mængden af fjernet kvælstof ved afhøstning af muslingerne i november, udgør det for et muslingeopdræt henholdsvis op til 25 t N og 14 t N ved en dyrkningsdybde ned til 3 meter i den sydlige del af Isefjorden og den sydlige del af Roskilde Fjord (Figur 11). Tilsvarende er fjernelse af fosfor henholdsvis 1,4 t P og 0,8 t P (Figur 12).



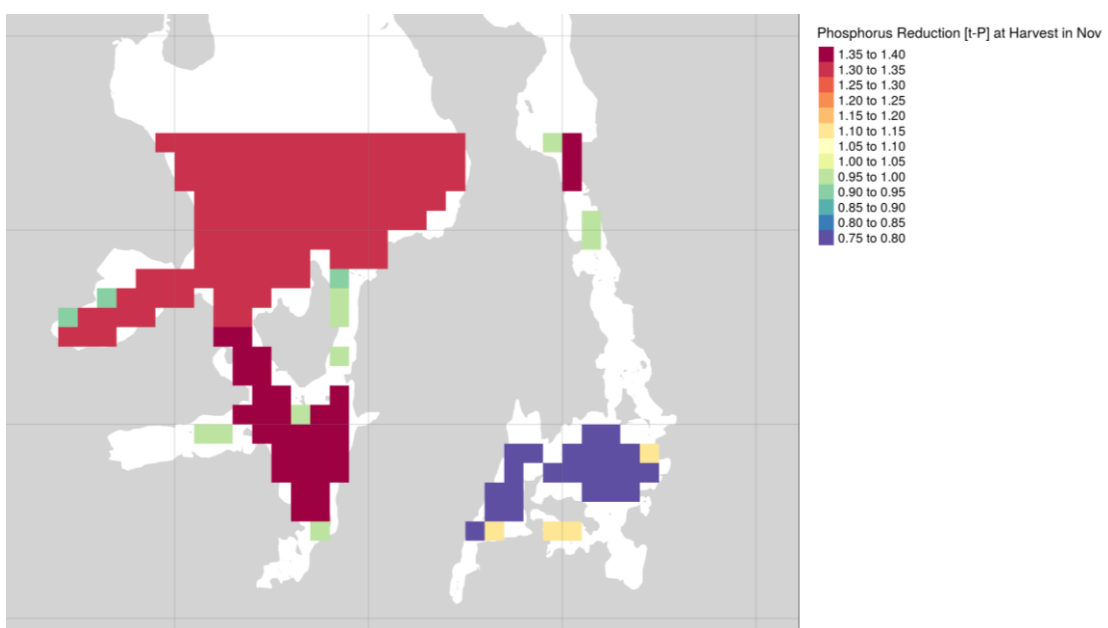
Figur 9 Produktion i et muslinge anlæg med loops ned til 3 m dybe



Figur 10 Produktion i et muslinge anlæg med loops ned til 2 m dybe



Figur 11 Kvælstof fjernelse ved dyrkning af muslingeopdræt i område på 250 x 750 m på langliner med en dyrkningsdybde på 3 m.



Figur 12 Fosfor fjernelse ved dyrkning af muslingeopdræt i område på 250 x 750 m på langliner med en dyrkningsdybde på 3 m.

PRIS FOR VIRKEMIDDEL

Priserne for at fjerne kvælstof fra forskellige områder er angivet i virkemiddelkataloget. Priserne for at fjerne et kg kvælstof med langlineproduktion vil således være højest i den inderste del af Roskildefjord, og væsentligt lavere i Isefjorden. Priserne for virkemidlet i de to

områder angives til at være henholdsvis 94 kr /kg N i Isefjorden og 116 kr/kg N i Roskilde Fjord ved dyrkning på langliner. De tilsvarende priser for produktion på net er henholdsvis 48 kr/kg N og 77 kr/kg N. Priserne er estimeret uden et salg af de producerede muslinger og afspejler således kun produktionsomkostningerne.

Omkostninger for produktion af muslinger til foder -vurderinger fra Mariager Fjord

Mariagerfjord Kommune har fået foretaget nogle beregninger for omkostningerne ved en produktion af blåmuslinger med henblik på at fjerne kvælstof. Mariager Fjord er sammenlignelig med Isefjorden, og er ligeledes registreret som et kystvand der indgår i de arealer med de 25% højeste gennemsnitlige virkemiddelpotentialer.

Omkostningsberegningerne har være målrettet en produktion af blåmuslinger med henblik på at fjerne mest muligt kvælstof fra fjorden, og derfor en muslingeproduktion hvor muslingerne kun kan anvendes til et foderprodukt. I forhold til etablering af 5 muslingeopdræt i Mariager Fjord, som marint virkemiddel, er der gennemført beregninger af investerings- og driftsbudgetter for muslingeopdræt i 4 nye scenarier. Scenariet for en muslingeproduktion på langliner af en privat operatør, er vist i Tabel 1. Beregningerne forudsætter et investeringsafkast (ROI) på 7 %. Der er opstillet budget for muslingeopdræt med henholdsvis lineopdræt og med Smart Farm-rør med privat operatør med fastsættelse af en ROI på 7%, samt de samme budgetter for et kommunalt driftsselskab, hvor ROI fastsættes til 0 %. Scenariet for en muslingeproduktion på langliner af en privat operatør, er vist i Tabel 1 og Tabel 2. Beregningerne er beregnet med et investeringsafkast (ROI) på 7 %. Produktionen af muslinger opbygges gradvist over 3 år, og er herefter 7.000 t muslinger svarende til en fjernelse af 91 t kvælstof. Alle producerede muslinger sælges til melproduktion til en pris på 80 øre/kg leveret, svarende til en nettobetaling på 70 øre/kg. Udgifter til leje af havneområder og kontor/mandskabsbygning samt 200 m² telthal er medtaget på baggrund af priser fra leverandører af pavillonløsning med mandskabsrum, og kontorløsning, telthal, og ved leje af 2000 m² havneareal, herunder 50 m kajplads. Det samlede energiforbrug til drift af bygningerne er medtaget i denne budgetpost. Der er i forretningsmodel valgt at leje bygningsmasse, idet det vurderes at denne løsning giver mest fleksibilitet i forhold til at justerer kapacitet ift personaleforbrug. Der er medtaget en budgetpost til køb af brændstof til fartøjer, materiale til vedligehold af anlæg, køb af arbejdstøj mv. Lønudgifter sættes til 350.000 kr./år for hver driftsmedarbejder. For funktionærer sættes den første ansatte til 500.000 kr årligt og den anden til 300.000 kr årligt.

Tabel 1 de økonomiske nøgletal, der danner grundlag for investerings- og driftsbudget for en 10-årig periode, hvor muslingeproduktionen bygges op over en treårig periode. De økonomiske nøgletal er angivet for en muslingeproduktion på langliner

	År 1	År 2	År 3	År 4	År 5	År 6	År 7	År 8	År 9	År 10
Pris for 100 liner (mio. kr.)	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Muslinge produktion per line (tons pr år)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Kg N per kg muslinger (%)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Antal medarbejder per 100 liner	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Lønninger for driftsmedarbejdere (mio. kr.)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Afskrivninger liner (år)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Afskrivninger maskiner (år)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Salg af muslinger til foderproduktion (kr./kg.)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70

Investering i bygninger (mio.kr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Investering i liner (mio. kr.)	4,8	4,8	2,4	0	0	0	0	0	0	0
Investering maskiner og fartøjer (mio. kr.)	4	1	3	1	1	1	1	2	1	1
Akkumuleret investering (mio. kr.)	8,80	14,60	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00	26,00	27,00	28,00
rente	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
Operatør 0 % ROI (mio.kr)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Operatør 7 % ROI (mio.kr)	0,6	1,0	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0

Tabel 2 Driftsbudget for drift af 5 muslingeopdræt med en samlet produktion på 7.000 t muslinger, svarende til en fjernelse af 91 t N årligt. Den samlede investering er på 28 mio kr (Tabel 1). Driftsbudgettet er for en kommerciel produktion med et investeringsafkast på 7 %.

Langline - Non konsum	År 1	År 2	År 3	År 4	År 5	År 6	År 7	År 8	År 9	År 10	SUM
Muslingeproduktion (ton pr år)	2.800	5.600	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	7.000	64.400
Personale til muslingeproduktion (antal)	3	6	8	8	8	8	8	8	8	8	
Salg af muslinger til foder (mio. kr.)	1,96	3,92	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	45,08
Samlet salgsindtægt (mio. kr.)	1,96	3,92	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	45,08
Lønninger driftspersonale (mio. kr.)	1,05	2,1	2,625	2,625	2,625	2,625	2,625	2,625	2,625	2,625	24,15
Lønninger funktionærer og administration (mio. kr.)	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	7,4
Leje af bygninger og havnefaciliteter el og vand	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	4
Drift- diesellole, div materialer, arbejdstøj	1	1,3	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	13,3
EBITDA før honora (mio. kr.)	-1,0	-0,4	0,6	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-3,77
Afskrivning af liner (mio. kr.)	0,5	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	11,04
Afskrivning af maskiner (mio. kr.)	0,8	1,0	1,6	1,8	2,0	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	13,6
EBIT (mio. kr.) før honorar	-2,3	-2,3	-2,2	-3,4	-3,6	-3,0	-3,0	-2,8	-2,8	-2,8	-28,4
Potentielt fjernet kg N per år	36.400	72.800	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	91.000	837.200
Salg af N-kvoter (mio.kr.) ved aconto	2,2	4,4	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	51
Renteudgifter (1,5 %) (mio. kr.)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	2,3
Skat af årets resultat (22% af overskuddet) (mio.kr.)	0,00	0,45	0,72	0,45	0,41	0,54	0,54	0,59	0,59	0,59	5
Året resultat (mill kr) non konsum ud fra aconto (mio.kr.)	-0,30	1,37	2,32	1,38	1,23	1,69	1,69	1,85	1,85	1,85	15

Den beregnede samlede fjernelse af N over en 10 års periode, samt prisen for virkemidlet er angivet i tabel 3 for private operatør og for et kommunalt driftsselskab ved en produktion på langliner og på net i 5 områder. Den samlede myndigheds betaling for N-fjernelse er ligeledes beregnet.

Tabel 3 Fjernelse af N over en 10 års periode, samt pris for virkemidlet, den samlede myndighedsbetaling for N-fjernelse for muslingeopdræt på langliner eller Smart Farm rør af henholdsvis privat operatør eller kommunalt driftsselskab. For privat operatør forudsættes en ROI på 7 % og for et kommunalt driftsselskab forudsættes en ROI på 0 %.

Produktionsform	N fjernelse over 10 års drift	Pris for virkemidlet	Betaling for fjernelse over 10 år
Privat operatør – langliner	837 t N	60 kr/kg N	50,5 mio kr
Privat operatør – Smart Farm	1.209 t N	76 kr/kg N	91,1 mio kr
Kommunal Driftsselskab – langliner	837 t N	38 kr/kg N	31,7 mio kr
Kommunalt driftsselskab – Smart Farm	1.209 t N	40 kr/kg N	47,6 mio kr

Samlet set kan det vurderes, at en industriel produktion af muslinger til foder ikke er rentabel i områder, hvor produktionsbetingelserne ikke er optimale. Produktionen forudsætter derfor en betaling for kvælstoffjernelsen på ca 60 kr per kg N, svarende til 80 øre per kg muslinger. En merudledning fra en produktion (landbrug eller landbaseret fiskeopdræt) på land på f.eks 25 t N, kan i princippet modregnes med en produktion på 1.5 mio kr årligt, hvis der laves en langtidsaftale, der giver muslingeproducenten en sikker investering

SAMMENLIGNING AF PRIS I FORHOLD TIL RENSNING PÅ RENSEANLÆG

Prisen for vandrensning med muslingeopdræt i forhold til fjernelse af N og P kan sammenlignes med prisen for vandrensning på renseanlæg. Priserne for vandrensning på renseanlæg er beregnet af FORS A/S over en 75 års afskrivningsprofil. For Roskilde Fjord, der er mere lavvandet, er det kun relevant at sammenligne med muslingeproduktion på langliner, hvorimod der i Isefjorden er sammenlignet med både muslingeproduktion på langliner og på net.

I Roskilde Fjord er pris for fjernelse af N og P ved muslingeopdræt på langline og ved rensning på renseanlæg angivet i Tabel 4. Det bemærkes at den angivne pris for rensning med muslinger er en faktor 130 gange lavere end pris for rensningsanlæg for fjernelse af N, og en faktor 26 gange lavere for rensning af P.

I Isefjorden er pris for fjernelse af N og P ved muslingeopdræt på langline og ved rensning på renseanlæg angivet i Tabel 5. Det bemærkes at den angivne pris for rensning med muslinger på langliner er en faktor 160 gange lavere end pris for rensningsanlæg for fjernelse af N, og en faktor 32 gange lavere for rensning af P. Ved rensning med muslingeopdræt på net er den angivne pris en faktor 312 gange lavere end pris for rensningsanlæg for fjernelse af N, og en faktor 64 gange lavere for rensning af P.

Tabel 4 Pris for fjernelse af N og P fra Roskilde Fjord ved vandrensning med muslingeopdræt på langliner og ved rensning på renseanlæg

Roskilde Fjord	Muslingeopdræt på langliner	Rensningsanlæg
Pris for N-fjernelse (kr/kg N)	116	15-18.000
Pris for P-fjernelse (kr/kg P)	2.071	54-64.000

Tabel 5 Pris for fjernelse af N og P fra Isefjorden ved vandrensning med muslingeopdræt på langliner og net, samt ved rensning på renseanlæg

Isefjorden	Muslingeopdræt på langliner	Muslingeopdræt på net	Rensningsanlæg
Pris for N-fjernelse (kr/kg N)	94	48	15-18.000
Pris for P-fjernelse (kr/kg P)	1678	857	54-64.000

ANVENDELSE AF MUSLINGER OG VÆRDISKABELSE

MUSLINGER TIL FØDEVARER

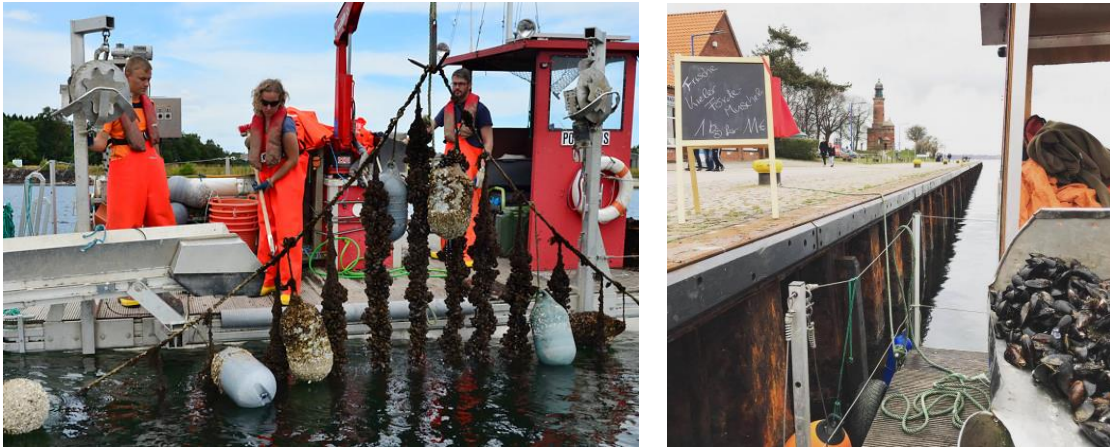
Ved en produktion af blåmuslinger til fødevarer er der i dag tre forskellige markeder. Der er et marked, hvor muslingerne sælges uforarbejdede, og kunden selv tilbereder produktet. Så er der et convenience marked, hvor der laves et produkt der kræver en meget kort forarbejdning for forbrugeren, ofte kun blot en opvarmning, og så en produktion hvor muslingerne koges og fryses eller laves til konserves.

I forhold til convenience produkter, så sker der i disse år en markant udvikling, der åbner for nye markedsmuligheder. Der er dels en øget efterspørgsel på nye smagsoplevelser og en gastronomisk nysgerrighed, hvor convenience produkterne kan hjælpe forbrugeren på vej. Der tænkes her både på nye produkter, men også på de tilbud som måltidskassere repræsenterer, og som f.eks på fiskesiden får danskerne til at spise andet end sild, torsk og rødspætte.

I forhold til salg af ferske uforarbejdede muslinger er der ligeledes forskellige forretningsmodeller, der er interessante. En mulighed er at producere muslinger af konsumkvalitet, dvs det skal være muslinger på ca 5 cm, højt kødindhold- gerne lyse i kødet, og så skal muslingerne have en flot skal. Muslingerne bliver så rensset og solgt på et dansk eller europæisk marked.

En alternativ forretningsmodel kan være den model som Kieler Meeresfarm i Tyskland benytter (Figur 13). Virksomheden har en mindre produktion i Kiel, og sælger direkte til lokale restauranter og kunder, og springer dermed alle mellemlid over. Muslingerne kan ligeledes købes på virksomhedens hjemmeside til en pris på ca 80 kr/kg. Forretningsmodellen er således

at sælge et lokalt produkt, med en lokal historie, hvor en høj pris muliggør en forholdsvis lille og arbejdskrævende produktion.



Figur 13 Kieler Meeresfarm i Tyskland har en mindre produktion af blåmuslinger, der sælges direkte til kunderne uden fordyrende mellemlid. Tv: Blåmuslingerne produceres på langliner ved en arbejdskrævende proces. Th: Muslingerne sælges direkte over kajen. Bemærk skilt hvor prisen angives til 11 euro per kg (Foto fra Kieler Meeresfarm).

MUSLINGER TIL FODER

Blåmuslinger, der har en kvalitet der ikke gør dem egnede som fødevarer, kan anvendes til foder. Blåmuslinger har et højt indhold af protein, der har samme aminosyresammensætning som fiskemel. Der er derfor igangsat forskellige udviklingsprojekter hvor blåmuslinger forarbejdes til et lager stabilt melprodukt. To projekter MUMIPRO og InProFeed afsluttes i 2021, og begge projekter har afprøvet forskellige forarbejdningsteknikker. Generelt er den store udfordring at få adskilt skallerne fra kødet, og når denne adskillelse er opnået, skal muslingekødet tørres til fugtindholdet er ca 10 %.

Til adskillelse af muslingekød og skaller er følgende metoder afprøvet:

DTU Food har afprøvet en filterpresse, der er udviklet til presning af mask fra ølbrygning. Filterpressen har en kapacitet til at presse 1 t muslinger i timen. Investeringssomkostning er 1.6 mio kr. Der kan forventes et vist slid på maskinen ved forarbejdning af muslinger. Pilotforsøg har vist, at det kun er ca 50 % af proteinerne, der trækkes ud af muslingerne. Det er vurderingen, at denne ekstraktionsgrad kan øges betydeligt. Efter filterpresning skal proteinvæsken tørres, hvilket blev gjort ved en spraytørring. Der er ikke udarbejdet rapport over forsøg.

Der er gjort flere forsøg med en deboner, også kaldet en separator. Leroy Seafood i Norge og TripleNine har lavet forsøg med denne forarbejdningsteknologi, men der er ingen offentliggjorte informationer om resultater af pilotforsøg.

Der er af flere omgange lavet forsøg med en skruerpresse, hvor muslingerne kan deles i en skalfraktion og i en proteinrigvæske som ved filterpressen. Som for filterpressen er det

vanskeligt at få en høj udnyttelse af muslingeråvaren, og meget af proteinet havner i skalfraktionen, der typisk vil blive anvendt til et gødningsprodukt.

Ved produktionen af muslingekød til frost eller konserveres sker dette ved en kogepoces og en forsimplet proces kan også anvendes til at ekstrahere muslingekød til et foderprodukt. Muslingerne adskilles på en declumper, så muslingerne ikke danner klumper af sammenbundne individer. Declumpningen foregår på maskine, hvor en masse fingre arbejder mod hinanden, og dermed skånsomt adskiller muslingerne. Dernæst sker der en afbysning af muslingerne, hvor de byssus-tråde, som muslingerne fæster sig med til underlaget fjernes. Herefter koges muslingerne kort tid under tryk, og muslingekødet adskilles fra skallerne på et rystebord. Ved en efterfølgende proces sikres det, at det producerede muslingekøb ikke indeholder skaldele. Til forskel fra en produktion af muslinger til fødevarer vil en produktion af muslinger til foder ikke omfatte en afbysning eller en efterkontrol af produktet, da byssus eller skalfraktioner ikke vil have betydning for et foderprodukt. Det færdige muslingekød kan herefter tørres til et melprodukt af høj kvalitet. Selve tørringen af muslingekødet er forholdsvis energikrævende og derfor omkostningstungt. Fermentation Experts A/S har derfor ansøgt GUDP om støtte til et projekt, hvor muslingekødet ikke tørres, men at muslingerne med væske indgår i en fermenteringsproces med planteproteiner. Ved denne produktionsmetode substitueres det vand, der normalt tilføjes en fermenteringsproces, og den unødvendige tørring af muslingerne giver adgang til muslinger med en lavere produktionspris.

ANDEN VÆRDISKABELSE – RENSNING AF BADEVAND

Aarhus Kommune har i samarbejde med WSP og COWI udført et forsøg, der undersøger om muslinger kan rense vandet for bakterier og mikroalger i Aarhus Havn. Kommunen er udfordret af dårlig bedevandskvalitet i forbindelse med regnvejrshændelser og overløb fra rensningsanlæg, der løber ud i Aarhus Å. Da Aarhus Å har udløb inderst i havnen, medfører overløb høje koncentrationer af bakterier fra urensset spildevand i havnen, hvor der er etableret et havnebad og er forskellige vandsportsaktiviteter.

I forsøget blev fire flåder af 5x5 meter med muslinger placeret, så muslingerne kunne filtrere langs en gradient af saltholdigheder og fødekonzentration inde fra bunden af havnen, hvor Aarhus Å udløber, og hvor bakteriekonzentrationen derfor er størst. Den yderste målestation med muslingeramme blev placeret ude ved Aarhus Havbane uden for havnen, der repræsenterer upåvirkede forhold i forhold til Aarhus Å. Undersøgelserne viste, at muslingerne var i stand til at reducere bakteriekonzentrationen af E coli og mikroalgekonzentrationen. Resultaterne viste, at muslingeopdræt kan være en prisbillig metode til at reducere forekomsten af humane bakterier i badevand i områder, der f.eks. er påvirket af overløb fra rensningsanlæg eller diffus udledning af spildevand. I forsøget i Aarhus Havn blev muslingerne kapacitet til at reducere forekomsten af vira i badevand ikke undersøgt. I det omfang vira er bundet til partikler, kan disse optages af muslingerne, og enten ophobes i muslingerne eller eksporteres til bunden med muslingernes fækalier. Metoden vurderes at kunne anvendes i f.eks. Roskilde Fjord efter en testfase.

Muslinger, der anvendes til rensning af badevand i forbindelse med overløb af rensningsanlæg bør ikke anvendes til foder eller fødevarer. Der kan således være en vigtig kommunikativ opgave i at fortælle borgerne, at de muslinger der bruges til vandrensning ikke anvendes til foder eller fødevarer, således at blåmuslinger som en vigtig proteinkilde ikke får et dårligt renommé. Ligeledes skal det kommunikeres at muslingerne bruges til energi og gødning i en cirkulær økonomi, hvor vigtige næringsstoffer bringes tilbage på land, hvor de gør gavn.

RENSNING AF MIKROPLASTIK

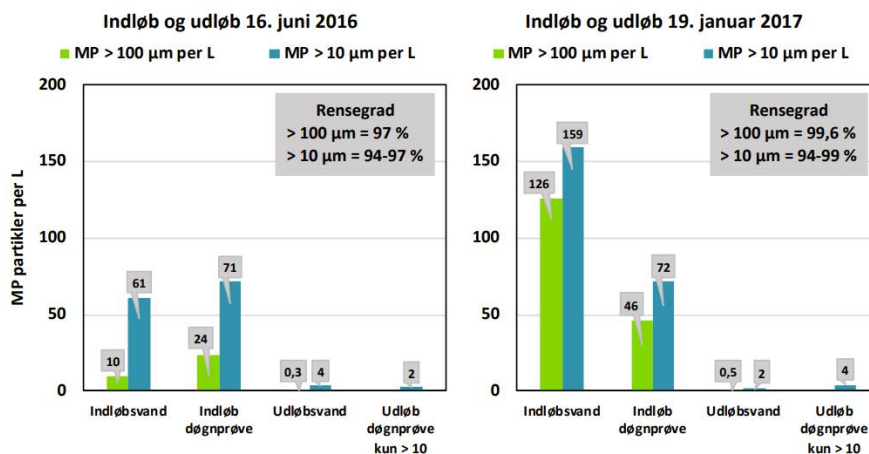
Der har de senere år været meget fokus på forekomsten af mikroplastik i det marine miljø. Der er flere kilder til mikroplastik. Større stykker plastik kan med tiden disintegrere og forme mikroplastik. Mikrogummi fra dækslid udgør over halvdelen af al udledning fra mikroplast, og regnvand bliver derfor den største kilde til mikroplastforurening.

Igangværende undersøgelser for mikroplastbelastningen fra danske rensningsanlæg viser, at tilbageholdelsen for mikroplast i anlæggene ligger på op til over 99 % (Figur 14).

Opmærksomheden bør derfor rettes mod mikroplastudledningen fra de regnvandsbetingede udløb, da mikroplast her ledes direkte ud i vandmiljøet udenom rensningsanlæggene.

I Roskilde fjord er forekomsten af mikroplastik undersøgt på forskellige lokaliteter (Figur 15). Fra udledningsspunkterne og ud i de åbne fjordområder sker der en fortynding af koncentrationerne.

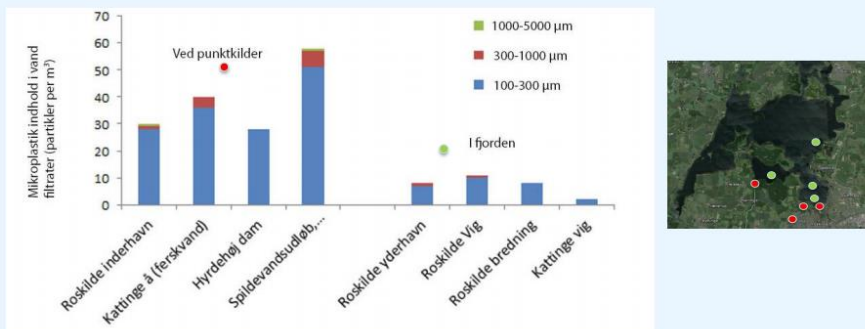
Renseeffektivitet på Bjergmarken rensningsanlæg



Lokalt skybrud natten til 16. juni 2016 kan sandsynligvis forklare forskelle mellem de to prøvetagninger

Figur 14 Præsentation fra Annemette Palmqvist. Temaaften om Plastikforurening og Roskilde Fjord, Roskilde Sejlklub 10. september 2018. Figuren viser koncentrationen af mikroplastik i indløbsvand og udløbsvand på Bjergmarken Rensningsanlæg. Bemærk at koncentration af mikroplastik er per l.

Mikroplastik i fjordens vand



Figur 15 Præsentation fra Jakob Strand. Temaaften om Plastikforurening og Roskilde Fjord, Roskilde Sejlklub 10. september 2018. Figuren viser koncentrationen af mikroplastik i forskellige vandområder. Bemærk at koncentration af mikroplastik er per m³.

Der er de sidste par år gennemført en række undersøgelser af, hvordan muslinger håndterer mikroplastik. Muslingerne optager mikroplastik og kan i et vist omfang udskille det igen i større partikler. Det kan betyde, at mikroplastikken deponeres på bunden under muslingeopdrættet. Ved høje koncentrationer af mikroplastik kan muslingernes evne til at fasthæfte sig blive reduceret, ligesom der kan ske deformiteter af deres larver. Ved lavere forekomster af mikroplastik vil muslingerne kunne bidrage til at reducere forekomsten af mikroplastik gennem deres filtration.

MILJØEFFEKTER AF MUSLINGEOPDRÆT

Der er i Danmark, med særlig fokus på Limfjorden, de sidste 15 år gennemført en lang række undersøgelser af muslingeopdræts effekter på miljøforhold, og herunder effekten af sedimentation under muslingeopdræt og risiko for iltvindshændelser. Disse undersøgelser omfatter både målinger på konkrete muslingeopdræt og modelleringer af effekten af enkelte muslingeopdræt og den kumulative effekt af mange muslingeopdræt på bassin niveau. Der er således et omfattende vidensgrundlag, der dokumenterer at muslingeproduktion ikke medfører negative effekter, men rent faktisk bidrager til en forbedring af miljøforholdene. Aarhus Universitet har i 2020 udarbejdet en oversigt over marine virkemidler, herunder muslingeopdræt. I rapporten sammenfattes både de positive og de negative effekter af muslingeopdræt. Nedenfor er sammenfattet den viden fra rapporten. Citater fra rapport er i kursiv:

Muslingeopdræt i vandsøjlen kan forbedre sigtddybden og reducere klorofylkoncentrationen som følge af muslingefiltration. Dette er blevet påvist både ud fra in situ data, økologisk modellering og satellitdata omkring opdrætsanlæg i Limfjorden (Skive Fjord, Sallingsund, Løgstør Bredning og Venø Sund) og As Vig (Maar m.fl. 2020a). Reduktioner i klorofylkoncentration kan være helt op til 60-70% i opdrætsanlægget, men er gennemsnitligt på 14-50% afhængig af muslingernes filtrationskapacitet og miljøforhold såsom strømforhold, temperatur og klorofylkoncentration (Nielsen m.fl. 2016, Petersen m.fl. 2019, Timmermann m.fl. 2019, Maar m.fl. 2020a).

.

Modellering viste en forbedring af sigtddybden i et område, der er 14 gange større end selve opdrætsanlægget i Skive Fjord (Timmermann m.fl. 2019). Den rumlige ændring er størst for standardanlæg med stor muslingebiomasse eller i områder med flere opdrætsanlæg. Modelscenarier fra Skive Fjord viste, at 10 standardanlæg kan reducere klorofylkoncentrationen om sommeren og forbedre sigtddybden med hhv. 16% og 7,8% i gennemsnit på bassinskala (Timmermann m.fl. 2015, 2019, Petersen m.fl. 2018)

.

Modelscenarier fra Skive Fjord viste, at sedimentationen på bassinskala blev reduceret pga. de lavere koncentrationer af fytoplankton og detritus i vandsøjlen som følge af muslingefiltrationen (Timmermann m.fl. 2019). Dvs. selvom der var en forøget sedimentation lige under anlægget, var der en netto reduktion af sedimentationen for hele området målt i forhold til, hvis der ikke havde været muslingeopdræt.

.

Muslinger omdanner det bundne N og P i fytoplanktonbiomasse til muslingebiomasse via filtration. En fraktion af det optagne N og P bliver dog tabt via ekskretion som ammonium og fosfat til vandet eller ved biodeposition af fækalier og pseudofækalier. Den øgede sedimentation af organisk materiale under opdrætsanlæggene kan medføre en lokal forøget næringsstoffrigivelse (Carlsson m.fl. 2009, Holmer m.fl. 2015). Et studie fra Skive Fjord beregnede, at ekskretion udgjorde 82% og sedimentflukse 18% af N-udskillelsen fra et opdrætsanlæg (Holmer m.fl. 2015). De udskilte næringsstoffer kan dermed bidrage til ny primærproduktion. Modelstudier viste dog ingen tegn på forøget primærproduktion omkring opdrætsanlæggene, da fytoplanktonbiomassen også var lavere (Plessner m.fl. 2015, Timmermann m.fl. 2019). Der vil desuden stadig være en netto fjernelse af N og P, da der kun sker en omdannelse af næringsstoffraktioner.

.

Generelt vil den lokalt forøgede sedimentation og de deraf afledte effekter på de benthiske biogeokemiske processer (f.eks. næringsstofflukse, iltoptagelse) være tæt koblet til muslingebiomassen, men forhold som strømhastigheder, eksponering, eutrofieringsgrad, redox-forhold m.m. vil influere på, om der kan detekteres negative miljøeffekter under et muslinge anlæg og størrelsen af disse (Carlsson m.fl. 2009, Carlsson m.fl. 2012, Petersen m.fl. 2018)..... I Skive Fjord var muslingeopdrættets benthiske påvirkning begrænset pga. de høje baggrundskoncentrationer af organisk materiale og næringsstoffer (Holmer m.fl. 2015).

.

Det skal bemærkes, at modelsimuleringer fra Skive Fjord viser, at den øgede sedimentation under anlægget modsvarer af en reduceret sedimentation uden for anlægget, så der på bassinskala er en netto reduceret sedimentation (Timmermann m.fl. 2019). De lokalt forøgede N- og P-flukse fra sedimentet under opdrætsanlægget vil derfor blive modvirket af den lavere N- og P-regenerering på bassinskala (Petersen m.fl. 2018). Desuden vil et forøget iltoptag ikke føre til lokalt iltsvind under opdrætsanlægget ved normale vandskifte- og strømforhold (>0.02 m s⁻¹) for indre danske farvande (Petersen m.fl. 2012, Valdemarsen m.fl. 2015, Maar m.fl. 2020b).

I forhold til at vurdere, i hvor stort et område et muslingeopdræt medfører en øget sedimentation er der få undersøgelser. Undersøgelser fra New Zealand (Hartstein og Stevens 2005) viste, at sedimentation under muslingeopdræt var afgrænset inden for en afstand på 50 m fra muslingeopdrættet. Nyt studie (Hylén et al 2021) fra As Vig ud fra Horsens fjord viste forskelle i sedimentation, når der målttes lige under et SmartFarm net i forhold til mellem rørene. Begge undersøgelser viser, at sedimentationen under et muslingeopdræt vil være meget lokal, og i et område som Roskilde Fjord eller Isefjorden med meget lave strømhastigheder vil spredningen af afføring fra muslingerne være meget lokal. Ved en strømhastighed på 0,02 m/s, en vanddybde på 3-5 meter fra muslingerne til bund, og en synkehastighed af partiklerne på 2-4 mm/s (Carlsson et al 2009) vil partiklerne kunne spredes fra 30-100 m. Denne beregning tager ikke højde for, at strømforholdene i muslingeopdrættene dæmpes, og at spredningen dermed reduceres. Områderne til muslingeopdræt er 750 m lange, og anlæggene etableres, så der friholdes et område fra det sidste rør og ud til hjørnemarkeringerne. Der vil således kun forekomme en meget begrænset sedimentation uden for muslingeopdrættet.

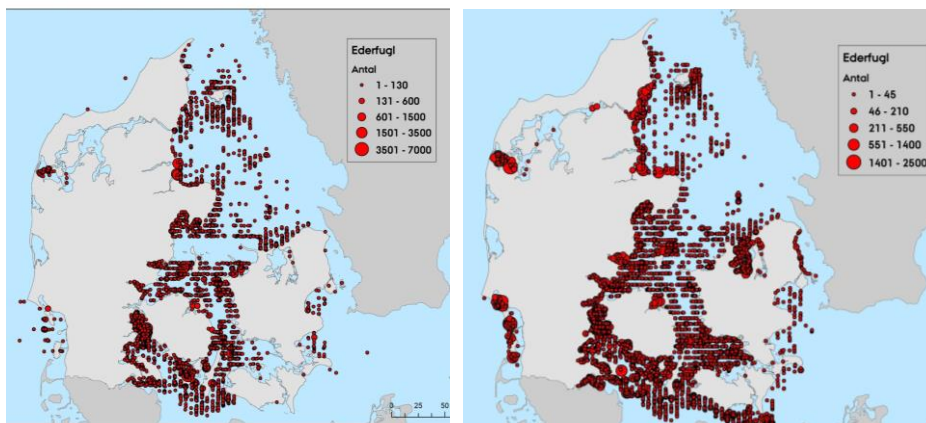
ER TEKNOLOGIEN MODEN OG RAMMEBETINGELSERNE PÅ PLADS

Teknologien til muslingeproduktion er veludviklet for en række danske områder, men er dårligt testet i områder med lav salinitet. Inden der igangsættes en muslingeproduktion vil det være hensigtsmæssigt at lave en vurdering af produktionspotentialer på den enkelte lokalitet. Der er flere faktorer, der afgør om en lokalitet er egnet til muslingeproduktion.

Produktionspotentialer er både afhængig af muslingebestandens vækst (skalvækst, vækst af kød). Denne vækst er afhængig af salinitet og fødegrundlag. Begge faktorer er beskrevet i et tidligere afsnit. Prædation af muslinger fra speciel edderfugl kan volde store tab. Forsøg på muslingeproduktion syd for Svendborg og i farvandet ved Horsens har medført store tab pga prædation fra edderfugl. En enkelt edderfugl kan æde op mod 3 kg muslinger om dagen, og når muslingen rives at langlinen eller dyrkningsnettet vil der ofte falde muslinger på bunden, ud over de muslinger edderfuglen æder. Samlet set kan en bestand af edderfugle hurtigt rydde et muslingeopdræt for muslinger. Muslinger, der fjernes af edderfugl, medregnes typisk ikke som en næringsstofreduktion, men muslingerne har jo selvfølgelig stadig bidraget til en forbedret vandkvalitet og til næringsstoffjernelse. Der er udviklet teknikker til at holde edderfugl ude af muslingeopdræt med opsætning af net, men i forhold til en produktion af

muslinger til foder vil opsætning af net være så fordyrende, at en muslingeopdræt ikke kan gøres til en rentabel forretning.

Kortlægningen af 2013 og 2016 (Figur 16) viser, at der er en stor forekomst af edderfugl i Isefjorden, og der skal gennemføres en nærmere vurdering af om tætheden af denne forekomst kan forhindre dyrkning af muslinger. Erfaringerne fra Vejle Fjord indikerer, at en bynær muslingeproduktion kan mindske problem med edderfugl, og bynær produktion kan også være en løsning ved Holbæk.



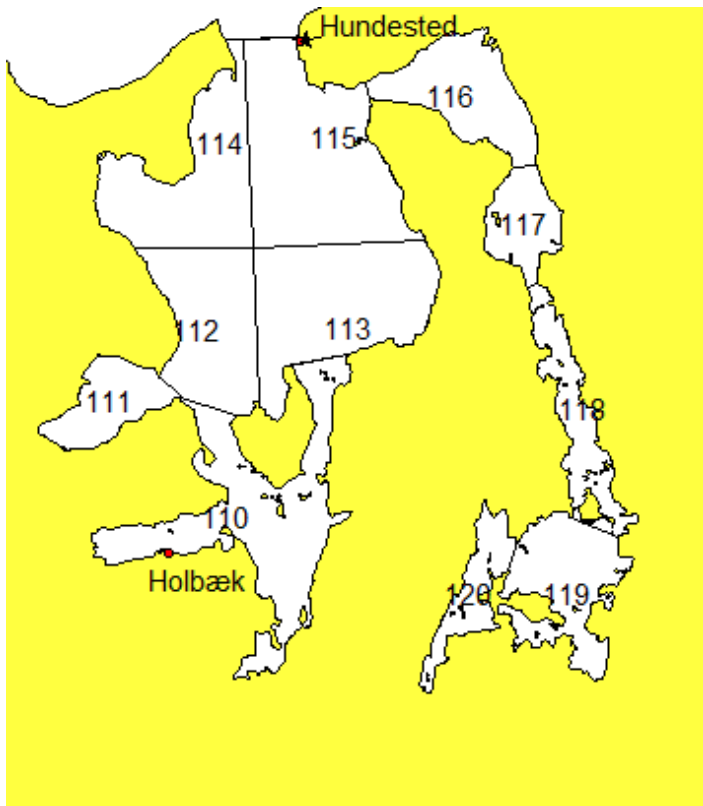
Figur 16 Fordelingen af edderfugl ved fugletællinger i 2013 (tv) og i 2016 (th). Figurer er fra Novana.au.dk

Dyrkningen af muslinger på langliner er en kendt teknologi, og der er gennemført en lang række forsøg med forskellige materialer og også succesfulde fuldskalaproduktioner. I forhold til dyrkning af muslinger på net er vidensgrundlaget mere mangelfuldt. Der er lavet enkelte forsøg med nettens maskestørrelser, og praksis med udtynding og afhøstninger er også i et vist omfang undersøgt. Der er stadig to store udfordringer med dyrkning på net hold flydende af rør og det er de anlæggenes synlighed og problemer med is. Da de PE rør, der holder nettene flydende, har en konstant opdrift vil rørene være meget synlige, når muslingerne er afhøstede og hen over sommeren. Denne synlighed har skabt lokal modstand i Limfjorden fra grundejere, og er et forhold der skal være fokus på. En andet problem med rørene er at de er sårbar over for is. Med langlinerne er det muligt at undersænke produktionen ved at holde linerne nede med betonklodser, og dette er en veludviklet praksis. Ved risiko for isdannelse kan rørene kun undersænkes ved at disse vandfyldes, og således lægges ned på bunden. Dette vil give tab af muslinger og er endvidere særdeles arbejdskrævende. Virksomheden Wittrup Seafood A/S leder et GUDP projekt, SUBMUSSEL, hvor muslingeproduktionen på net undersænkes, således at konflikter med synlighed og is undgås. Der forventes at være udviklet en læsning inden for 1-2 år.

FØDEVARESIKKERHED

En muslingeproduktion er underlagt strenge krav til fødevarer sikkerhed, hvis muslingerne skal bruges til foder eller fødevarer. Der må således kun produceres og høstes fra områder, der er udlagt af Fødevarestyrelsen til produktionsområder. Dermed er der sikkerhed for at

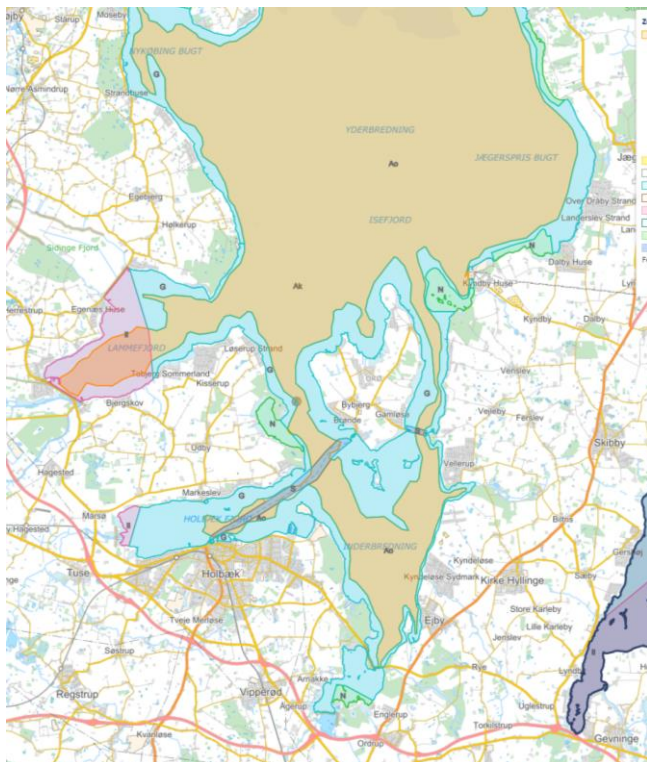
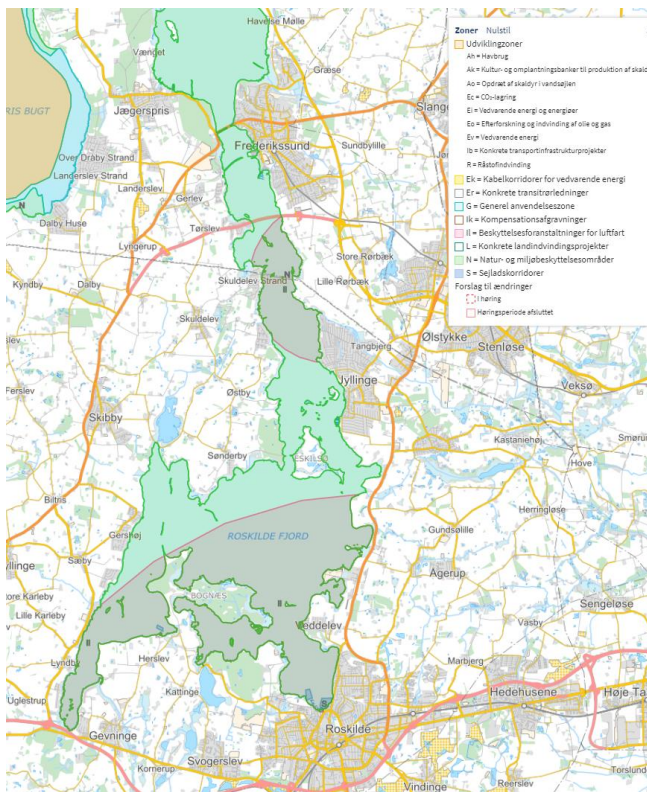
producerede muslinger ikke indeholder uønskede stoffer som tungmetaller. Alle relevante områder i både Roskilde Fjord og i Isefjorden er udpeget til produktionsområder (Figur 17). Fødevarestyrelsen kan anmodes om at udpege nye områder, der efter en prøvetagning vil kunne åbnes.



Figur 17 Kort over produktionsområder hvor der må produceres muslinger i Roskilde Fjord og i Isefjorden.

HAVPLAN

Søfartsstyrelsen under Erhvervsministeriet har i marts måned 2021 sendt en Havplan i høring. Havplanen udgør et planlægningsværkstøj for marine områder i Danmark, der skal sikre en hensigtsmæssig koordinering af en række forhold som transport, energiproduktion, akvakultur og naturbeskyttelse. I udkast til Havplan (Figur 18) kan det bemærkes, at der i Roskilde Fjord ikke er udlagt områder til muslingeopdræt. Området er udlagt til Natura 2000, og det bør ikke automatisk udelukke etablering og drift af muslingeopdræt. En tilladelse til muslingeopdræt forudsætter, at der blive gennemført en væsentlighedsvurdering eller en habitatkonsekvensvurdering, således at myndighed med stor sikkerhed kan afvise at muslingeopdrættet medfører en skade på Natura 2000 området. I Isefjorden er der udlagt store områder til muslingeopdræt, herunder områder tæt på Holbæk. Ved en vedtagelse af Havplanen, uden tilføjelse af områder til muslingeopdræt, vil muslingeopdræt kun kunne tillades, hvis der laves et tillæg til Havplanen, hvilket vil medføre ekstra administration i forhold til høringer mv. Det kan således anbefales, at der udarbejdes høringssvar til Søfartsstyrelsen, hvor der rejses ønske om udpegning af områder til muslingeopdræt i egnede områder i Roskilde Fjord.



Figur 18 Udkast til Havplan. Øverst havplan for Roskilde Fjord og nederst: Havplan for Isefjorden. De grå områder i Roskilde fjord er områder der både er udlagt til natur og miljøbeskyttelsesområder og til zone til beskyttelsesforanstaltning for luftfart.

BEKENDTGØRELSE OM MUSLINGEOPDRÆT

Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri havde bekendtgørelse om opdræt af muslinger og østers i vandsøjlen i høring med frist for indlevering af høringssvar den 14. maj 2021. FORS har indsendt høringssvar

Den foreslåede bekendtgørelse kan vanskeliggøre etablering af muslingeopdræt som marint virkemiddel Roskilde Fjord og Isefjorden pga følgende foreslåede ændringer fra Fødevarerministeriet:

Muslingeopdræt vil ikke være tilladt i Natura 2000 områder. Da store dele af Roskilde Fjord er udpeget som Natura 2000 område vil muslingeopdræt ikke være muligt her. Muslingeopdræt i Natura 2000 vil forudsætte en vurdering af negative påvirkninger af de beskyttede områder (Væsentlighedsvurdering eller habitatkonsekvensvurdering), men der kan primært ventes positive effekter af muslingeopdræt på de beskyttede områder, og det er ikke sandsynligt, at der vil kunne dokumenteres påvirkninger, der skader udpegningsgrundlag eller bilag IV-arter. En udelukkelse af muslingeopdræt er derfor ikke hensigtsmæssig, hverken i forhold til naturbeskyttelse eller erhvervsudvikling.

Muslingeopdræt er ikke muligt, hvor der foregår erhvervsfiskeri. Der mangler i forslag til bekendtgørelse en præcisering af, om det er alle former for erhvervsfiskeri, der udelukker muslingeopdræt, og på hvilken geografisk skala denne vurdering laves.

Der er i forslag til bekendtgørelsen indsat et afstandskrav ved muslingeopdræt på muslingerør, der ikke undersænkes (Smart-Farm). Afstandskravet er på 1000 m fra kystlinjen. Dette bør ændres, så afstandskravet er 1000 m til områder udlagt til byområder eller sommerhusområder.

FORS har lavet et høringssvar med anmodning om ændringer i den endelige bekendtgørelse ifølge ovenstående.

OPERATØRER OG FORVALTNING

OPERATØRER

Der er i dag to virksomheder der vil kunne være operatører på muslingeopdræt i Roskilde Fjord eller Isefjorden. Nedenfor er opstillet en tabel med de to relevante virksomheder:

Virksomhed	Produktionsbeskrivelse	Lokalisering	Kapacitet til opgaveløsning
Blå Biomasse A/S	Blå Biomasse A/S er ejet af Hedeselskabet (51 %) og Thyborøn Invest (49 %). Virksomheden har etableret ca 350 SmartFarm rør i Venø Sund og ved Jegindø i Limfjorden. Virksomheden startede	Virksomheden er lokaliseret i Venø Sund i Limfjorden.	Hedeselskabet er en robust ejer både i forhold til økonomi og i forhold til politisk netværk. Der er ca 3 fastansatte i

	<p>produktionen i 2017, og har arbejdet målrettet med at udvikle en stabil forretning med en optimeret drift. Virksomheden er ikke helt i mål og har fortsat behov for at investere tid i stabil drift.</p> <p>Blå Biomasse A/S har været med i flere udviklingsprojekter bla InProFeed</p>		<p>virksomheden, og kontakt til flere løstansatte medarbejdere.</p>
Wittrup Seafood A/S	<p>Wittrup Seafood A/S er ejet af Brødrene Rasmus og Stig Wittrup, og en mindre andel af ejet af tredje person. Wittrup Seafood A/S har udviklet en virksomhed med muslingeopdræt, fartøjer, der skraber muslinger og en forarbejdningsindustri.</p> <p>Wittrup Seafood har været med i en lang række F&U projekter.</p> <p>Virksomheden har kontrakt med Vejle Kommune ifm projektet Sund Vejle Fjord, hvor der dyrkes muslinger på line, der lægges ud til at genskabe de naturlige muslingebanker.</p> <p>Virksomheden har ligeledes kontrakt med Københavns Universitet i et projekt, hvor der skal lægges muslinger ud over rev med den invasive art, Stillehavsøsters, i et forsøg på at bekæmpe disse.</p>	<p>Virksomheden er lokaliseret i Limfjorden, i Horsens og i Isefjorden. Aktiviteten i Isefjorden omfatter et fartøj, der fisker muslinger</p>	<p>Virksomheden har stor erfaring med muslingeopdræt og driver i dag en mangesidet forretning hvor bla løsning af kontraktopgaver inden for habitatrestaurering er en voksende aktivitet.</p>

Blue Research ApS har den 7. Maj holdt møde med Wittrup Seafood A/S om mulighederne for at virksomheden bliver operatør på et muslingeopdræt i Roskilde Fjord eller i Isefjorden. Virksomheden driver muslingefiskeri i Isefjorden, og har dermed et godt lokalkendskab i forhold til at etablere muslingeopdræt. Virksomheden vurderer, at der vil kunne finde en placering til et muslingeopdræt forholdsvis tæt på Holbæk, der vil være egnet til muslingeopdræt. Virksomheden arbejder med udvikling af undersænket muslingeopdræt og i 2021 testes en prototype. I løbet af et års tid vil der således være en vurdering af, om en undersænket muslingeproduktion vil kunne operationaliseres. Er dette en mulighed vil det være muligt at etablere muslingeopdræt i Isefjorden med en meget lav synlighed for borgere i området. Wittrup Seafood A/S har ikke erfaring med Roskilde Fjord, men har erfaring med at innovationsprojekter og vil kunne indgå som kompetent operatør i et udviklingsprojekt.

HVORDAN SKAL EN PRODUKTION FORVALTES

Etablering af muslingeopdræt i et nyt område udgør en usikkerhed for en virksomhed. Det kan forventes, at virksomheden skal bruge 3-5 år på at opbygge en viden om produktionsbetingelserne, og dermed investerer tid i produktionsopbygningen. En måde at

opbygge viden om lokale produktionsbetingelser er ved at indgå i udviklingsprojekter, og evt gennemføre en prøveproduktion inden der tilknyttes en virksomhed som operatør for et fuldskala anlæg.

En privat operatør vil forudsætte, at der sker en betaling for operation, der afspejler den arbejdsopgave der skal leveres, og den usikkerhed som virksomheden skal løbe ved indgåelse af kontrakt. Usikkerheden for en operatør kan reduceres ved at der er god viden om produktionsbetingelser, eller ved at kontraktholder (FORS A/S) påtager sig en del af usikkerheden. Hvis en del af usikkerheden fjernes fra en kontrakt, kan betalingen for operatørydelse reduceres.

En kontrakt med en operatør skal være langvarig i forhold til at operatøren kan nå at afskrive de investeringer, der er nødvendige for etableringen. For muslingeopdræt på langliner er investeringen for 5 opdræt ca 28 mio kr, og 10 årig kontrakt vil kunne fordele afskrivningen af denne investering over en lang periode.

Betalingen til en operatør vil således reflektere fem væsentlige forhold: Afskrivning af investering- driftsudgifter- salspris for producerede muslinger, den usikkerhed der er ved at opstarte muslingeproduktion i et nyt område, arbejdsindsats ved produktion.

Der kan umiddelbart foreslås tre modeller for betaling af operatør for at etablere og drive en muslingeproduktion. Betalingsmodellerne håndterer på forskellige måder, hvordan usikkerhed ved muslingedyrkingen kan deles mellem operatør og kunde, her FORS A/S.

Betalingsmodel 1 med produktionsplan

I forhold at fjerne usikkerhed fra operatør, kan der indgås en aftale efter en model, hvor der aftales en produktionsplan, og hvis operatøren følger denne plan, sker der en betaling. Dvs operatøren modtager samme betaling hvad enten der er produceret mange eller få muslinger, så længe operatøren følger produktionsplanen. Dvs operatøren skal ikke tage risikoen hvis muslingerne viser lav produktion, der er tab til edderfugler, eller tab pga isdannelsen under forudsætningen for, at operatøren kan dokumentere, at produktionsplanen er fulgt. I en opstarts fase vil betalingsmodellen være hensigtsmæssig, når der ikke er kendskab til produktionsbetingelserne i et område. Betalingsmodel kan ændres til en anden model, hvor operatør tager større del af risiko, når der er opbygget tilstrækkelig viden om området.

Betalingsmodellen er afprøve ifm med projektet Sund Vejle Fjord, og der foreligger dermed en model for, hvordan et aftalegrundlag kan udformes.

Betalingsmodel 2- fast pris per kg kvælstof

Der kan indgås en aftale, hvor operatøren påtager sig mere risiko, men hvor der fortsat er sikkerhed for en vis betaling. Med udgangspunkt i de støtteordninger der tidligere har været til produktion af bla vindmøllestrøm kan der laves en model, hvor der for hvert kg kvælstof eller fosfor, der fjernes ved høst af muslinger udbetales en fast pris per kilo næringsstof. Hvis opdrætteren opfatter produktionen som sikker, kan prisen holdes lav.

Betalingsmodel 3 -variabel pris per kg kvælstof

I en opstartsfasen kan det være vanskeligt at opnå en god pris for de producerede muslinger, idet markedet for industrimuslinger er dårligt udviklet. Når markedet er udviklet, kan der forventes en større betalingsvillighed for muslingerne, og dermed en bedre driftsøkonomi for operatøren. Ved en model med variabel betaling, kan der aftales en pris per kg kvælstof, der fjernes ved høst af muslingerne, hvor prisen for næringsstoffjernelse er afhængig af værdien af de producerede muslinger. Hvis prisen for de producerede muslinger ligger højt i forhold til et index, bliver betalingen lav og vice versa.

Kombination af betalingsmodeller

De tre skitserede betalingsmodeller kan kombineres på forskellige måder. Der kan f.eks. laves en kontrakt, hvor der de første 3 år honoreres efter betalingsmodel 1, hvorefter betalingsmodel 2 eller 3 gradvist indføres, få betalingsmodellen kommer til at bestå af en fast betaling (betalingsmodel 1) og en performance afhængig model (betalingsmodel 2 eller 3).

År 4 kan betalingsmodellen således f.eks. være 0,8x betalingsmodel 1 +0,2x betalingsmodel 2.

HVORDAN KAN EN PRODUKTION FINANSIERES

Finansieringen af etablering og drift af muslingeproduktion som vandrensning kan umiddelbart deles op i to overordnede problemstillinger. Den ene problemstilling omfatter udvikling og dokumentation af muslingeproduktion som vandrensning, og den anden del omfatter en fuldskala etablering og drift af virkemidlet.

Udvikling og dokumentation

I forhold til at udvikle muslingeopdræt til vandrensning er der specielt i Roskilde Fjord behov for at tilpasse de eksisterende systemer til produktion på lavere vanddybde. Ved en minimumsdybde på 4 m vil en produktion være mulig, i forhold til at opdræt skal kunne undersænkes og der skal ikke være bundkontakt ved lavvande. Ligeledes vil muslingeproduktionen her være udfordret af lave salinitet og muligvis også i forhold til mængden af muslingelarver, der kan etablere sig her.

I både Roskilde Fjord og Isefjorden vil der i forhold til rensning af udledninger af regnvand og overløb skulle gennemføres tests af systemernes kapacitet til at tilbageholde bakterier og vira fra spildevandskilder, i forhold til at opnå sikkerhed for rensningseffekt.

MUDP projektmidler (eccoinnovation.dk) kan udgøre en støtteplatform for udviklingen og demonstration af muslinger til vandrensning.

MUSLINGEOPDRÆTS BIDRAG TIL BÆREDYGTIGHED OG FN'S VERDENSMÅL

I 1987 udgav Brundtland Kommissionen rapporten *Our Common Future*. Rapporten var den første til at fokusere på global bæredygtighed og gav en bred tilgang til bæredygtighed, som inddrog både de sociale, økonomiske og miljømæssige aspekter. En bæredygtig udvikling definerede af Kommissionen som: "En bæredygtig udvikling er en udvikling, som opfylder de nuværende behov, uden at bringe fremtidige generationers muligheder for at opfylde deres behov i fare." Definitionen har fostret det tankemønster, der i dag er grundlæggende for vores tanker om bæredygtighed, men ikke særlig anvendelig ift komplekse vurderinger.

Målet om bæredygtighed er udtrykt i FN's 17 bæredygtigheds mål. FN's Verdensmål for bæredygtig udvikling blev vedtaget af verdens stats- og regeringsledere på FN's topmødet i New York den 25. september 2015. Målene skal frem til 2030 sætte os kurs mod en mere bæredygtig udvikling for både mennesker og de økosystemer, der skaber rammerne for vores liv. Verdensmålene udgør 17 konkrete mål og 169 delmål, som omfatter en række sociale og økologiske mål, herunder mål som at afskaffe fattigdom og sult i verden, reducere uligheder, sikre god uddannelse og bedre sundhed til alle, anstændige jobs og en bæredygtig anvendelse af jordens ressourcer.

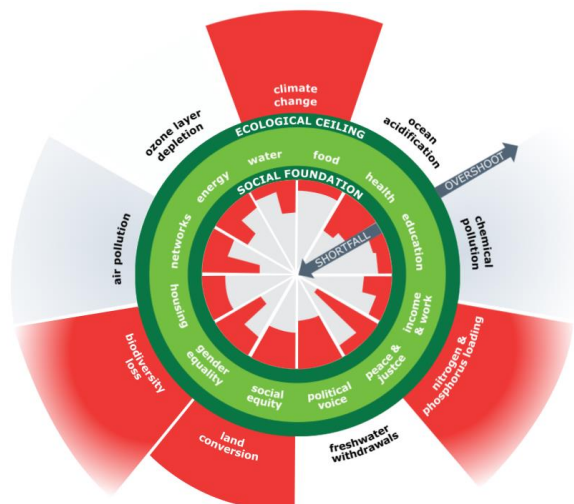
I forbindelse med Interreg projektet Blue Baltic Growth, blev der udarbejdet en analyse af, hvordan muslingeopdræt bidrager til FN's 17 bæredygtigheds mål (Figur 19). Vurderingen var, at muslingeopdræt i større omfang understøtter mål 13 Klimaindsats, 14 Livet i Havet, 2 Stop Sult og 12 Ansvarligt forbrug og produktion, og i mindre omfang understøtter 6 andre mål. Analysen af muslingeopdræts bidrag til verdensmålene er vedlagt i bilag 1.



Figur 19 Muslingedyrknings bidrag til FN's 17 verdensmål ved dyrkning i Østersøen. Analysen omfatter produktion af muslinger til fødevarer og foder og forholder sig ikke til effekter for verdensmål- herunder specielt verdens mål 6 om Rent vand og sanitet - ved rensning af regnvand eller udløb fra overløb.

En ny måde at betragte bæredygtighed på er ved at bruge Doughnut-modellen, der i disse år forsøges implementeret i en række storbyer, bla København og Amsterdam. Modellen tager udgangspunkt i FN's 17 verdensmål, men formår også at integrere målene i et volumen afgrænset af minimumskrav til levestandard og økosystemerne bæreevne. Modellen er endnu et koncept og er ikke gjort operationel med konkrete mål. Doughnut-modellen beskriver, hvordan samfundet og virksomheder kan bidrage til en økonomisk udvikling, der ikke er på bekostning af jordens velbefindende (Figur 20). Doughnut-teorien blev introduceret af Kate Raworths i 2012. Den økonomiske teori er opkaldt efter en doughnut, da modellen tegner et billede af et doughnut-formet rum, hvor det er muligt at imødekomme menneskelige behov på en bæredygtig og social ansvarlig måde. Den omfatter to koncentriske cirkler, med en indre cirkel, der repræsenterer velfærd som sundhed, uddannelse, ernæring, ligestilling og arbejdsvilkår, og en ydre cirkel som angiver grænserne for den miljøbelastning og ressourceforbrug, planeten kan klare. Mellem det sociale fundament og det naturmæssige loft, finder vi den langsigtede bæredygtige livsmåde, visualiseret med doughnut'en. Denne repræsenterer således det rum, hvor de fundamentale menneskelige er opfyldt, og hvor der ikke sker en overudnyttelse af jordens ressourcer. Skaber vi en verden, hvor vi overudnytter jordens ressourcer ved at skabe klimaændringer, skabe forurening osv er der et overshoot af de økologiske grænser- og dermed ikke en bæredygtig udvikling. Hvis vi derimod ikke sikrer de fundamentale rammer for mennesker, er der et shortfall, hvor folk ikke oplever en retfærdig verden og oplever nød.

I forhold til etablering af dyrkning af muslinger i Roskilde Fjord eller i Isefjorden vil dette have betydning for en lang række miljømæssigt og samfundsmæssigt vigtige problemstillinger. Tankegangen fra Doughnut-modellen kan umiddelbart overføres til at forstå betydningen i forhold til forhold som de økologiske grænser for natur-miljø og klima- men også for adgang til lokale fødevarer, arbejdspladser, uddannelse, sundhed mv, som er en del af det sociale fundament i doughnutens inderste cirkel, altså vilkår, der skal være opfyldt for at sikre et godt liv. En Muslingeproduktion vil således bidrage til den indre ring med sunde fødevarer, arbejdspladser, rent vand og til den ydre ring i forhold til biodiversitet, klima og overskud af næringsstoffer.



Figur 20 . Doughnut-modellen beskriver, hvordan samfundet og virksomheder kan bidrage til en økonomisk udvikling, der ikke er på bekostning af jordens velbefindende.

FORBEDRET BIODIVERSITET

Produktion af blåmuslinger bidrager til en øget biodiversitet på flere måder. Hvis vi ser på effekten på et vandområde, en fjord eller en vig, så fjerner muslingerne næringsstoffer og øger vandets klarhed. Begge disse effekter bidrager til at forbedre levevilkårene for havets planter, makroalgerne og havgræsserne som ålegræs. Disse planter er vigtige levesteder for en række andre arter, som forskellige former for fisk, og som f.eks de græssende svaner. De dyrkede muslinger, hvad enten det er flydende opdræt eller bundkulturer, danner levested for en række arter, der finder skjul eller føde mellem muslingerne. Undersøgelser fra den vestlige del af Limfjorden har vist, at under et muslingeopdræt, hvor der var tabt muslinger til bunden, blev der fundet en væsentlig højere biodiversitet, end i et nærliggende referenceområde. Dette skyldes at muslingerne på bunden tilbød et levested for en række arter, og dermed blev biodiversiteten øget. Under muslingeopdræt vil der være et nedfald af fækalier fra muslingerne, og derfor vil man ofte opleve, at der umiddelbart under muslingeopdrættet er en meget lav biodiversitet, og en dominans af arter, der er tilpasset et liv på en bund der er stærkt påvirket af næringsstoffer fra muslingeopdrættet. Ved valg af lokalitet kan der derfor være en fordel i at vælge en lokalitet med gode strømforhold, så nedfaldende muslinger overlever, og bidrager til en høj biodiversitet på bunden (Figur 21).

Biodiversiteten i en muslingeproduktion er selvfølgelig påvirket af at muslingerne regelmæssigt afhøstes, hvorved biodiversiteten nulstilles. I Vejle Fjord gennemføres der i disse år et projekt - Sund Vejle Fjord- hvor der dyrkes muslinger på langliner, og muslingerne lægges ved afhøstning ud i permanente bundkulturer, der ikke skal høstes. Muslingerne på langlinerne og på bunden bidrager både til klarere vand pga muslingernes filtration og til en øget biodiversitet i Vejle Fjord.



Figur 21 Blåmuslinger under muslingeopdræt i Horsens Fjord. Muslingerne er faldet af muslingeopdræt og har skabt en tæt banke under muslingeopdrættet. På Muslingerne ses der rurer, strandkrabber, søanemoner og en række andre bundlevende organismer (Foto Per Dolmer).

BINDING AF KLIMAGASSER

Når blåmuslinger vokser, sker der en skaldannelse, hvor CO₂ bindes og mineraliseres til Kalcium Karbonat (CaCO₃). Cirka en tredjedel af muslingen består af skal, og ved dannelse af 10.000 t muslinger, høstes der 3.300 t muslingskaller med et indhold af bindes der ca. 3.30 t

kulstof, svarende til 1.000 t CO₂. Set i lyset af at Danmark årligt skal finde yderligere besparelser på 24 mio t CO₂ er det et forholdsvis beskedent bidrag.

Blåmuslinger er som fødevarer særdeles interessant i forhold til at fødevarer med et lavt klimaaftryk. CONSITO har i 2021 offentliggjort en oversigt over klimabelastningen fra forskellige fødevarer. Blåmuslingerne ligger helt i bunden med en belastning på 0,22 kg CO₂ ækvivalenter per kg rå muslinger. Dette er samme belastning som for mineralvand, og ca. en tredjedel af belastningen fra æbler og ærter. Hvis vi sammenligner med andre marine proteiner, så er aftrykket 30 gange større for torskefilet og 45 gange større for en rå rødspætte. Hvis vi vil have en god bøf af en afpudset mørbrad, så er belastningen små 700 gange større end hvis valget var muslinger. Med andre ord, så kan vi lave en væsentlig klimabesparelse ved at ændre vores madvaner. En sådan ændring initieres ved oplysning, let adgang til de rigtige råvarer af en god kvalitet, og også gerne ved at inddrage borgerne i produktionen af deres egne muslinger i lokale havhavere.

BIDRAG TIL BIOØKONOMIEN

En produktion af blåmuslinger i Isefjorden og Roskilde Fjord kan anvendes til fødevarer eller til en foderproduktion. Hvis muslingerne har en høj kvalitet, vil den bedste pris opnås på et fødevaremarked, hvorimod muslinger, der ikke kan sælges som en fødevarer kan afsættes som foderprodukt. Ved produktion af muslinger som marint virkemiddel til fjernelse af næringsstoffer vil producenter tilpasse produktionen så den største mulige biomasse produktion opnås. En høj biomasse produktion vil medføre en muslingeproduktion af muslinger af en lav kvalitet, og disse muslinger vil skulle anvendes til en foderproduktion. I Roskilde Fjord er endvidere udfordret af at saltholdigheden er lav, således at muslingerne vil blive små og tyndskallede, og derfor bedst egnede til foder. I Isefjorden vil der være mulighed for produktion af blåmuslinger til fødevarer.

HVAD ER DEN VIDERE PLAN OG HVEM ER SAMARBEJDSPARTNERNE

Som angivet i afsnit om betalingsmodeller, så vil betalingen for muslingeopdræt som virkemiddel være høj, hvis operatøren skal påtage sig en stor risiko i forhold til at etablere og drifte et muslingeopdræt i et ukendt farvand. Det kan derfor anbefales, at der gennemføres en mindre testproduktion, hvor der etableres 5 korte liner af 30 m og der måles på produktionen fra maj til ultimo november, hvor muslingerne afhøstes. Testproduktionen kan bruge til at indsamle følgende viden:

1. Er der larver i vandet der medfører yngelnedslag på linerne
2. Har muslingerne en vækst som er i samme størrelsesorden som modellering anvendt i denne rapport. Vækst måles som øget skallængde og tørvægt af muslingekød.
3. Bestemmelse af indhold af N og P i afhøstede muslinger

4. Effekten af muslingernes filtration på koncentration af humane bakterier og vira. Denne undersøgelse gennemføres i forbindelse med kraftig regnsvejrshændelse, hvor overløb kan forventes. Effekten af filtrationen bestemmes ved at sammenligne koncentrationen af bakterier og vira centralt i muslinge anlægget og opstrøms uden for muslinge anlægget.
5. Opstilling af økonomisk vurdering af pris for brug af blåmuslinger som virkemiddel.

Undersøgelse kan i princippet påbegyndes i 2021 ved at udhænge muslinger produceret i andet område. Alternativt, skal en testproduktion igangsættes i foråret 2022.

Testproduktionen vil være af en størrelse hvor universitet eller konsulent vil kunne håndtere produktionen. Der kan ligeledes laves aftale med operatør om at drive testanlæg, og i samarbejde med universitet dokumentere produktionen og effekten af muslingernes filtration på vandrensningen.

Roskilde Universitet og København Universitet har kompetencer inden for blåmuslingers økologi og produktion. Ved et samarbejde med disse universiteter vil det ligeledes være relevant at tilknytte studenterprojekter, og på denne måde få en effektiv og billig indsamling af viden.

BUDGET FOR PRODUKTIONSTEST

Budget for test produktion med 5 liner af 30 m med høst i November måned 2022

Hovedlinerne monteres med bændler med 40 cm mellem loops, der er 2 meter dybe.

materialeudgifter	DKK
10 ringankre m/kæde	18.000,00
5 hovedliner og bændler	6.000,00
150 bøjer	5.000,00
Afmærkning af området med farvandsafmærkning	5.000,00
Leje af båd	45.000,00
Driftsudgifter	25.000,00
Laboratorieanalyser (Næringsstoffer i muslinger, mikrobiologiprøver)	15.000,00
I alt	119.000,00

Rådgivningstimer	antal timer	DKK
Ansøgning om tilladelse	6	6.000,00
Udlægning af anlæg	40	40.000,00
Ugentligt tilsyn i 30 uger	150	150.000,00
Månedlig monitoring af vækst	75	75.000,00
Prøvetagning for forekomst af E.coli og vira i og udenfor muslinge anlæg	25	25.000,00
Afhøstning af anlæg og bestemmelse af produceret biomasse	75	75.000,00
Fjernelse af anlæg	40	40.000,00
Udarbejdelse af rapport, møder og anden kommunikation	75	75.000,00
I alt rådgivningstimer	486	486.000,00
Omkostning for projekt uden moms		605.000,00

BILAG 1. ANALYSE AF MUSLINGEOPDRÆTS BIDRAG TIL FN'S 17 VERDENSMÅL

Mussel farming as nutrient-mitigation in the Baltic

Analyzed by Per Dolmer and Maren M. Lyngsgaard, Orbicon, Denmark



Contribution to the UN Sustainable Development Goals

SDGs sorted by highest contribution



13 CLIMATE ACTION
Nutrient-catch by mussel farming recycles nutrients from land and produce marine proteins for food or feed by a low consumption of energy. The production of mussel meat has a significantly lower climate impact than the production of other animal proteins. Additionally, the climate impact can be further reduced if the mussels are produced locally.

A policy for implementation of nutrient-catch cultures of mussels in the Baltic may significantly support the target to integrate climate change measures.



14 LIFE BELOW WATER
Mussel farming in the Baltic reduces nutrient concentration, by removing nutrient rich phytoplankton and recycle the nutrients to new biomass of mussels.

The mussels are filter feeders and improve the water quality by increasing transparency to the goods of marine macroalgae and plants. The mussel farming then concentrate pelagic organic material in relatively small restricted areas to the benefit of marine life in large areas which supports the formation of healthy marine habitats with a high biodiversity.

Mussel farms has a function of a floating reef, supporting high density of invertebrates, fish and birds.



2 ZERO HUNGER
Nutrient-catch by mussel farming recycle nutrient from land and produce marine proteins for food or feed.

Today the production of fish for food in the Baltic is collapsed, due to low stocks of cod in the eastern Baltic, and there is a need for new marine resources for food.

Mussel farming has the advantage of not having to add any nutrients during production and mussel



12 RESPONSIBLE CONSUMPTION AND PRODUCTION
Mussel farming is a source to proteins and fatty acids that has very low climate impact and a high nutritious value. Implementation of locally produced mussels will support sustainable consumption with a low rate of food-waste.

Additionally, the mussels come with their own packing being the strong shell, and the end-product being the mussels and their packing is therefore very climate- and environment friendly.



farming can therefore be a source to proteins and fatty acids in all marine areas with high nutrient load and a natural population of mussels.



8 DECENT WORK AND ECONOMIC GROWTH
Nutrient-catch cultures of mussels in the Baltic will create new jobs in remote places outside the towns, and then replace jobs that have disappeared in the fishery.



9 INDUSTRY INNOVATION AND INFRASTRUCTURE
Development of large-scale mussel production needs the development of new national and transnational infrastructure and an important scientific focus on developing sustainable production and processing methods.



10 REDUCED INEQUALITIES
Nutrient-catch cultures of mussels will create new jobs and income for people living outside urban areas, and fight poverty in these areas.



11 SUSTAINABLE CITIES AND COMMUNITIES
Locally produced mussels allow sustainable food source to cities and communities.



15 LIFE ON LAND
Nutrient-catch cultures of mussels recycles nutrients from land back to land as marine proteins, which will reduce the press on protein production on land.



17 PARTNERSHIPS FOR THE GOALS
The development and implementation of nutrient-catch cultures in the Baltic need a close partnership between private enterprises, academia and governmental managers in order to be effect full.