

Planlægning af demonstrationsprojekt med opdræt af blåmuslinger ved Bornholm

Af Helena Havnø, Morten Ask Ledertoug & Clara Marie Ellehøj Mühlhausen





Speciale i TekSam Miljøplanlægning, Roskilde Universitet

Planlægning af demonstrationsprojekt med opdræt af blåmuslinger ved Bornholm

Forfattere

Helena Havnø, 67444

Morten Ask Ledertoug, 57303

Clara Marie Ellehøj Mühlhausen, 57964

Vejleder

Tyge Kjær

Dato

1. juni 2021

Antal anslag

222653

Abstract

The Baltic Sea is strongly affected by eutrophication, which has negative impacts on local ecosystems and the local community in the area. This master thesis examines blue mussel farming on Bornholm as a mitigation measure for local eutrophication. Additionally, mussel farming can contribute with several socioeconomic benefits, such as the provision of a climate friendly food or feed product, and by potentially promoting local economic growth and employment. There are some challenges in placing a mussel farm in the exposed area around Bornholm. This master thesis presents four pilot-farms with the purpose of adapting the farm systems to the local conditions. Through technical adaptations, e.g. by submerging the farms or anchoring the mussel nets so they become movable with the direction of the current in the water column, the pilot-farms might overcome the challenges of being placed offshore. Placing the farm on land is another method suggested to overcome these challenges.

Nature based Solutions is used as the theoretical and methodical approach in the planning and development process of the pilot-farms, which has contributed to identifying relevant stakeholders that can ensure the integration of both commercial and environmental benefits. Consequently, it is essential to unify the interests of the different stakeholder groups to overcome potential conflicts of interest and ensure a holistic approach.

Indholdsfortegnelse

ABSTRACT	2
1. BAGGRUND	7
1.1 Demonstrationsprojekt med forsøgsopdræt af blåmuslinger på Bornholm.....	8
2. INDLEDNING	10
2.1 Østersøens tilstand og relaterede reguleringer	10
2.2 Opdræt af blåmuslinger som miljøforbedrende tiltag	11
2.3 Nature-based Solutions som planlægningsparadigme.....	12
3. PROBLEMFORMULERING & ARBEJDSSPØRGSMÅL	14
3.1 Arbejdsspørgsmål:.....	14
4. TEORETISKE OVERVEJELSER: NATURE-BASED SOLUTIONS (NBS).....	15
5. METODE	19
5.1 Litteratursøgning.....	19
5.2 Uformelle samtaler og møder	19
Møder i SUBMARINER network.....	19
Mailkorrespondance med Musholm	20
Deltagelse ved Dansk bioøkonomikonference & Blue Platform.....	20
Møde med Per Dolmer, Blue Research	20
Møder med Gert Jørgensen fra Bornholms Lakseklækkeri	21
Møde med Bornholms Regionskommune	21
5.3 Interview.....	21
Valg af informanter	22
5.4 Undersøgelser på Bornholm	24
Opsætning hobbyopdræt.....	24
Visuel inspektion af nærområdet.....	25
5.5 Projektdesign	26
6. REGULERING AF MILJØTILSTANDEN I ØSTERSØEN.....	28
6.1 Vandrammedirektivet.....	28
6.1.1 Vandområdedistrikt Bornholm	29

6.2 Danmarks Havstrategi.....	30
7. MILJØEFFEKTER VED OPDRÆT AF BLÅMUSLINGER	33
7.1 Negative miljøeffekter af blåmuslingeproduktion	33
7.2 Parameter der har indflydelse på næringsstofoptag.....	34
8. VIRKEMIDDEL	36
8.1 Reduktionspotentialer	37
9. BLÅMUSLINGERS ANVENDELSESMULIGHEDER	39
9.1 Fødevarer.....	39
9.2 Foder	39
9.3 Andre anvendelsesmuligheder	40
10. SOCIOØKONOMISKE EFFEKTER AF BLÅMUSLINGEPRODUKTION VED BORNHOLM.....	42
11. OPSAMLING: ØKOSYSTEMTJENESTER.....	43
12. TEKNISK ANALYSE AF MULIGHEDEN FOR OPDRÆT AF BLÅMUSLINGER VED BORNHOLM	45
12.1 Hobbyopdræt i Tejn - og Hammerhavn.....	46
12.2 Placering for demonstrationsprojekt.....	48
Faciliteter på land	49
Naturlig bestand af blåmuslinger.....	50
Vandskifte og eksponering ift. strøm og vind.....	51
Dybde	53
Prædation.....	53
Bundforhold	55
Risiko for tungmetaller, opblomstring af giftige alger og uønskede forurenende stoffer.....	56
Aktiviteter, der kan konflikte med dyrkningen	57
12.3 Opsamling	59
12.4 Kendte metoder og dyrkningssystemer	60
12.5 FORESLÅEDE FORSØGSOPDRÆT TILPASSET BORNHOLM	62
12.5.1 Havbaseret forsøgsopdræt	63
Placering	63
Høsttidspunkt.....	64

Forankring	64
12.5.2 Net for svaj.....	64
Teknisk beskrivelse	65
Materialeoversigt og prisestimat	69
Høstmetode	70
Opsamling.....	71
12.5.3 Cirkel for svaj	71
Teknisk beskrivelse	72
Opsamling.....	73
12.5.4 Undersænkede langlinesystem	73
Teknisk beskrivelse	75
Materialeoversigt og prisestimat	79
Høstmetode	79
Opsamling.....	80
12.5.5 Landbaseret forsøgsopdræt	81
Placering	81
Teknisk beskrivelse	83
Materialeoversigt og prisestimat	87
Generelle overvejelser	88
Opsamling.....	89
13. SAMMENLIGNING AF SYSTEMER.....	90
13.1 Estimeret høstudbytte	90
13.2 Estimeret næringsstofreduktion.....	91
13.3 Potentiel indtægt fra høst.....	92
Første scenarie	93
Andet scenarie	93
Tredje scenarie	93
13.4 Pris på anlæg.....	94
13.5 Vurdering af Technology readiness level (TRL)	94
13.6 Opsamling	95
14. ORGANISERINGEN AF DEMONSTRATIONSPROJEKTET	97
14.1 Organisering og formål med blåmuslingeproduktion	97
14.1.1 Kategorisering af blåmuslingeopdræt	98
14.2 Hvilke aktører skal inddrages i demonstrationsprojektet	105
14.2.1 Offentlig myndighed	106
14.2.2 Lokal forankring	109
14.2.3 Tekniske rådgivere og videnskabelig fundering	112
14.2.4 Lokale foreninger og interesseorganisationer	112

14.3 Hvordan skal aktørerne inddrages?	114
14.3.1 Foreslåede organisering og arbejdsgrupper i demonstrationsprojektet	115
14.3.2 Planen.....	118
15. KONKLUSION	120
16. LITTERATURLISTE	122
17. BILAGSOVERSIGT	129

1. Baggrund

I forbindelse med en felttur til Bornholm i efteråret 2019 blev nærværende specialegruppe bekendt med den regionale udfordring med eutrofiering i Østersøen. På baggrund af denne tur ønskede vi at undersøge, hvordan der lokalt på Bornholm kan gøres en indsats for at forbedre miljøtilstanden i havet. Effekten af landbaserede virkemidler, med formålet om at sænke udledningen af næringsstoffer til havmiljøet, har lange udsigter i Østersøen på grund af vandets lange opholdstid. Derfor valgte vi at fokusere på opdræt af blåmuslinger, der kan optage næringsstoffer fra recipienten, ved at filtrere vandet for fytoplankton, og dermed reducere den belastningen af næringsstoffer, som allerede er udledt i vandmiljøet. Vi fandt det endvidere interessant at undersøge blåmuslingeproduktion, da høsten kan anvendes til human konsum eller potentielt som foderprodukt lokalt på Bornholm, og dermed kombinere et miljøforbedrende tiltag med en potentiel indtægt.

I forbindelse med undersøgelse af ovenstående problemstilling deltog vi i Coastal Biogas Konference på Roskilde Universitet d. 13. november 2019. Her blev vi introduceret til EU projektet SUBMARINER Network, der arbejder med udviklingen af bæredygtig anvendelse af Østersøens ressourcer, herunder opdræt af blåmuslinger i den centrale og østlige del af havområdet. Vi blev inviteret til at deltage i deres Mussel Working Group, hvor der deles erfaringer og resultater blandt aktører indenfor feltet.

Med vores undersøgelse og deltagelse i SUBMARINER Networks Mussel Working Group erfarede vi, at saliniteten i Østersøen omkring Bornholm er lav, hvilket påvirker blåmuslingernes vækst og gør, at de bliver relativt små. Dette betragtes generelt som en udfordring med henblik på anvendelsen af blåmuslinger, da størrelsen har betydning for, om muslingerne kan sælges til human konsum. Der er derfor igangsat flere projekter under både SUBMARINER Network og nationalt i DTU-projektet MuMipro, hvor der forskes i forskellige andre anvendelsesmuligheder af de mindre blåmuslinger. Blåmuslinger dyrkes endvidere normalt i fjerne eller bugter, der er beskyttet for eksponering af vind og strøm, og de hårde vejrforhold omkring Bornholm udgør dermed en yderligere udfordring. Igennem SUBMARINER Network er vi dog blevet bekendt med, at disse udfordringer ikke nødvendigvis betyder, at blåmuslingeproduktion i Østersøen skal udelukkes som virkemiddel mod eutrofiering i det kystnære hav, og der er mange muligheder for at udvikle opdræt tilpasset de særlige forhold. Da det i højere grad er mængden end størrelsen af blåmuslingerne, som har betydning for, hvor mange næringsstoffer, der kan fjernes fra havmiljøet, vil de små muslinger derfor potentielt stadig have en miljøforbedrende effekt.

Vi har med udgangspunkt i ovenstående ønsket at undersøge muligheden for at producere blåmuslinger i de særlige forhold omkring Bornholm, og dermed medvirke til at udvide den traditionelle forestilling af, hvordan og hvor blåmuslinger kan dyrkes. På grund af de nævnte udfordringer ved at dyrke muslinger i Østersøen, har vi valgt at foretage en undersøgelse forud for en potentiel etablering af en blåmuslingeproduktion ved Bornholm. Denne undersøgelse skal fungere som et demonstrationsprojekt, ved at opsætte forsøgsopdræt for at afdække mulighederne for at udforme nye dyrkningsmetoder tilpasset de lokale forhold. Vi har samarbejdet med ivandet, der er en socialøkonomisk virksomhed på Bornholm, som laver formidlingsaktiviteter relateret til Østersøens miljøtilstand og biologiske forhold. To af specialegruppens medlemmer var i praktik ved ivandet i efteråret 2020, hvor en del af praktikforløbet var at begynde forberedelserne af et demonstrationsprojekt med blåmuslinger, som er udgangspunktet for nærværende speciale. Vi arbejder videre med konklusionerne fra praktikrapporten, og inddrager flere af de informanter, som vi er blevet bekendte med i forbindelse med det tidligere arbejde.

Vi har valgt at arbejde med det samme genstandsfelt gennem hele kandidatuddannelsen, hvilket har givet en dybdegående forståelse af de udfordringer og potentialer, som er forbundet med at etablere et opdræt af blåmuslinger ved Bornholm. Sideløbende har vi arbejdet med etableringen af projektet i praksis, hvilket vi ønsker at fortsætte med efter endt studie som projektkoordinatorer i demonstrationsprojektet. Vi er således selv involveret som aktører i udviklingen af demonstrationsprojektet, hvilket har gjort det muligt at komme i forbindelse med centrale aktører, og flere af vores informanter er også samarbejdspartnere i projektet.

1.1 Demonstrationsprojekt med forsøgsopdræt af blåmuslinger på Bornholm

Formålet med demonstrationsprojektet er at teste, hvordan det kan blive muligt at producere blåmuslinger omkring Bornholm ved at konstruere og etablere fire forskellige forsøgsopdræt. Demonstrationsprojektet omfatter alle aktiviteter i relation til planlægning, etablering og drift af forsøgsopdrættene, hvor forsøgsopdræt refererer til selve anlæggene.

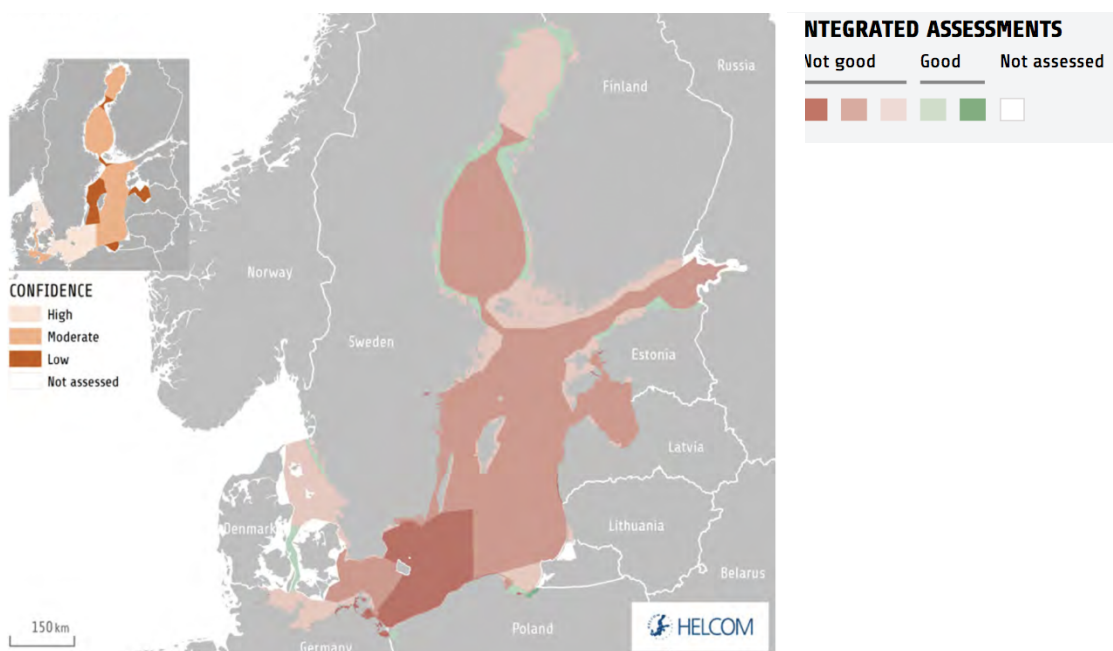
Da opdræt af muslinger er uprøvet på Bornholm, skal demonstrationsprojektet blandt andet fungere som en forundersøgelse af de biologiske og kemiske forhold i området med det formål at afdække anvendelsesmulighederne efter høst. Demonstrationsprojektet skal endvidere bidrage til at vurdere den miljøforbedrende effekt, herunder optag af næringsstoffer og generel påvirkning af økosystemet i området for opdrættet. Målet med demonstrationsprojektet er at undersøge, hvordan kommercielle interesser og miljøforbedrende tiltag kan ske i forbindelse

med hinanden, og potentielt tiltrække aktører til at drive en miljøforbedrende blåmuslingeproduktion ved Bornholm i fremtiden. I foråret 2021 har vi igennem ivandet anmodet om midler fra Bornholms Regionskommunes Grøn Tilskudspulje til at igangsætte en forundersøgelse, der skal udvikle et system tilpasset de bornholmske forhold.

2. Indledning

2.1 Østersøens tilstand og relaterede reguleringer

Tilførslen af store mængder kvælstof og fosfor, der primært stammer fra landbrugsaktiviteter og spildevand fra byområder, understøtter en massiv algeopblomstring og forårsager eutrofiering i Østersøen (Kotta et al., 2019). En effekt af eutrofiering er øget algevækst, som kan føre til iltsvind og dårlige lysforhold i vandet, og dermed forringe forholdene for bundlevende planter, fisk og andre dyr (Europa Kommissionen, 2009; Kotta et al., 2019), som også leder til sociale og økonomiske konsekvenser for de omkringliggende lande (Den Europæiske Revisionsret, 2016). Det estimeres, at de negative konsekvenser af eutrofieringen har ført til et årligt værditab på op imod 32 milliarder DKK for landene i Østersøregionen (HELCOM, 2018a). Østersøen er et af de mest eutrofierede have i verden (Den Europæiske Revisionsret, 2016; Schultz-Zehden et al., 2019), hvor hele 97 procent af havområdet er eutrofieret (HELCOM, 2018a). Da Østersøen er et tillukket hav, og der er lav udskiftning i vandet, er det sårbart over for den massive tilførsel af kvælstof og fosfor (ibid.). Derudover grænser ni forskellige lande ud til Østersøen, herunder også Rusland, som ikke er med i EU, hvilket gør reguleringen kompleks og udfordrende (HELCOM, 2018a; Den Europæiske Revisionsret, 2016).



Figur 1: Status for eutrofiering i Østersøen, som illustrerer omfanget af udfordringerne (HELCOM, 2018a: 47, Figur 4.1.6a).

Inden for EU er der en række forskellige reguleringer, der sigter mod at reducere næringsstofbelastningen til havmiljøet som et middel til at forbedre vandkvaliteten, hvor Vandrammedirektivet og Havstrategirammedirektivet er de mest fremtrædende bindende direktiver (Schultz-Zehden et al., 2019). EU's Vandrammedirektiv fastlægger rammerne for beskyttelsen af vandløb og søer, kystvande og grundvand i alle EU-lande, og skal blandt andet bidrage til at opfylde målene fra relevante internationale aftaler, herunder om beskyttelse af havmiljøet (Miljøministeriet, u.å.). Vandrammedirektivet fastsætter en række miljømål for at nå god økologisk status, herunder mål for næringsstoffer og klorofyl-a koncentrationer (Petersen et al., 2018).

På regionalt plan har HELCOM¹ udarbejdet en handlingsplan, for at genoprette den gode miljøstatus i Østersøen (HELCOM, 2018a).

På trods af de internationalt aftalte miljømål, og de dertil landbaserede foranstaltninger, som tilsigter at reducere næringsstofbelastningen til havmiljøet, er der fortsat store problemer med eutrofiering i Østersøen, og der er langt mellem den aktuelle vandkvalitet status og de mål, som er fastsat i vandrammedirektivet (Den Europæiske Revisionsret, 2016; Filippelli et al., 2020; Kotta et al., 2019; Schultz-Zehden et al., 2019; Holbach et al., 2020).

Havområdet omkring Bornholm er fokus for dette speciale, og ifølge vandområdeplanen for vanddistrikt Bornholm er miljømålet for den økologiske tilstand, der er fastsat i vandrammedirektivet, ikke opfyldt (Miljø - og Fødevarerministeriet, 2016). Den ringe økologiske tilstand i Østersøen medfører blandt andet store konsekvenser for fiskeriet (HELCOM, 2018a), der historisk har været et af de største erhverv på Bornholm, men som siden 80'erne har været i stor nedgang fiskeriet (Hedetoft, 2017).

2.2 Opdræt af blåmuslinger som miljøforbedrende tiltag

Opdræt af blåmuslinger er foreslået som en foranstaltning for at afhjælpe eutrofiering i Østersøen (Kotta et al., 2019; Schultz-Zehden et al., 2019; Petersen et al., 2018), og vil derfor potentielt kunne imødekomme flere samfundsmæssige udfordringer, og bidrage til at nå de vedtagne miljømål i EU's reguleringer. Uorganiske næringsstoffer, der tilføres havmiljøet, bliver optaget af fytoplankton (Petersen et al., 2018). Muslinger optager næringsstoffer ved at filtrere vandet for fytoplankton, og kan dermed bidrage til at nedbringe mængden i vandet (ibid.). Når muslingerne renses vandet for partikulært materiale, bliver vandet klarere og sigtdybden øges, hvilket er

¹The Baltic Marine Environment Protection Commission (Helsinki Commission - HELCOM) (HELCOM, 2018a).

afgørende for ålegræssets muligheder for udbredelse (Miljø - og Fødevarerministeriet, 2016) og vil have en positiv indvirkning på udbredelsen af fiskebestande (Heckwolf et al., 2021).

Den miljøforbedrende effekt af muslingerne afhænger i høj grad af lokale forhold (Holbach et al., 2020), hvilket skal tages i betragtning i planlægningen af nye opdræt. Dyrkning af blåmuslinger nær Bornholm kan være udfordrende på grund af eksponerede kyster uden bugter og fjorde, som kan påvirke opdrættet negativt. Der kan ske store tab af biomasse og forekomme væsentlige omkostninger ved vedligehold af blåmuslinge anlæg i et eksponeret område (Bruhn et al., 2020). Derudover er saliniteten i havområdet omkring Bornholm lavere end i de områder, hvor der traditionelt dyrkes blåmuslinger, som eksempelvis i Limfjorden (Madsen, 2008). Dette medvirker til, at blåmuslinger dyrket nær Bornholm vil have en langsommere vækscyklus, og størrelsen på dem vil være mindre (Buer et al., 2020a). Der er altså en del udfordringer ved at etablere en blåmuslinge produktion ved Bornholm. Det er derfor nødvendigt fortsat at eksperimentere med produktionssystemerne, for at kunne tilpasse dem til de lokale forhold, og vi mener, at opdræt i første omgang bør opsættes på forsøgsniveau, for at undersøge dets effekter og komme potentielle udfordringer i forkøbet.

2.3 Nature-based Solutions som planlægningsparadigme

Nature-based Solutions (NbS) er en tilgang til planlægning af anlægsprojekter, hvor naturens egenskaber bruges til at håndtere miljø- og klimaproblematikker gennem beskyttelse, restaurering eller forvaltning af økosystemer (Cohen-Shacham et al., 2019). Udvikling af NbS til at fremme god økologisk tilstand i marine vandområder står højt på den politiske dagsorden i EU (Bruhn et al., 2020). Dyrkning af blåmuslinger kan betragtes som en målrettet forvaltning af naturen, hvor elementer i økosystemet bruges aktivt til at præge en udvikling mod en bedre tilstand i havmiljøet.

Der kan imidlertid forekomme en række udfordringer ved at opdrætte blåmuslinger, da deres levevilkår og deres påvirkning på økosystemet afhænger af mange forskellige forhold. Produktion af blåmuslinger kan medføre en koncentreret næringsstofberigelse lokalt under opdrættet, og dermed en øget sedimentation som følge af muslingernes fækalier (Bruhn et al. 2020; Kotta et al, 2019). Potentielt kan produktion af blåmuslinger dermed have negative effekter på havbunden og økosystemet, såfremt der i planlægningen og placeringen ikke tages højde for dette (Bruhn et al., 2020). Etablering af nye muslinge anlæg vil endvidere potentielt kunne være i konflikt med anden anvendelse af de marine områder, f.eks. fiskeri, fritidssejlsads eller sommerhus- og badevandsområder (ibid.). Ved en helhedsorienteret planlægning af nye opdræt

kan konflikter med andre anvendelser undgås (Kotta et al., 2019). Det er således afgørende, at der i planlægningen af nye opdræt tages højde for de potentielle udfordringer, som kan forekomme ved at producere blåmuslinger, hvilket NbS som paradigme kan medvirke til.

For at tilpasse et muslingeopdræt de lokale forhold på Bornholm således, at det potentielt kan have en miljøforbedrende effekt samtidig med at socioøkonomiske effekter inddrages, vil vi i nærværende speciale undersøge, hvordan planlægningen af et demonstrationsprojekt kan håndtere de udfordringer, der kan forekomme i etableringen af et opdræt med blåmuslinger omkring Bornholm. Det leder til følgende problemstilling:

3. Problemformulering & arbejdsspørgsmål

Hvordan planlægges et bornholmsk demonstrationsprojekt med opdræt af blåmuslinger, hvor formålet er at vurdere muligheden for at etablere et opdræt, som har miljøforbedrende effekter og kommercielle perspektiver?

3.1 Arbejdsspørgsmål:

- *Hvilke internationale og nationale lovgivninger er relevante med henblik på regulering af miljøtilstanden i havområdet omkring Bornholm?*

Vi vil undersøge den internationale og nationale regulering af miljøtilstanden i havet med særlig fokus på havområdet omkring Bornholm. Dette skal klargøre havets tilstand og de igangværende indsatsområder. Yderligere vil vi afdække, hvordan opdræt af blåmuslinger kan fungere som miljøforbedrende tiltag.

- *Hvordan kan opdræt med blåmuslinger tilpasses de lokale forhold på Bornholm?*

Der er en række udfordringer ved at producere blåmuslinger i det eksponerede område omkring Bornholm, og vi vil derfor undersøge forskellige forsøgsopdræt tilpasset de lokale forhold. Vi vil benytte NbS som tilgang i udviklingen af forsøgsopdrættene, og inddrage lokale aktører med relevante kompetencer og viden.

- *Hvilke aktører og interessenter er relevante at inddrage i demonstrationsprojektet?*

Ud fra vores teoretiske tilgang, Nature based Solutions, og empiriske undersøgelser, vil vi identificere, hvilke aktører, som besidder relevante kompetencer, der er nødvendige at inddrage i demonstrationsprojektet.

- *Hvilken form for organiseringen kan understøtte en helhedsorienteret planlægning af demonstrationsprojektet?*

Vi vil undersøge, hvordan de involverede aktører kan organiseres i demonstrationsprojektet, blandt andet med henblik på at undgå potentielle interessekonflikter.

4. Teoretiske overvejelser: Nature-based Solutions (NbS)

Formålet med følgende afsnit er kort at gennemgå, hvilke definitioner af NbS vi anvender i specialet. Endvidere vil vi klargøre, hvorfor vi mener, at netop denne tilgang er relevant med henblik på planlægningen af bornholmske forsøgsopdræt med blåmuslinger, samt hvordan vi vil bruge tilgangen i nærværende speciale. NbS tilgangen vil yderligere blive operationaliseret i afsnit 12 og 14.

NbS er ifølge IUCN² en tilgang, til at løse eller adressere nogle af de samfunds- og miljømæssige udfordringer vi står overfor gennem beskyttelse, bæredygtig forvaltning og restaurering af naturlige eller modificerede økosystemer (Cohen-Shacham et al, 2016). Europa Kommissionen (2018) definerer NbS som handlinger eller løsninger, der er understøttet- og inspireret af naturen, som er omkostningseffektive samtidig med, at de bidrager til at skabe miljømæssige, sociale og økonomiske fordele og øget resiliens. Dette skal ske gennem lokal tilpasning, ressourceeffektivisering og systemisk indgriben (ibid.).

NbS bygger videre på, og understøtter andre begreber indenfor naturforvaltning såsom økosystemtjenester (Europa Kommissionen, 2015). FN's Millennium Ecosystem Assessment definerer økosystemtjenester som de fordele mennesker udleder fra økosystemer, hvilket omfatter leveringen af kulturelle tjenester, regulerende tjenester og produktions tjenester (Millennium Ecosystem Assessment, 2015).

NbS kan betragtes som et paraplykoncept, der dækker en række forskellige tilgange, der har et fælles fokus på at fremme leveringen af økosystemtjenester (Cohen-Shacham et al, 2016).

NbS anskuer ikke kun mennesker som passive modtagere af naturens fordele, men forsøger at promovere en aktiv beskyttelse eller gendannelse af naturlige økosystemer, som et målrettet og betydningsfuldt bidrag til håndtering af samfundsmæssige udfordringer (ibid.).

Restaurering og udplantning af mangroveskov i det nordlige Brasilien er et eksempel på NbS. Her fokuseres på de flersidede fordele eller økosystemtjenester, som beplantning af mangroveskov kan bidrage med, hvor naturens egenskaber bruges aktivt i løsningen af klima- og miljøproblematikker (Mak et al., 2019). Mangroveskove lagrer CO₂, øger sigtbarheden i vandet og biodiversitet på land og vand, samt sænker risiko for erosion og oversvømmelser (Bollini et al., 2019). Derudover kan der i sammenhæng med restaurering af mangroveskov skabes andre

² International Union for Conservation of Nature (IUCN) er en international uafhængig organisation der arbejder for at frede, genoprette og beskytte natur med formålet om at øge biodiversitet (IUCN, u.å)

socioøkonomiske fordele gennem øget turismeaktiviteter og forbedrede muligheder for fiskeri i området (ibid.).

I forlængelse af IUCNs definition af NbS har IUCN formuleret 8 principper med det formål at fastsætte overordnede rammer for en ensartet forståelse af NbS tiltag, og for at muliggøre en operationalisering af tilgangen (Cohen-Shacham et al., 2019). Mange af principperne hænger sammen, og kan i nogle tilfælde være indbyrdes afhængige. De 8 principper er følgende (ibid.):

Princip 1: *Naturbeskyttelse*

NbS er ikke en erstatning for naturbeskyttelse, men anerkender normer og principper indenfor forvaltning og beskyttelse af naturen. Samtidig er det ikke alt naturbeskyttelse, der nødvendigvis skal betragtes som NbS.

Princip 2: *Synergier*

NbS kan blive implementeret alene eller i sammenhæng med andre tiltag, der forsøger at håndtere samfundsmæssige udfordringer. Dette princip kræver politisk sammenhæng og er således knyttet til princip 8.

Princip 3: *Lokal kontekst*

Den valgte løsning skal tage højde for den lokale natur og kultur, og inddrage viden fra lokalsamfundet i implementeringen.

Princip 4: *Gennemsigtighed og involvering*

Planlægningen og implementeringen af NbS skal inddrage relevante og berørte aktører og interessenter.

Princip 5: *Diversitet og udvikling over tid*

NbS skal vedligeholde den naturlige og kulturelle diversitet af det lokale økosystem, og sikre at økosystemet fortsat kan udvikle sig over tid og blive mere resilient.

Princip 6: *Landskabs skala*

NbS spreder sig ofte over større områder, og interagerer med mange forskellige produktions- og økosystemer. Selvom NbS implementeres på lokalt niveau (princip 3), er det vigtigt at overveje den bredere kontekst og sigte på at opskalere, hvor det er relevant.

Princip 7: *Afvejninger*

I planlægningen og implementeringen af NbS, er det vigtigt at tage højde for de afledte effekter

og tackle afvejningen mellem nuværende og fremtidige fordele. Det er således afgørende at identificere interessekonflikter og forhandle kompromiser

Princip 8: *Politisk integration*

For at NbS-tiltag kan opnå bred indflydelse, er det vigtigt at sikre, at de ikke kun gennemføres i praksis, men også er en integreret del af politikken på området.

IUCN's otte principper indebærer værktøjer til en helhedsorienteret planlægning og implementering af løsninger, som vi vil forsøge at integrere i planlægningsprocessen af demonstrationsprojektet.

Europa Kommissionens definition af NbS har fokus på, at handlingerne eller løsningerne også skal medføre økonomiske fordele. At skabe økonomiske fordele er ikke en del af IUCN's definition eller principper, men vi vurderer, at det vil være vigtigt at medtage i planlægningen, da det vil være afgørende for en langvarig implementering og opskalering af NbS, og kan medvirke til at engagere et bredere udsnit af aktører. Derfor vil vi inkludere økonomiske fordele på lige fod med de andre principper.

Terminologien omkring 'solutions' kan føre til en antagelse om, at problemer og behov er klart definerede, og at de involverede aktører er enige (Nesshöver et al., 2017). Spørgsmål omkring NbS er imidlertid mere komplekse, da det involverer mange forskellige aktører, som kan have modstridende interesser og synspunkter i forhold til de problemstillinger, der skal løses. NbS involverer eksempelvis beslutninger omkring omkostninger, placering, ledelse og skala, hvor der kan være forskellige prioriteter. Ligeledes kan valget af målbare succeskriterier for de økologiske, sociale og økonomiske effekter vurderes forskelligt afhængig af interessentperspektivet (ibid.). Det kan derfor være afgørende at udvikle en fælles forståelse af de tilgængelige muligheder, deres relative omkostninger samt de sociale og miljømæssige effekter (ibid.).

NbS er både en definition af en bestemt form for løsninger, men også en tilgang og et værktøj med henblik på planlægning og implementering af disse løsninger (Hawxwell et al., 2019). Vi vil anvende NbS med det formål, at demonstrationsprojektet skal baseres på overordnede definitioner og principper således, at det kan betragtes som en NbS. Uden klare principper og standarder kan tiltag, der gennemføres for at forbedre økosystemer have utilsigtede konsekvenser. NbS grundprincipperne bruges som et metodisk princip til udviklingen af forsøgsopdrættene, hvor vi særlig lægger vægt på integreringen af princip 3 og 5, der skal medvirke til undgå, at opdræt af blåmuslinger på Bornholm medfører negative miljømæssige eller kulturelle effekter. Vi vil endvidere med udgangspunkt i NbS princip 4, 7 og 8 identificere, hvilke

aktører der er relevante at inddrage, og forsøge at afdække de forskellige aktørers prioriteter og sikre, at der bliver defineret et fælles formål med demonstrationsprojektet.

5. Metode

Vi vil i følgende afsnit redegøre for de metodiske valg, der ligger til grund for vores analyse. Vi har indsamlet en stor del af vores baggrundsviden gennem litteratursøgning, og vi vil i følgende beskrive denne proces, og hvilke overvejelser vi har haft i den forbindelse.

Vores empiri består af kvalitative interviews, og vi vil derfor præsentere vores informanter og beskrive, hvordan vi vil anvende interviewundersøgelserne i analysen. Desuden har vi deltaget ved forskellige møder, og har haft uformelle samtaler, som er anvendt som empiri. Vi har endvidere foretaget forskellige undersøgelser på Bornholm, som har medvirket til baggrund for dele af analysen, hvilket vil blive beskrevet nærmere sidst i nærværende afsnit.

5.1 Litteratursøgning

Gennem litteratursøgning har vi forsøgt at afdække eksisterende viden og forskning omkring opdræt af blåmuslinger og deres anvendelsesmuligheder. DTU Aqua er den mest dominerende udgiver i Danmark, og der er generelt mange artikler, der har samme forfattere og henviser til hinanden i litteraturen. Vi har derfor forsøgt at minimere bias i litteratursøgningen ved at forsøge at benytte et bredt udsnit af kilder og søge forskellige udgivere. Størstedelen af de eksisterende studier foretaget i Danmark er baseret på produktion af blåmuslinger i Limfjorden, og da forholdene er anderledes i Østersøen, har vi været opmærksomme på, at resultaterne ikke nødvendigvis kan overføres direkte. Vi har derfor inddraget litteratur, som tager udgangspunkt i muslingeopdræt i Østersøen under forhold, der er mere sammenlignelig med Bornholm. Endvidere har vi primært søgt litterære artikler vedrørende fra 2018 eller nyere. Vi har systematiseret litteraturen ved at markere tekstpassager og citater, som vi herefter har inddelt i kategorier, for at kunne sammenholde konklusioner fra forskellig litteratur mod hinanden. Kategorierne for systematiseringen af litteraturen var følgende: *reguleringer, økosystemtjenester, reduktionspotentiale, monitorering af miljøeffekter, økonomi og dyrkning*. Vi har valgt netop disse kategorier, da disse er centrale med henblik på blåmuslingeproduktion.

5.2 Uformelle samtaler og møder

Møder i SUBMARINER network

SUBMARINER Network udspringer af et EU Interreg projekt ved navn SUBMARINER Project, og er et selvstændigt netværk af aktører inden for udvikling af blå bioøkonomi og forbedring af miljøtilstanden i Østersøen. Som nævnt i afsnit 1 er vi en del af SUBMARINER Networks's Mussel Working Group, hvor der deles erfaringer og resultater blandt aktører indenfor feltet. Vi har

deltaget ved tre netværksmøder i Mussel Working Group, hvor vi er blevet bekendt med aktører og ny forskning inden for området. Møderne har fungeret ved, at de inviterede deltagere har præsenteret deres arbejde, efterfulgt af sparring med de øvrige deltagere. Vi har haft mulighed for at præsentere vores ideer om etablering af blåmuslingeproduktion ved Bornholm og modtaget feedback, og vores deltagelse har medvirket til at skabe kontakt til relevante aktører.

Blue Baltic Growth er et projekt under SUBMARINER Network, der var i gang fra 2015-2019, hvor formålet var at udvikle muslingeproduktion i Østersøen, med henblik på at reducere næringsstofbelastningen. Samtidig undersøgte projektet mulighederne for at anvende muslingerne kommercielt til foderprodukt. Flere af de muslingeproduktioner som vi har brugt som inspiration og erfaringsgrundlag, var en del af Blue Baltic Growth projektet, herunder opdrættene i Skt. Anna, Kiel, Musholm og Hagby.

Mailkorrespondance med Musholm

Musholm opdrætter muslinger i Storebælt, og har medvirket i det førnævnte udviklingsprojekt Baltic Blue Growth. Muslingerne opdrættes til de er omkring 1 cm, hvorefter de flyttes til Limfjorden, hvor de vokser til en størrelse, der kan sælges som fødevarer. Musholm har desuden et havbrug, og de har tidligere opdrættet blåmuslinger i tilknytning til havbruget som kompensation for de udledte næringsstoffer fra produktionen. Interviewet blev udført over mail, hvor Musholm som virksomhed er afsender, og findes i bilag 4.1 Formålet var at få indblik i erfaringerne med at dyrke muslinger på åbent hav, og hvilke fremtidige perspektiver Musholm har i forhold til blåmuslingernes anvendelsesmuligheder.

Deltagelse ved Dansk bioøkonomikonference & Blue Platform

Vi deltog d. 28.04.2021 i et webinar arrangeret af brancheorganisationen Food & Bio Cluster, hvor formålet var at samle aktører og dele viden om arbejdet med udviklingen af bæredygtig akvakultur. Webinaret medvirkede som inspiration til, hvordan forskellige aktører som eksempelvis kommuner, forskere og private aktører arbejder med udviklingen af bæredygtig akvakultur. Blandt oplægsholderne var Annette Bruhn, seniorforsker ved Institut for Bioscience ved Aarhus Universitet, der fortalte om brugen af marine virkemidler i forbindelse med planlægningen af 3. generations vandområdeplaner. Vi har efterfølgende kontaktet Annette Bruhn for at få lov til at benytte udsagn og pointer fra oplægget, og mailkorrespondancen kan findes i bilag 4.2.

Møde med Per Dolmer, Blue Research

Per Dolmer er selvstændigt konsulent i Blue Research, hvor han rådgiver i udvikling af bæredygtig akvakultur, herunder blåmuslingeproduktion. Han er uddannet marinbiolog, og har i

en lang årrække beskæftiget sig med udvikling af og forskning inden for blåmuslingeproduktion. Ved møde d. 22.02. 2021 talte vi med Per Dolmer, om etableringen af blåmuslingeproduktion ved Bornholm, hvor han kom med ideer og sparring ift. udformningen til forsøgsopdrættene. Mødereferatet findes i bilag 4.3.

Møder med Gert Jørgensen fra Bornholms Lakseklækkeri

Bornholms Lakseklækkeri var oprindeligt et lakseyngelopdræt, men efter 2011 blev det omdannet til at facilitere forsknings -og udviklingsprojekter indenfor akvakultur, som eksempelvis omhandler sygdomsbekæmpelse og foderoptimering i havbrug, samt produktion- og udsætning af torske- og pighvaryngel i Østersøen. Vi har afholdt en række møder med Gert Jørgensen, som er daglig leder for Bornholms Lakseklækkeri, hvor vi har fået indsigt i deres arbejde og faciliteter, hvilket er sammenfattet i bilag 4.4.

Møde med Bornholms Regionskommune

D. 11.01.2021 afholdte vi et møde med repræsentanter fra Bornholms Regionskommune (BRK), hvor blandt andet centerchef for Natur, Miljø og Fritid, Louise Lyng Bojesen deltog. Formålet med mødet var at præsentere vores igangværende forundersøgelser til udviklingen af demonstrationsprojektet over for relevante aktører i kommunen, da vi anser BRK som en potentiel partner i projektet. Endvidere ønskede vi at høre BRK's generelle holdning til en potentiel fremtidig blåmuslingeproduktion på Bornholm. Mødereferatet findes i bilag 4.5.

5.3 Interview

Som empirisk grundlag har vi valgt at udføre interviews til både den tekniske udvikling af demonstrationsprojektet, og i forbindelse med involveringen af aktører i planlægningsprocessen. Vi har udvalgt informanter, som har erfaringer med at producere blåmuslinger under sammenlignelige forhold, eller besidder en form for viden, der kan bidrage til den tekniske udvikling af dyrkningssystemerne. Endvidere har vi udvalgt informanter, som kan give indsigt i, hvordan lokale aktører kan deltage i demonstrationsprojektet. Vi har således forsøgt at indsamle empiri, der understøtter både den tekniske og den organisatoriske udførelse af demonstrationsprojektet.

Interviewene har i overvejende grad været semistrukturerede, hvor vi har benyttet en interviewguide, som har indeholdt en række spørgsmål. Vi har udarbejdet interviewguides specifikt til hver informant (se bilag 1), da formålene med interviewene har været forskellige. Strukturen har ikke været fast, da spørgsmålenes rækkefølge har varieret, og der er blevet stillet

uddybende spørgsmål undervejs. Interviewene er efterfølgende blevet transskriberet, og kan findes i bilag 2.

For at fastslå validiteten af interview resultaterne, og dermed sikre at observationerne afspejler de fænomener, der analyseres, sammenholder vi interviewene mod teoretisk tilegnet viden.

Valg af informanter

Vi har inddelt informanterne i forskellige kategorier ud fra, hvad formålet med interviewundersøgelserne har været. Først vil vi præsentere informanter, som har givet indsigt i deres erfaringer med opdræt af blåmuslinger. Dernæst vil vi præsentere informanter, der har medvirket til at få en forståelse for, hvordan lokale aktører kan deltage i demonstrationsprojektet. Til sidst vil vi præsentere informanter, som skal bidrage til den tekniske udvikling af dyrkningssystemerne.

Følgende informanter er valgt på baggrund af deres erfaringer med opdræt af blåmuslinger:

Mads Fjeldsø Christensen: Biolog og projektleder på 'Projekt Sund Vejle Fjord'.

I 2020 igangsatte Vejle Kommune projektet 'Sund Vejle Fjord', der har til formål at forbedre Vejle Fjords økologiske tilstand. Indsatsen er målrettet konkrete naturgenopretnings tiltag, som skal medvirke til at reetablere fjorden ved at genskabe ålegræsbede, reetablere muslingebanker og stenrev samt at opfiske krabber. Vi interviewede projektleder Mads Fjeldsø Christensen, for at få indsigt i organiseringen af projektet, samt hvilke aktører og interessenter der medvirker i projektet.

Mads Hecter: Ejer af Kerteminde muslinger.

Mads Hecter dyrker økologiske blåmuslinger i Kerteminde Bugt. Kerteminde Bugt ligger ud til Storebælt, hvor vækstbetingelser gør, at muslingerne vokser langsommere end i f.eks. Limfjorden, hvilket gør denne placering af opdræt mere sammenlignelig med Bornholm. Mads Hecter er medlem af SUBMARINER Networks Mussel Working Group. Hensigten med interviewet var at få indsigt i erfaringer med driften og produktionen, samt hvilke overvejelser der gik forud for valget af dyrkningsteknologi og placering.

Tim Staufenberg: Ejer af Kiel Meeresfarm.

Tim Staufenberg er ph.d. i marinbiologi, og er en af tre ejere af et muslingeopdræt i Kiel Bugten i Tyskland, der er beliggende i Østersøen. Formålet med interviewet har været, at få indblik i erfaringer fra et opdræt placeret i Østersøen, hvor de biologiske forhold er sammenlignelige med

Bornholm. Produktionen startede ud som et støttet projekt, som tilsigtede at dyrke muslinger på en måde, der ikke har en negativ påvirkning på det lokale miljø. Muslingerne bliver solgt til lokale kunder og restauranter. Opdrættet har desuden medvirket i forskellige projekter, bl.a. Baltic Blue Growth. Tim Staufenberger er ligeledes en del af SUBMARINER Networks Mussel Working Group.

Kristian Borbjerggaard: Ejer af Venø Seafood.

Kristian Borbjerggaard er autodidakt indenfor akvakultur og ejer af Venø Seafood. Venø Seafood opbevarer primært østers, men også andre skaldyr opfisket fra Limfjorden på land, hvor de renses og pakkes til salg. Kristian Borbjerggaard forsøger desuden at øge bestanden af limfjordsøsters ved at opdrætte østers på land, der efter kort tid bliver sat ud. Formålet med interviewet og besøget hos Venø Seafood var at få indblik i de tekniske aspekter af et landbaseret dyrkningssystem.

Følgende informanter har bidraget med indsigt i, hvordan lokale aktører kan indgå i projektet:

Anna Sofie Poulsen & Christian Prip: næstforperson og forperson for bestyrelsen i Danmarks Naturfredningsforening (DN) Bornholm.

Anna Sofie Poulsen og Christian Prip er begge jurister og henholdsvis næstforperson og forperson i bestyrelsen i DN Bornholm. Formålet med interviewet har været at få indblik i, hvordan DN Bornholm indgår i projekter, og hvilke muligheder de har for indflydelse på naturplanlægning. Endvidere var formålet at undersøge, hvordan DN betragter de eksisterende indsatser i forhold til vandområdeplanerne på Bornholm.

Søren Møller Christensen: Leder af Udvikling og Plan hos Bornholms Regionskommune (BRK).

Hensigten med interviewet var at få indsigt i BRKs involvering i udviklingsprojekter, hvor vi gerne ville undersøge, hvordan en kommune kan indgå i et offentlig-privat samarbejde. Endvidere var formålet at undersøge, hvordan en kommune helt generelt kan indgå i projekter med erhvervslivet.

Følgende informanter har bidraget til den tekniske udvikling af forsøgsopdrættene:

Klaus Hjorth Hansen: Direktør for Nexø Vodbinderi.

Klaus Hjorth Hansen har fisket omkring Bornholm det meste af sit liv, og driver nu en række virksomheder heriblandt Nexø Vodbinderi i Nexø Havn. Endvidere har han været en del af ejerkredsen af Bornholms havbrug, der er stiftet af blandt andet Musholm A/S. Vi har i forbindelse

med sidste semesters praktikrapport samarbejdet med Klaus Hjorth Hansen om at udvikle forsøgsopdræt. Formålet med interviewet har været at videreudvikle forsøgsopdrættene, hvor vi vil benytte hans lokale kendskab til det maritime erhverv, herunder havbrug og fiskeri. Under interviewet medvirkede Karsten Holm, som er tidligere erhvervsfisker på Bornholm.

Peter Birk: Pumpeingeniør.

Peter Birk er pumpeingeniør, og er direktør af Scanregn, som laver vandingssystemer til landbrugsproduktion. Formålet med interviewet har været at inddrage ekspertviden omkring den tekniske udvikling af et landbaseret dyrkningssystem, og hvilke potentielle udfordringer og muligheder, der er i den forbindelse. Forud for besøget ved Venø Seafood, havde Peter Birk formuleret nogle spørgsmål for os omkring det landbaserede system.

5.4 Undersøgelser på Bornholm

Vi har foretaget forskellige undersøgelser under flere besøg på Bornholm. Resultaterne af vores undersøgelser er benyttet i forhold til valget af placering - og i udviklingen af forsøgsopdrættene. Som en del af praktikforløbet har vi opsat hobbyopdræt³ med blåmuslinger ved to havne på Bornholm, som vi løbende har tilsat. Derudover har vi i forbindelse med nærværende projekt været på Bornholm og undersøgt nærområdet for en mulig placering af forsøgsopdrættene.

Opsætning hobbyopdræt

I forbindelse med praktikforløbet ved ivandet opsatte vi i juni 2020 to hobbyopdræt i Tejn- og Hammer Havn. Opdræt af muslinger er ikke tidligere afprøvet på Bornholm, og derfor ville vi sætte mindre ressourcekrævende systemer op forud for at afprøve et stort og omkostningstungt system. Systemerne var simple langlinesystemer, hvor et reb var udspændt mellem opdriftsbøjer, og forankret med cementspande. Fra det tværgående reb, hang et bændel⁴ i guirlander, se billede 2. Formålet med at opsætte hobbyopdrættene var at afprøve mindre systemer, og teste de mest basale forhold omkring blåmuslingernes levevilkår på Bornholm.

Hensigten med hobbyopdrættene var at undersøge, om der kan rekrutteres muslinge yngel samt at vurdere vækstraten. Efter den første vækstcyklus ville vi have kunnet vurdere vækstraten under de lokale forhold. Dette var dog ikke muligt, da blåmuslingerne blev tabt inden udgangen

³Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri skelner mellem skaldyrsopdræt og havhaver: "Skaldyrsopdræt er kommercielle anlæg med henblik på videresalg af blandt andet muslinger, mens havhaver er hobbybetonede opdræt, hvor der alene dyrkes til eget forbrug" (Søfartsstyrelsen, 2021: 40).

⁴Et bændel er et bredt bånd med indsyede bundvægte, der sikrer, at det hele bliver under overfladen. Bændler bliver brugt til yngelindsamling (Havhøst, u.å.)

af den første vækstcyklus, formentlig på grund af storm og prædation. Dette vil blive uddybet nærmere i afsnit 12.



Billede 1: Bændler fra hobbyopdræt i Tejn Havn med muslinge yngel i august 2020.



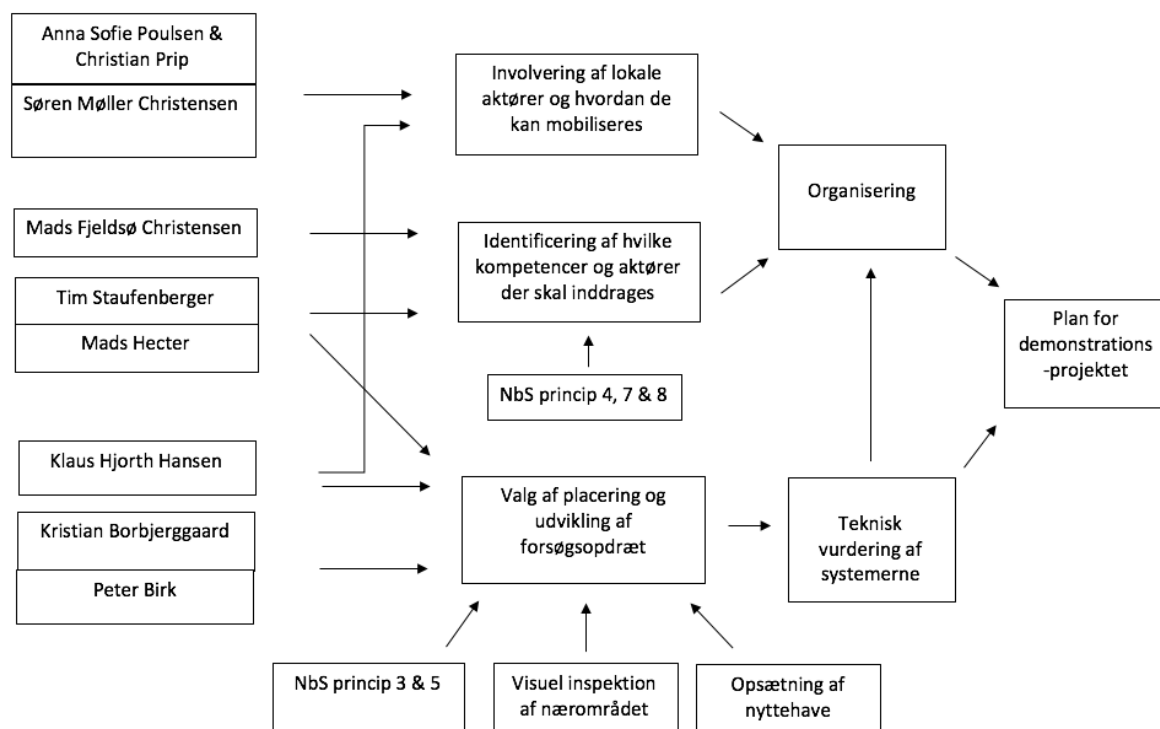
Billede 2: Hobbyopdræt i Tejn Havn. Foto af Magnus Heide Andreasen.

Visuel inspektion af nærområdet

Visuel inspektion af nærområdet er en metode, der er anbefalet af Dansk Skaldyrcenter til undersøgelse af, om der er naturlig bestand af blåmuslinger i området (Dansk Skaldyrcenter u.å.). I forbindelse med valget af placering for demonstrationsprojektet, undersøgte vi nærområdet under et besøg til Bornholm i marts 2021, for at se om der var blåmuslinger i området.

5.5 Projektdesign

På figur 2 ses en illustration over, hvordan vi vil benytte den indsamlede empiri samt teori om NbS i planlægningen af demonstrationsprojektet.



Figur 2: Visuel illustration af projektdesign.

Udviklingen af dyrkningssystemerne tager, som nævnt i afsnit 4, udgangspunkt i NbS princip 3 og 5 om at inddrage viden fra lokalsamfundet, og vedligeholde den naturlige og kulturelle diversitet af det lokale økosystem. Vi vil derfor integrere NbS i den fysiske planlægning ved at inddrage lokale erfaringer og ekspertviden i udviklingen af fire forsøgsopdræt tilpasset de bornholmske forhold. Til dette vil vi benytte erfaringer og resultater fra de undersøgelser vi har foretaget på Bornholm. Vi vil vurdere de forskellige forsøgsopdræt ud fra kriterier omkring potentiel høst og næringsstofreduktion samt omkostninger af systemerne og indtægter fra høst.

Med udgangspunkt i NbS princip 4 om, at planlægningen skal inddrage berørte aktører, vil vi ud fra erfaringer fra andre projekter forsøge at finde frem til, hvilke aktørroller der skal inddrages. Ud fra dette vil vi forsøge at identificere lokale aktører på Bornholm, herunder hvordan de kan mobiliseres i projektet. Endvidere vil vi forsøge at integrere NbS princip 7 om at identificere potentielle interessekonflikter og indgå kompromisser, og foreslå en mulig organisationsform,

der skal forsøge at samordne de forskellige aktørers interesser. Desuden inddrager vi princip 8 om politisk integration. Ud fra den tekniske vurdering af forsøgsopdrættene og den foreslåede organisationsform, vil vi præsentere en langsigtet plan for demonstrationsprojektet.

6. Regulering af miljøtilstanden i Østersøen

Som beskrevet i afsnit 2 vil produktion af blåmuslinger, potentielt kunne medvirke til at forbedre havets tilstand og dermed bidrage til, at nå de miljømål der er vedtaget i EU. Vi vil i følgende afsnit redegøre for, hvilke internationale og nationale lovgivninger, der eksisterer inden for regulering af miljøtilstanden af Østersøen. I den forbindelse vil vi undersøge de forskellige reguleringers vurdering af miljøtilstanden for havområdet, særlig i området ud fra Bornholm. Det skal medvirke til at give en forståelse for problemets omfang, hvor vi vil undersøge de fastsatte miljømål og indsatsområder.

6.1 Vandrammedirektivet

I 2000 vedtog EU's medlemslande vandrammedirektivet, som har til formål at beskytte vandløb, søer, grundvandet og den kystnære del af havet i alle EU-lande (Europa-Parlamentet, 2000). Direktivet fastsætter en række miljømål, og opstiller de overordnede rammer for planlægningen og gennemførelse af tiltag, som sigter mod at forbedre og beskytte vandkvaliteten (Miljøministeriet, u.å.). Vandkvaliteten inddeles i tilstandsklasser, hvor vandet kan være i dårlig, ringe, moderat, god eller høj økologisk tilstand. Direktivets mål er, at vand i Europa som minimum skal opnå god økologisk tilstand⁵. Dette mål skulle være opfyldt i 2015, men fristen kan forlænges til højst 2027 (Europa-Parlamentet, 2000).

EU's vandrammedirektiv er udmøntet i den danske lovgivning i Lov om vandplanlægning, som indeholder overordnede bestemmelser om vanddistrikter, myndigheders ansvar, miljømål, planlægning og overvågning (Miljøministeriet, u.å.). Vandplanlægningen tilrettelægges inden for vandområdedistrikter, der udgør den administrative ramme for vandområdeplanerne (Miljøstyrelsen, 2019). I Danmark er vandområderne samlet i fire vanddistrikter: Jylland og Fyn, Sjælland, Bornholm og internationalt vandområdedistrikt (ibid.).

For hvert vandområdedistrikt udarbejdes en vandområdeplan, som omfatter en periode på 6 år (Miljø og Fødevarerministeriet, 2017a). De gældende vandområdeplaner dækker perioden 2015-2021, og skal revideres for den kommende planperiode 2021-2027.

Vandområdeplanerne fastsætter konkrete miljømål for vandløb, søer, kystvande⁶ og grundvand (Europa-Parlamentet, 2000). Tilstanden i kystvandområderne vurderes på baggrund af

⁵ God økologisk tilstand er defineret i vandrammedirektivet ved, at *"værdierne for de biologiske kvalitetselementer for den pågældende type overfladevandområde udviser niveauer, der er svagt ændret som følge af menneskelig aktivitet, men afviger kun lidt fra, hvad der normalt gælder for denne type overfladevand under uberørte forhold"* (Miljøstyrelsen, 2001: 90).

⁶ Kystvande er defineret som *"vandområder beliggende inden for 1 sømil til havsiden fra det nærmeste punkt på den basislinje, hvorfra bredden af territorialfarvande måles, og som, hvor det er relevant, strækker sig ud til overgangsvandets yderste grænse"* (Europa-Parlamentet, 2000: 6)

kvalitetselementerne ålegræs, klorofyl og bundfauna (Miljøstyrelsen, 2019). For fytoplankton (planktonalger) anvendes klorofyl a, som mål for algebiomassen (ibid.).

6.1.1 Vandområdedistrikt Bornholm

Vandområdeplanen for vandområdedistrikt Bornholm omfatter to målsatte kystvande, Østersøen Bornholm og Østersøen Christiansø (Miljø - og Fødevareministeriet, 2016). Miljømålet for de to målsatte kystvande omfatter, at de som hovedregel skal kunne leve op til god kemisk tilstand⁷ og mindst god økologisk tilstand (ibid.).

Ifølge vandområdeplanen for vanddistrikt Bornholm for anden planperiode 2015-2021 er miljømålet for den økologiske tilstand ikke opfyldt i de to kystvandområder (ibid.). Tilstanden er ukendt for flere af kvalitetselementerne, men tilstanden for klorofyl i området Østersøen Bornholm er vurderet som ringe (se tabel 1).

Kystvandområde	Kvalitetselement tilstand			
	Ålegræs	Klorofyl	Bundfauna DKI	Samlet tilstand
Østersøen, Bornholm	Ukendt	Ringe	Ukendt	Ringe
Østersøen, Christiansø	Ukendt	Ukendt	Ukendt	Moderat

Tabel 1: Oversigt over kystvandenes økologiske tilstand i vandområdedistrikt Bornholm (Miljø- og Fødevareministeriet, 2016: 43, tabel 4.8.)

I vandområdeplanen indgår en oversigt over de vandforvaltningsmæssige opgaver, som omfatter de påvirkninger, som har størst indvirkning på miljøtilstanden i området (Miljø - og Fødevareministeriet, 2016). Her fremgår det, at en af de største udfordringer på vandmiljøområdet er tilførslen af kvælstof, der blandt andet skyldes landbrugets anvendelse af gødning (ibid.)

I opgørelsen af kvælstofindsatsen, som skal sikre målopfyldelse, er indsatsbehovet imidlertid opgjort til nul tons kvælstof for vandområdedistrikt Bornholm, se tabel 2.

⁷ God kemisk tilstand er defineret i vandrammedirektivet ved, at "koncentrationerne af forurenende stoffer ikke overstiger de miljøkvalitetskrav der er fastsat på fællesskabsplan" (Miljøstyrelsen, 2001: 13).

Vandområdeplan 2015-2021 Kystvande Belastning, målbelastning, bruttoindsatsbehov og indsatser.		Belastning 2012	Baseline effekt*	Baseline belastning 2021	Målbelastning	Indsatsbehov
Kvælstof			(neg. værdier = merudledning)	(effekt af lempelser indregnet)		(efter baseline)
ID	Vandområde	Tons/år	Tons/år	Tons/år	Tons/år	Tons/år
Vandområdedistrikt Bornholm						
Hovedvandområde 3.1 Bornholm		868,8	-14,9	883,6	961,7	0,0

Tabel 2: Tabel over kvælstofindsatsen i vandområdeplanen 2015-2021 for vandområdedistrikt Bornholm (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2016: 88)

Det betyder, at der ifølge vandområdeplanen ikke er behov for at reducere kvælstof, og at der derfor ikke er fastlagt konkrete indsatser for at reducere udledningen af kvælstof til kystvande for Bornholm. Dette skyldes formentlig, at der som følge af aftale om Fødevarer- og landbrugspakken i 2016 blev gennemført lempelser af kvælstofreguleringen, hvilket havde betydning for det samlede indsatsbehov i vandområdeplanernes indsatsprogrammer for anden planperiode (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2016). Der blev i den forbindelse udskudt reduktion af 6200 tons kvælstof til tredje planperiode 2021-2027 (ibid.), og der vil derfor formentligt komme højere indsatser i de kommende vandområdeplaner.

6.2 Danmarks Havstrategi

Danmarks Havstrategi er et led i gennemførelsen af EU's havstrategidirektiv fra 2008 (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2019a). Formålet med havstrategidirektivet er at fastlægge rammerne for at opnå god miljøtilstand⁸ i havets økosystemer (ibid.). Havstrategidirektivet inkluderer reguleringen af kystvande, som allerede er omfattet af vandrammedirektivet, og der er derfor et overlap mellem de to direktiver. Direktivet gennemføres ved seksårige strategier, og Danmarks Havstrategi II 2018-2024 bliver udarbejdet over de kommende år (ibid.). Første del af strategien blev udgivet i 2019, og giver et overblik over havets tilstand samt fastsætter miljømål, der tilsigter at opnå eller opretholde god miljøtilstand. Miljømålene vil følges op med et indsatsprogram, der forventes at komme i 2021 (ibid.).

⁸God miljøtilstand er defineret i havstrategidirektivet som "havområdernes miljøtilstand, når de giver økologisk mangfoldige og dynamiske oceaner og have, der er rene, sunde og produktive inden for rammerne af deres naturlige vilkår, og havmiljøet udnyttes på et bæredygtigt niveau, så nuværende og fremtidige generationers muligheder for anvendelse og aktiviteter sikres" (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2019: 38).

I havstrategien behandles 11 såkaldte deskriptorer, hvoraf én af deskriptorerne er eutrofiering (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2019a). For hver deskriptor skal medlemslandene i de nationale havstrategier beskrive god miljøtilstand, og sætte miljømål for opnåelsen heraf (ibid.). Miljømålene for eutrofiering i Danmarks Havstrategi ses i tabel 3.

<p>Miljømål i Danmarks Havstrategi II</p>	<p>Miljømål:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5.1: Miljø- og Fødevarerministeriet bidrager til det regionale arbejde vedrørende fastsættelse af tærskelværdier og god miljøtilstand for Nordsøen og Skagerrak og arbejder for, at menneskeskabt eutrofiering og effekterne heraf er i overensstemmelse hermed. - 5.2: Dansk andel af tilførsler af kvælstof og fosfor (TN, TP) følger de maksimalt acceptable tilførsler fastsat i HELCOM. - 5.3: Kystvande: Målbekæmpelser og indsatsbehov for fjorde og kystvande fastsat i henhold til vandrammedirektivet overholdes. Mål og behov fremgår af de danske vandområdeplaner.
--	--

Tabel: 3 Miljømål for eutrofiering i Danmarks Havstrategi II (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2019a: 117).

Som et mål i Havstrategien skal Danmark leve op til de maksimalt acceptable tilførsler for kvælstof og fosfor fastsat på regionalt niveau i HELCOM (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2019a). HELCOM arbejder for beskyttelse af havmiljøet i det baltiske område, og har som del af Baltic Sea Action Plan fastsat regionale tærskelværdier for kvælstof og fosfor, klorofyl a, vandets klarhed og ilt nederst i vandsøjlen. For eutrofiering fastsættes god miljøtilstand som en tilstand, hvor tærskelværdierne for koncentrationer af både uorganisk og total kvælstof og fosfor ikke overskrides (ibid.).

I tabel 4 ses en vurdering af miljøtilstanden for de enkelte kriterier i forskellige havområder ud fra tærskelværdierne fastsat af HELCOM. For Bornholmsbassinet og Arkonabassinet, som begge ligger ud fra Bornholm, er alle kriterierne vurderet til værende ikke-god tilstand, på nær for fosfor, hvor det ikke har været muligt at foretage en tilstandsvurdering (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2019a). Derudover er der ikke foretaget vurdering af, hvorvidt tærskelværdien for ilt er opnået i Arkonabassinet (ibid.).

Havområde	DIN & DIP	TN & TP	Klorofyl a	Sigt dybde	Ilt
Nordsøen*	↓	-	↔	-	↔
Skagerrak*	↔	-	↓	-	↔
Kattegat		TN & TP			↑
Storebælt					-
Øresund					↔
Kiel Bugt		-			-
Mecklenburg Bugt		-			-
Arkonabassinet		-			-
Bornholmerbassinet		-			-

Tabel 4: Vurdering af miljøtilstanden for de enkelte kriterier i havområder. Vurderingen af kriterierne er baseret på enten en regional vurdering ud fra ovennævnte tærskelværdier (markeret med grøn og rød udfyldning for hhv. god/ikke-god tilstand) i perioden 2011-16. "-" angiver, at der ikke er muligt at foretage en tilstandsvurdering (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2019a: 122).

På baggrund af denne vurdering, som fremgår i Danmarks Havstrategi II, kan det konkluderes, at der for deskriptoreren eutrofiering samlet set er dårlig tilstand i de danske havområder i Østersøen (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2019a). Østersøen er stadig stærkt påvirket af eutrofiering, og de hidtidige foranstaltninger har ikke været tilstrækkelige til at opnå målet om god miljøtilstand som fastsat i Havstrategidirektivet (HELCOM, 2018b). Derudover skyldes det en naturlig tidsforsinkelse mellem foranstaltninger og effekterne af foranstaltningerne (Bruhn et al., 2020). Der er derfor behov for øget fokus på at reducere næringsstofbelastningen for at opnå målet om god miljøtilstand.

7. Miljøeffekter ved opdræt af blåmuslinger

I følgende afsnit vil vi gennemgå, hvordan kvælstof og fosfor bindes i blåmuslinger, samt hvilke effekter dette kan have på det omgivende miljø. I den forbindelse vil vi beskrive, hvilke parametre, som har indflydelse på næringsstoffoptaget i blåmuslinger.

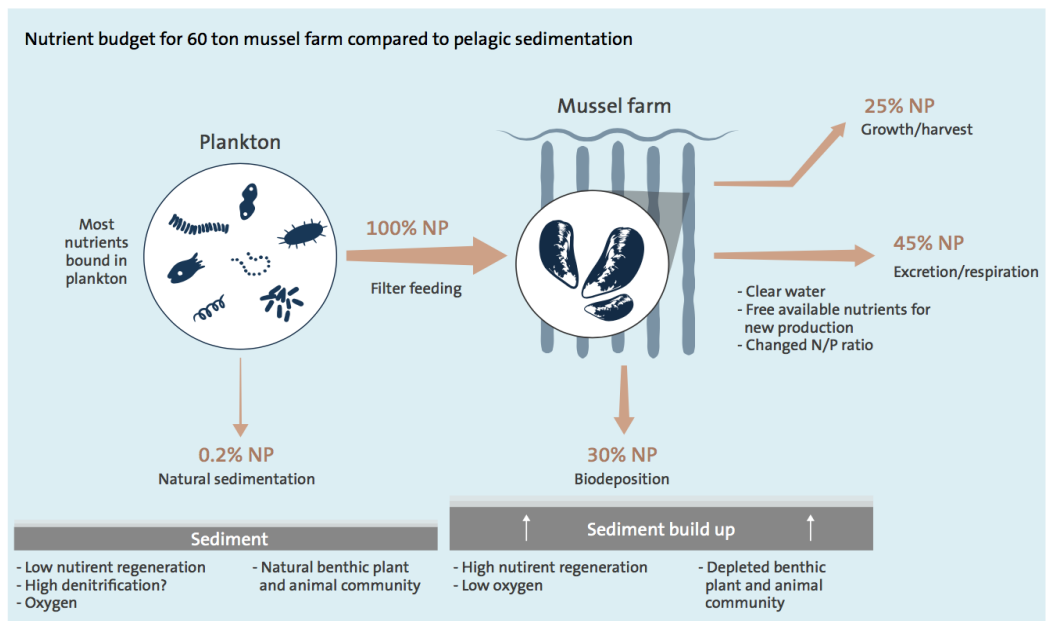
Blåmuslinger ernærer sig af planktonalger og andre mikroorganismer, som de filtrerer fra vandet. Hvis blåmuslingerne høstes, fjernes næringsstofferne opbygget i blåmuslingernes kød og skal permanent, og blåmuslingeproduktion kan dermed bidrage til at reducere koncentrationen af organiske næringsstoffer i vandsøjlen (Petersen et al., 2018). Derudover kan muslingernes filtration også forbedre vandets klarhed (ibid.). I takt med øget klarhed i vandet, sikres højere tilgængelighed af lys i vandsøjlen, hvilket har en positiv indvirkning for udbredelsen af makroalger, ålegræs samt bundlevende dyr og planter (Miljø - og Fødevareministeriet, 2016). Opdræt af blåmuslinger kan give substrat til planter samt tilflugt og habitat til smådyr, og kan dermed øge biodiversiteten midlertidigt (Timmermann et al., 2016; Schultz-Zehden et al., 2019).

Udover kvælstof- og fosforfjernelse sker der også biomineralisering, hvor der lagres CO₂ i skallerne, og dermed fjernes der CO₂ fra vandmiljøet når blåmuslinger høstes (Bruhn et al., 2020). Ved at fremme udbredelsen af makroalger og ålegræs er der en indirekte kulstofbinding, og endvidere fjernes den CO₂ muslingerne har optaget gennem planterne når muslingerne høstes (Petersen et al., 2018).

7.1 Negative miljøeffekter af blåmuslingeproduktion

Når blåmuslinger filtrerer vand for fytoplankton optager muslingerne det kvælstof og fosfor som algerne indeholder (Bruhn et al., 2020). En del af de bundne næringsstoffer opbygges i muslingerne, hvilket ifølge figur 3 er en fjerdedel af det optagne kvælstof og fosfor. Efter blåmuslingerne har filtreret vandet og opbygget biomasse, udskiller de restprodukter bestående af blandt andet fækalier, pseudofækalier, og opløste og let tilgængelige næringsstoffer (Hedberg et al., 2018). Fækalier og pseudofækalier, døde muslinger og skaller sedimenterer under opdrættet, hvilket ifølge figur 3 svarer til omkring en tredjedel af de filtrerede næringsstoffer. Om sommeren i blåmuslingernes vækstperiode vil en blåmuslingeproduktion på eksempelvis 60 ton i Østersøen kunne øge sedimenteringsraten med mellem 70-150 gange af den oprindelige sedimentering, hvilket kan føre til iltsvind lokalt under anlæggene (ibid.). Blåmuslingeproduktion vil også kunne påvirke den naturlige bestand af blåmuslinger, da der vil opstå større konkurrence om den tilgængelige føde for muslingerne (ibid.). De opløste og let tilgængelige næringsstoffer

kan optages af alger i vandet, som nemt optager denne form, og dermed har algerne bedre muligheder for at udbrede sig (ibid.).



Figur 3. Muslingers næringsstofoptag og deponering (Hedberg et al., 2018: 12).

Store produktioner af blåmuslinger kan dermed skabe en ændring i den oprindelige næringsstofbalance og forårsage iltvind, hvilket kan resultere i en artsforskydning og andre påvirkninger på det lokale økosystem (ibid.). Store opdræt kan endvidere skygge for lys til havbunden, hvilket vil have negativ påvirkning på bundlevende dyr og planter (Bruhn et al., 2020).

Sedimentationen afhænger imidlertid af vanddybde og strømhastighed i området. En øget koncentration af næringsstoffer fra muslingefækalier kan afværges ved at placere opdræt i områder med til- og afstrømning, således at fækalierne spredes og dermed undgås de negative lokale effekter (Kotta et al., 2019). Der er derfor potentiale i at placere opdræt i mere åbne havområder, hvor næringsstoffer frigivet fra fækalierne spredes og ikke opkoncentreres på havbunden (Bruhn et al., 2020).

7.2 Parameter der har indflydelse på næringsstofoptag

Blåmuslingers vækst er en tidsmæssig proces, som er afhængig af interaktionen mellem parametre, såsom vandets temperatur, saliniteten og fødetilgængeligheden (Holbach et al., 2020). Generelt anses salinitet som et afgørende parameter for muslingernes vækstrate. En lav salinitet vil medføre, at muslinger vokser langsommere og bliver mindre, når de er fuldt udviklet sammenlignet med muslinger, der lever i vand med højere salinitet (ibid.). Dette skyldes, at lav

salinitet påvirker muslingernes evne til at opretholde det osmotiske tryk i cellerne, og dermed skal de bruge mere energi på dette, hvilket påvirker vækstraten (Tedengren & Katsky, 2012). Ifølge Petersen et al. (2021) kan blåmuslinger vokse i saltholdigheder ned til 5-8 psu. Saliniteten i Østersøen er generelt lav, og ved Bornholm er saltholdigheden omkring 8-10 psu (Miljø- og Fødevareministeriet, 2019a).

En stigning i andre parametre vil potentielt kunne kompensere for lav salinitet, og især højere klorofyllniveauer kan stimulere muslingevækst trods lav salinitet (von Thenen et al., 2020; Kotta et al., 2019; Filippelli et al., 2020). Østersøen er meget eutrof, og fødetilgængelighed er derfor kun sjældent en begrænsende faktor for muslinger (Kotta et al., 2019). Til- og afstrømning af vand i produktionsområdet kan desuden have stor betydning for fødetilgængelighed i vandet omkring opdrættet, hvor højere strømhastigheder sikrer en stabil fødetilførsel til muslingerne (SUBMARINER Network, 2019; Bruhn et al., 2020).

I forhold til de forskellige parametres påvirkning på muslingers næringsstofoptag, argumenterer Buer et al. (2020a) for, at optaget af næringsstoffer ikke påvirkes lige så negativt af lav saliniteten som hidtil antaget. Kotta et al. (2019) vurderer ligeledes, at data antyder, at det samlede potentiale for fjernelse af næringsstoffer ikke mindskes langs saltholdighedsgradienten i Østersøen, med undtagelse af meget lave salinitetsniveauer, som i den inderste del af havområdet oppe mod Nord Sverige og Finland. Blåmuslinger bliver større i vand med et højt saltindhold, og der er derfor mere konkurrence om pladsen hvor muslingerne vokser. Der kan dermed vokse flere muslinger på mindre plads i Østersøen, fordi de er mindre, og derfor vil der være mindre konkurrere om pladsen (Kotta et al., 2019).

En anden faktor, som har indflydelse på næringsstofoptaget, er muslingernes placering i vandsøjlen, hvor muslinger dyrket i opdræt i den øverste del af vandsøjlen har et væsentlig højere næringsindhold end muslinger, der vokser vildt på havbunden (ibid.). En årsag til dette kan blandt andet være, at fødetilgængeligheden er lavere på havbunden (ibid.). Vilde bundlevende muslinger har derfor generelt lavere væksthastigheder sammenlignet med opdrættede muslinger.

Prædation kan forårsage store tab af biomasse fra muslinge anlæg, som især sker fra søstjerner, krabber og edderfugle (Bruhn et al., 2020). Fysiske forhold som stærk strøm og bølger kan desuden være en udfordring med henblik på høstudbyttet og dermed det samlede næringsstofoptag fra produktionen, hvilket især gælder i Østersøen, fordi blåmuslingerne har svagere byssus, og derfor sværere ved at fastholde sig (SUBMARINER Network, 2019).

8. Virkemiddel

Marine virkemidler er flere steder i litteraturen foreslået som et supplement til de landbaserede foranstaltninger til at opnå god økologisk tilstand i de marine vandområder (Gren et al., 2018; Kotta et al., 2019; Filippelli et al. 2020; Petersen et al. 2018; Schultz-Zehden et al., 2019; Bruhn et al., 2020). Virkemidler er en central del af indsatsen for at opnå god økologisk tilstand i fastsat i vandområdeplanerne. De virkemidler, der indtil nu har været en del af indsatsprogrammerne, er landbaserede virkemidler, hvor formålet er at sænke tilførslen af næringsstoffer fra landbruget til vandområderne (Bruhn et al., 2020). Med formålet om at opnå god økologisk tilstand i havmiljøer, blev der i forbindelse med virkemiddelkataloget til realisering af 2. generations vandplaner i 2014 blev marine virkemidler foreslået (Eriksen et al., 2014). De kendte marine virkemidler omfatter muslingeopdræt, dyrkning af tang, etablering af stenrev og udplantning af ålegræs (Bruhn et al., 2020). I 2020 udkom et separat katalog, som indeholder en beskrivelse af de marine virkemidlernes effekter og status for vidensgrundlag. De marine virkemidler kan ifølge seniorforsker ved Aarhus Universitets Institut for Bioscience, Annette Bruhn, potentielt blive en del af indsatserne i de kommende vandområdeplaner 2021-2027 (bilag 4.2).

Marine virkemidler har en fordel, da næringsstofferne fjernes direkte fra vandsøjlen, og vil derfor have en øjeblikkelig effekt i modsætning til reduktionstiltag på land, som er underlagt en naturlig tidsforsinkelse før effekten i havmiljøet kan observeres (Bruhn et al., 2020). Desuden bliver kvælstofreduktionen ved de landbaserede foranstaltninger målt fra kilden, men effekten vil blive reduceret på grund af retention af næringsstofferne før vandet når de marine områder (Petersen et al., 2014). Bruhn et al (2020:6) vurderer, at:

“Marine virkemidler kan under visse omstændigheder være en forudsætning for opnåelse af god økologisk tilstand, fordi de skader, som er sket på vandmiljøet, ikke er reversible inden for tidsrammen af vandrammedirektivet uden brug af marine virkemidler.”

Det der endvidere gør marine virkemidler interessante med henblik på reguleringen af miljøtilstanden i det kystnære område er, at de møder behovet for at sænke den mængde af næringsstoffer, der allerede er i havområderne, også kaldet den interne belastning. I marine områder med gode iltforhold bindes næringsstoffer i havbunden og tilbageholdes, men når der opstår iltvind frigives næringsstoffer til vandmiljøet, og dette beskrives som den interne næringsstofbelastning (Europa Kommissionen, 2009). Den interne belastning øges også på andre måder ved fysiske påvirkninger, hvor bevægelse i vandet kan forårsage frigivelse af næringsstoffer fra sedimentet til vandsøjlen (ibid.).

Med henblik på vedtagelse af blåmuslingeproduktion som virkemiddel er det fordelagtigt i forhold til forvaltningen, at det er simpelt at kontrollere optaget af næringsstoffer i form af tons høstede blåmuslinger (Bruhn et al., 2020). Der er dog stadig behov for mere viden om reduktionspotentialet uden for de velprøvede områder, som eksempelvis Limfjordsområdet (ibid.).

8.1 Reduktionspotentiale

Potentialet for at bruge muslingeopdræt som en næringsstofreducerende foranstaltning og dets økonomiske værdi i denne henseende diskuteres bredt i litteraturen (Buer et al., 2020b; Hedberg et al., 2018; Gren, 2018; Petersen et al., 2020). I virkemiddelkataloget til realiseringen af 2. generations vandplaner er de marine virkemidler som nævnt foreslået, herunder deres kvælstofeffekt og omkostninger, og ses i tabel 5.

Marine virkemidler	Årlig N-effekt	Sikkerhed ift. N-effekt	Budget-økonomisk omkostning kr./kg N	Velfærds-økonomisk omkostning kr./kg N
Muslingeopdræt	600-900 kg N/ha	**	70-97	93-129
Tangdyrkning	16 kg N/ha	**	575-805	762-1068
Udplantning af ålegræs	IR	IV	IV	IV
Stenrev	IR	IV	IV	IV

*Tabel 5: Tabel over årlige kvælstofeffekter af marine virkemidler som det fremgår i virkemiddelkataloget til realisering af 2. generations vandplaner (Eriksen et al., 2014: 8). IV og IR angiver, at værdien er hhv. ikke vurderet eller ikke relevant. Intervallerne afspejler lav og høj høstmængde og dermed N-fjernelse. Stjernemarkeringen ** skal forstås som, at estimerne anses for noget usikre og er baseret på eksperter med et foreløbigt datagrundlag (Eriksen et al., 2014: 11).*

Den estimerede kvælstoffjernelse for muslingeopdræt i tabellen er vurderet til mellem 600 og 900 kg/ha. Estimatet er vurderet ud fra Skive fjord, hvor forholdene ifølge Eriksen et al. (2014) er optimale for at dyrke muslinger. Den realiserede kvælstoffjernelse er stedsspecifik, og er afhængig af en række forskellige faktorer, herunder dyrkningsmetode, klorofylindholdet i vandet, høsttidspunkt, høstudbytte og kvælstofindholdet i muslingerne på høsttidspunktet (Eriksen et al., 2014). Reduktionspotentialet afhænger således af den specifikke lokation, hvor dyrkningsforholdene i åbne havområder er en del anderledes end ved fjorde.

Vi har samlet forskellige vurderinger af potentialet for at reducere kvælstof og fosfor ved opdræt af blåmuslinger, fundet i litteraturen, i en tabel i bilag 6. De estimerede reduktionspotentialer er baseret på data fra både Østersøen og Limfjorden. Vi har beregnet gennemsnittet af de angivne reduktionspotentialer til at være 937 kg N/ha (se beregninger i bilag 7). Det gennemsnitlige reduktionspotentiale for de opdræt, som udelukkende er placeret i Østersøen, er beregnet til 858 kg N/ha (se beregninger i bilag 7). Der er forholdsvis store spænd fra den lavest til den højest angivet kvælstoffjernelse, der varierer fra 38-3800 kg N/ha, som følge af at estimerne er baseret på blandt andet pilotprojekter, modelleret data og test af forskellig dyrkningsteknologi. Spredningen, der angiver den typiske afvigelse fra gennemsnittet, er således meget høj (se bilag 7). Estimerne skal derfor betragtes under hensyntagen til den store afvigelser fra gennemsnittet. Dog stemmer de beregnede gennemsnitsværdier relativt godt overens med de 600-900 kg N/ha, der er angivet i virkemiddelkataloget.

Produktionsomkostninger vil være en afgørende faktor i forhold til omkostningerne til fjernelse af næringsstoffer (Kotta et al., 2019). Optimering af dyrkningssystemerne og teknikker til høst kan i høj grad øge udbyttet af biomasse og hermed reducere omkostningerne, hvor teknologi tilpasset dyrkning af små muslinger bør anvendes for at maksimere udbyttet (Kotta et al., 2019; Taylor et al., 2019). Omkostningseffektiviteten for næringsstoffjernelsen er i højere grad afhængig af, hvilken dyrkningsteknologi der anvendes, end næringsindholdet i muslingerne (Kotta et al., 2019). Dette lægger op til et øget fokus på udvikling af opdrætsteknologi.

9. Blåmuslingers anvendelsesmuligheder

Omkostningseffektiviteten ved blåmuslingeproduktion vil blive påvirket af, hvorvidt der eksisterer et marked for afsætning af muslingerne. Blåmuslinger sælges til human konsum, og der forskes endvidere i andre anvendelsesmuligheder, som potentielt kan give en indtægt efter høst af de mindre muslinger. Vi vil i følgende afsnit redegøre for de forskellige anvendelsesmuligheder og de udfordringer, der er forbundet med dem, for at vurdere potentialerne for at afsætte blåmuslinger opdrættet på Bornholm.

9.1 Fødevarer

Blåmuslinger er en klimavenlig fødevarer, som ifølge Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug på Aarhus Universitet har et CO₂ aftryk på 0,2 kg, hvilket er væsentligt lavere sammenlignet med alle andre kilder til animalsk protein (Mogensen et al., 2016). Den mindre størrelse på blåmuslinger i Østersøen gør dog, at de kan have svært ved konkurrere på markedet for human konsum (Petersen et al., 2016; Schultz-Zehden et al., 2019). I Danmark er mindstemålet 4,5 cm i forhold til salg til konsum (Bruhn et al., 2020). Blåmuslinger fra den centrale og østlige del af Østersøen bliver kun omkring 3-4 cm, hvilket er en tredjedel af størrelsen i forhold til blåmuslinger fra den vestlige del af Østersøen (Tedengren & Katsky, 2012). Størrelsen afhænger dog af lokale forhold, som salinitet og fødetilgængelighed, og f.eks. i Kiel Fjord i Tyskland dyrkes muslinger med en størrelse på op til 6 cm (Blue Baltic Growth, 2019; Bilag 2.3). Larsen og Riisgård (2016) argumenterer imidlertid for, at små muslinger med en størrelse på 3-3,5 cm er særligt delikate, og vil kunne sælges som en gourmet fødevarer. Der er dog behov for markedsanalyser, for at kunne afgøre efterspørgslen og accepten af små muslinger (Buer et al. 2020b).

Blåmuslinger aftages både som fersk fødevarer, men også med henblik på videreforarbejdning, hvor de koges for at adskille skal- og køddel, hvorefter muslingekødet sælges til konsum (Andersen et al., 2016). Der produceres i Danmark også smagsforstærker af kogevandet fra blåmuslinger som sælges i pulver- eller væskeform (ibid.).

9.2 Foder

Høsten af små blåmuslinger viser potentialer til anvendelse i foderproduktion (Baltic Blue Growth, 2019; Filippelli et al., 2020; Buer et al., 2020b). Blåmuslinger har et højt indhold af de essentielle aminosyre, og foder baseret på muslinger forventes derfor, at kunne erstatte eller supplere fiskemel, som har en meget sammenlignelig aminosyresammensætning (Baltic Blue

Growth, 2019). Næringsstofsammensætningen er velegnet til foderprodukter til både opdrættede fisk, svin og fjerkræ (Filippelli et al. 2020). Modsat fiskemel kan foder baseret på muslinger certificeres økologisk (Petersen et al., 2021), og proteinindholdet i muslinger kan således fungere som et alternativ til importeret protein både i økologisk og konventionelt dyrefoder. Ved produktion af muslingemel- eller ensilage til foderprodukter frasorteres skallerne (Petersen et al. 2016). Muslingskaller har i mange år været brugt som calciumtilskud i foder til æglæggende høns (Andersen et al., 2016). Salg af skaller dækker dog kun omkostningerne i håndteringen, og er ikke en indtægtskilde (Petersen et al. 2016). Der ligger generelt en udfordring i at gøre produktion af blåmuslinger til foderprodukter økonomisk rentabelt (Schultz-Zehden et al., 2019). På nuværende tidspunkt er der et stort dansk forskningsprojekt under navnet MuMiPro igang, der skal afdække potentialerne og udfordringer med henblik på husdyrfoder baseret på blåmuslinger (MuMiPro, 2020).

Forarbejdningen af de producerede muslinger kræver dog yderligere teknologisk udvikling for at prisen kan mindskes (Bruhn et al., 2020). Ifølge Bruhn et al. (2020) vurderes dette til at være muligt inden for en kort årrække.

9.3 Andre anvendelsesmuligheder

Foruden at benytte blåmuslinger til human konsum og foder er der flere potentielle anvendelsesmuligheder. Blåmuslinger kan med deres indhold af kvælstof, fosfor og kalk bruges som gødning i planteavl uden tilknyttet dyrehold (Spångberg et al., 2013). Der kan være tungmetaller i blåmuslinger, men forsøg viser, at der frigives mindre til jorden, når blåmuslingerne bruges som gødning end de produkter de kan erstatte (ibid.). Det undersøges på nuværende tidspunkt, hvordan gødningsproduktet opbevares bedst muligt med henblik på at undgå tab af kvælstof (ibid.). Blåmuslinger kan også energi udnyttes efter høst i f.eks. biogas (SUBMARINER Network, 2019). Fordelen ved anvendelse som gødning eller i biogas er at størrelseskrav til og forarbejdningsproces af muslingerne elimineres (SUBMARINER Network, u.å.). Dog er produktion af gødning og biogas på nuværende tidspunkt ikke økonomisk rentabelt, da produktionsomkostningerne er højere end udbyttet (ibid.).

Endvidere undersøges potentialet i at anvende muslingskaller i bygningsmateriale og isolering, og dermed erstatte miljøbelastende materialer. Martínez-García et al. (2020) har forsket i dette, og vurderer at blåmuslingskaller har samme evner som andre isoleringsmaterialer, dog med langt lavere miljøbelastning ift. udvinding, energiforbrug i produktionen og afskaffelse efter brug.

Produktion af blåmuslinger har også været brugt som kompensation for næringsstofudledning fra havbrug (Nielsen et al., 2014). Musholm er et eksempel på et opdræt i Danmark, hvor

muslingerne igennem en årrække er blevet høstet og kompenseret for en del af det tilknyttede havbrugs næringsstofudledning (bilag 4.1). Muligheden for at bruge muslinger som kompensation blev dog ophævet (Folketinget, 2020), ved vedtagelse af *Lov om ændring af lov om miljøbeskyttelse*, på baggrund af manglende evidens for, at blåmuslingeproduktion reelt kan kompensere for næringsstofudledning fra havbrugsproduktion (Miljøministeriet, 2020). Vedtagelsen af loven har fjernet muligheden for at benytte kompenserende marine virkemidler i forbindelse med nye havbrug eller udvidelse af eksisterende havbrug.

10. Socioøkonomiske effekter af blåmuslingeproduktion ved Bornholm

Ifølge vores teoretiske tilgang er det afgørende at have fokus på både miljømæssige og socioøkonomiske effekter. Vi vil derfor i følgende afsnit redegøre for, hvordan muslingeopdræt på Bornholm kan bidrage med sociale og økonomiske fordele. Vi vil tage udgangspunkt i Bornholms erhvervsmæssige situation for at få indsigt i, hvilken betydning blåmuslingeproduktion kan få lokalt.

Som nævnt i afsnit 2 har Bornholm oplevet en stor nedgang i fiskeriet, som historisk har været et dominerende erhverv på øen. Som følge af denne nedgang er der en gruppe af tidligere beskæftigede i erhvervet, som ligger inde med viden, erfaringer og kompetencer (Høst et al., 2016), hvilket kan være værdifuldt med henblik på opbyggelsen af et nyt maritimt erhverv. Fiskeriet har sat spor på øen i form af havne, som var en vigtig del af infrastrukturen. Med henblik på etableringen af et nyt maritimt erhverv vil det være en stor fordel, hvilket vil blive uddybet i afsnit 12.

Turisme er et af de mest dominerende erhverv på Bornholm, særligt i sommerperioden, hvor især kyst og marin turisme er en stor indtægtskilde på øen (Nielsen et al., 2019). Det betyder, at der stadig i et erhvervsmæssigt perspektiv er stor afhængighed af havet på trods af fiskeriets nedgang. Forbedring af miljøtilstanden i havet vil derfor have interesse i forhold til den rekreative brug af havnene og kysterne.

Generelt er der en stor andel af ufaglært arbejdskraft på Bornholm, og stor arbejdsløshed blandt denne gruppe, hvilket bliver fremhævet som en af de største udfordringer inden for den lokale beskæftigelse (Bornholms Regionskommune, 2018a). Den lave beskæftigelse er årsag til kommunal interesse i erhvervsfremme (ibid.). Etablering af blåmuslingeproduktion som nyt erhverv på Bornholm vil potentielt medføre øget beskæftigelse, som passer ind i de nuværende lokale erhvervsmæssige rammer. Vi vurderer således, at blåmuslingeproduktion i bornholmsk kontekst kan bidrage til at tiltrække turister, skabe vækst og arbejdspladser, og hvis fiskebestande øges, som følge opdræt af blåmuslinger, kan det forbedre vilkårene for fiskeriet, som i mange år har været i nedgang. Dog er den positive indvirkning på fiskebestande usikker og meget langsigtet, grundet det meget ringe udgangspunkt.

11. Opsamling: Økosystemtjenester

Med vores teoretiske afsæt er det essentielt at Nature based Solutions (NbS) fremmer leveringen af økosystemtjenester, som er fordelagtige for en bred gruppe af aktører (Cohen-Shacham et al., 2019). Ved at sammenfatte de økosystemtjenester etableringen af blåmuslingeproduktion kan bidrage med, sættes det i relation til samfundsmæssige goder. Nedenfor i tabel 6 har vi oplistet de biodiversitets-, produktions-, regulerings- og kulturelle tjenester, som vi på baggrund af ovenstående redegørelse konkluderer, at produktion af blåmuslinger kan bidrage med i en bornholmsk kontekst.

Biodiversitets tjenester	<ul style="list-style-type: none">• Blåmuslinger kan filtrere fytoplankton og dermed hæmme eller forhindre skadelig opblomstring af alger.• Blåmuslinger kan reducere koncentrationen af næringsstoffer i havmiljøet.• Blåmuslingeproduktion kan øge biodiversiteten midlertidigt ved at give substrat til alger samt tilflugt og habitat til smådyr.• Blåmuslinger kan forbedre klarheden i vandet, og dermed sikre lys tilgængeligheden, hvilket har betydning for udbredelsen af ålegræs.• Blåmuslinger kan have en positiv indvirkning på fiskebestande.• Blåmuslinger biomineralisere, hvor kulstof fra havet omdannes til skal, og samtidigt vil havet lagre mere CO₂, hvis økosystemet er i bedre balance.• Indirekte kulstofbinding ved at fremme ålegræs og makroalger.• Recirkulering af tabte næringsstoffer i vandmiljøet tilbage til land gennem anvendelse af høsten.
Produktions tjenester	<ul style="list-style-type: none">• Fødevarer og foderprodukter.• Gødning og biogas.• Bygge og isoleringsmateriale.

Regulerings tjenester	<ul style="list-style-type: none"> • Blåmuslinger kan reducere koncentrationerne af klorofyl-a og have en effekt på sigtbarheden i vandet. Dermed kan opdræt af blåmuslinger bidrage til at målene om god økologisk tilstand i vandrammedirektivet og miljømålene fastsat i havstrategidirektivet opnås. • Gennemførelse af kommunalt mål om erhvervsfremme.
Kulturelle tjenester	<ul style="list-style-type: none"> • Produktion af blåmuslinger kan skabe vækst og arbejdspladser. • Hvis fiskebestande øges, kan opdræt af blåmuslinger forbedre vilkårene for fiskere. • Renere havvand vil være positivt for lokalbefolkningen og turisme. • Øget selvforsyning af fødevarer og foderprodukter.

Tabel 6: Forskellige tjenester opdræt af blåmuslinger kan bidrage med.

Målet om at opnå god økologisk status i kystnære områder repræsenterer en samfundsmæssig forpligtelse til at investere i forbedret vandkvalitet. Forbedringen af vandkvaliteten forbundet med blåmuslingernes filtrering af vandsøjlen, og den tilknyttede næringsstofekstraktion bidrager til forbedret miljøtilstand og den dertil knyttede stigning i menneskelig anvendelse af havmiljøet. Dette vil ligeledes medvirke til at opfylde nationale og internationale reguleringer af havmiljøet. Anvendelsen af blåmuslinger til konsum og potentielt til andre formål udgør endvidere et produkt, som i sig selv har en økonomisk værdi. Det konkluderes således, at muslingeopdræt potentielt kan bidrage med en række tjenester, der både er fordelagtige for aktører, som har interesser i at forbedre miljøtilstanden i havet, og aktører med kommercielle interesser. Det vil være et centralt element i planlægningen, at der tages højde for de forskellige potentielle økosystemtjenester.

12. Teknisk analyse af muligheden for opdræt af blåmuslinger ved Bornholm

Denne del af specialet skal bidrage til en teknisk forståelse af, hvordan vi mener, at forsøgsopdræt med blåmuslinger kan tage form på Bornholm. Den tekniske analyse er central med henblik på at integrere Nature based Solutions (NbS) i den fysiske planlægningsproces, og skal endvidere bidrage til at identificere, hvilke aktører der er relevante at inddrage i planlægningen og etableringen af demonstrationsprojektet.

Blåmuslingeopdræt er, udover mindre nyttehave, endnu ikke blevet afprøvet på Bornholm. Det eksponerede miljø omkring Bornholm er en udfordring, da voldsomme strøm - og vindforhold kan forårsage ødelæggelser på opdrætssystemerne og resultere i tab af høstudbytte (SUBMARINER Network, 2019). Der er derfor brug for nytænkning og innovative løsninger, og vi vil således forsøge at udvikle forskellige dyrkningssystemer tilpasset de bornholmske forhold. Vi vil i afsnit 12.5 beskrive fire mulige designs af forsøgsopdræt, der skal forsøge at overkomme de udfordringer, som er forbundet med at opdrætte blåmuslinger omkring Bornholm.

For at sikre en helhedsorienteret tilgang, og for at undgå uønskede negative effekter af forsøgsopdrættene vil vi integrere IUCN's grundprincipper for NbS i planlægningen. I forbindelse med valg af placering og udviklingen af dyrkningssystemerne vil vi, som nævnt i afsnit 5.5, særligt tage udgangspunkt i princip 3 omkring, at den valgte løsning skal tage højde for den lokale natur og kultur, samt at inddrage viden fra lokalsamfundet. Derudover vil vi inddrage princip 5 om, at den naturlige og kulturelle diversitet af det lokale økosystem skal vedligeholdes. Disse principper mener vi, har særlig betydning for den fysiske planlægning, da de bidrager med retningslinjer omkring respekt- og forståelse for lokalmiljøet, både i forhold til det naturlige og det kulturelle miljø. Fokus på at inddrage lokale aktører har bidraget med nye perspektiver i forhold til udviklingen af dyrkningssystemer til forsøgsopdrættene tilpasset de lokale forhold. Vi vil sammenligne de fire systemer ud fra deres potentielle høstudbytte og dertil næringsstofreduktion, samt omkostninger og potentiel indtægt ved høst.

Den tekniske analyse vil udelukkende fokusere på mulighederne for at opdrætte og høste blåmuslinger på Bornholm, og afgrænser sig fra at undersøge de tekniske forhold i efterbehandlingen og forarbejdningen af muslingerne til enten foder- eller fødevareprodukt. Dette valg er taget da opdræt af blåmuslinger ikke er afprøvet lokalt nær Bornholm, og det er derfor centralt først at vurdere, om dyrkningen kan lade sig gøre. Mulighederne for at anvende

blåmuslinger som foderprodukt undersøges som nævnt af forskningsprojektet DTU MuMi Pro Projektet og SUBMARINER Network, men det udføres ikke kommercielt på nuværende tidspunkt. Endvidere ligger de tekniske undersøgelser af efterbehandlingen uden for nærværende speciales kompetencer og tidsmæssige ressourcer. Vi vil dog inddrage overvejelser om muligheden for at afsætte blåmuslingerne som foderprodukt og andre anvendelsesmuligheder, da det vil have stor betydning for de langsigtede økonomiske og sociale perspektiver for produktionen.

12.1 Hobbyopdræt i Tejn - og Hammerhavn

Som beskrevet i de metodiske overvejelser, havde vi opsat to hobbyopdræt i Tejn - og Hammer Havn med det formål at teste, hvorvidt der kunne rekrutteres yngel, og for at undersøge, hvordan hobbyopdrættene blev påvirket af de lokale forhold. Vi valgte at placere hobbyopdrættene i havne for at opnå størst mulig beskyttelse ift. vejræssig eksponering. Tejn Havn blev valgt, da ivandet afholder formidlingsaktiviteter ved denne placering, og de kan dermed gøre brug af hobbyopdrættet i den forbindelse. Hammer Havn blev valgt, da der findes et stort område inden for havnemolen, hvor der ikke ligger både, og dermed var der plads i et beskyttet område, hvor et hobbyopdræt kunne placeres. Placeringerne blev godkendt af havnefoged Tom Nielsen og Fiskeristyrelsen.

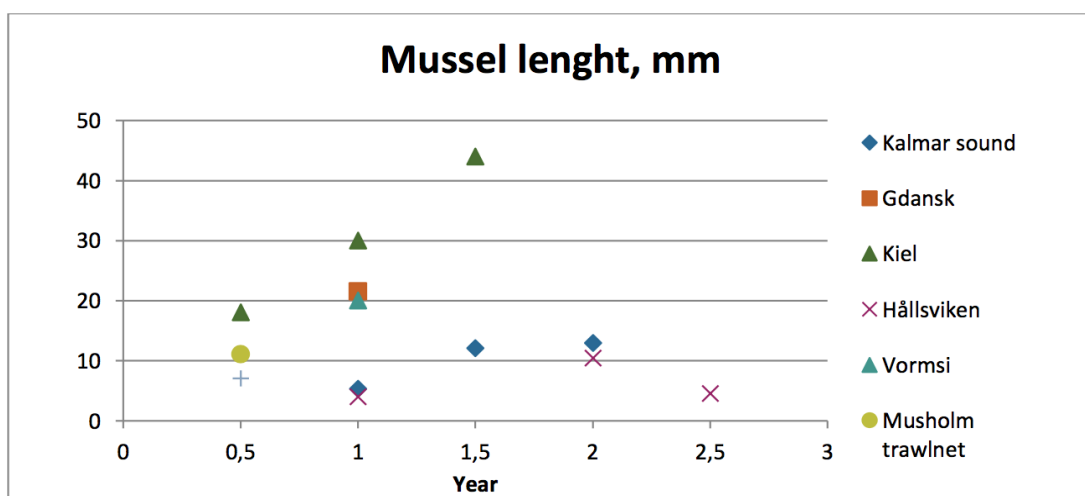
Ved begge lokationer lykkedes det at rekruttere en stor mængde yngel på bændlerne, se billede 3.



Billede 3: Bændel med stor muslingetilvækst i Tejn Havn august 2020.

Ved tilsyn af hobbyopdrættet i Tejn Havn d. 16. oktober 2020, kunne vi observere, at forankringen havde løsrevet sig, og bændlerne havde viklet sig om hinanden, hvilket havde medført, at muslingerne var tabt. Vi vurderede, at skaderne på dyrkningssystemet skete, da der dagen før havde været historisk høj vandstand i Tejn, og mange andre steder på nordøst siden af øen, som følge af en voldsom storm.

Vi tilså muslingerne i Hammer Havn i oktober 2020, hvilket var fem måneder efter bændlerne var sat i vandet. Vi kunne observere, at der ved denne lokation fortsat var mange muslinger. De største af muslingerne var på dette tidspunkt omkring 1,5 cm, hvilket er sammenligneligt med gennemsnittet på muslingernes tilvækst i Kiel og Musholm efter 5 måneder (se figur 4).



Figur 4: Gennemsnitlig skallængde i produktioner i Østersøen (Minnhagen, 2017:20, Figur 16).

Ved tilsyn af hobbyopdrættet i Hammerhavn i marts 2021, var alle muslingerne dog ligeledes tabt, med undtagelse af få der sad på bøjerne (se billede 4). Vi har under tidligere besøg i Hammer Havn set bestande af edderfugle og dykænder i området, vi formoder derfor, at det var prædation fra fuglene i området, som var årsagen til tabet af blåmuslingerne.

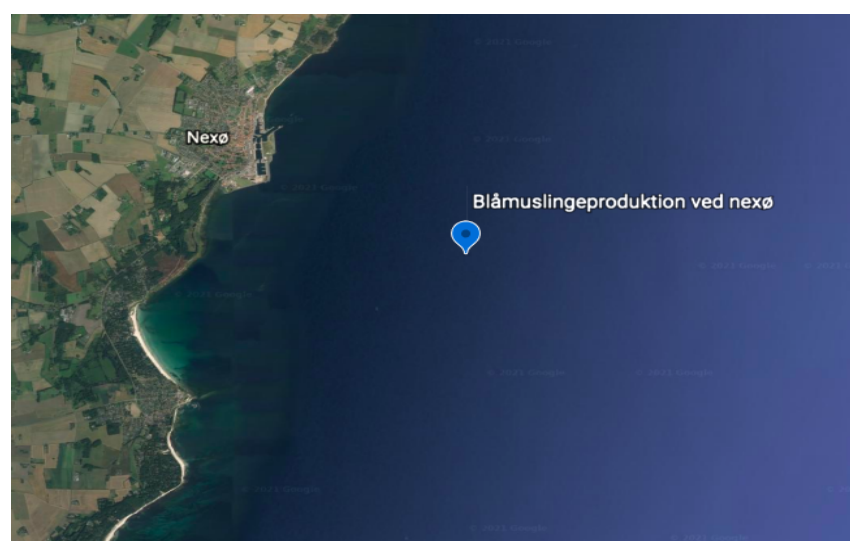


Billede 4: Opdriftsbøje fra hobbyopdræt i Hammer Havn.

12.2 Placering for demonstrationsprojekt

Placering bliver beskrevet som en vigtig overvejelse inden for blåmuslingeopdræt, da det har stor betydning for vækstpotentialet, kvaliteten af slutproduktet, omkostningseffektiviteten for produktionen, effekterne på det omgivende miljø, og den sociale accept af produktionen (SUBMARINER Network, 2019; Dansk Skaldyrcenter, u.å.).

Vi har vurderet, at området syd for Nexø Havn vil være den mest velegnede placering for forsøgsopdrættene.



Billede 5: Valgte placering af havbaserede forsøgsopdræt.

Valget af denne placering er foretaget på baggrund af vores arbejde i forbindelse med tidligere praktikrapport (se bilag 3), hvor vi med udgangspunkt i litteratur og erfaringer fra andre produktioner opstillede en række kriterier, der er afgørende for placeringen af et muslingeopdræt. De udvalgte kriterier er følgende:

“faciliteter på land, naturlig bestand af blåmuslinger, vandskifte og eksponering ift. strøm og vind, iltsvind, dybde, prædation, bundforhold, risiko for tungmetaller, opblomstring af giftige alger og uønskede forurenende stoffer, og aktiviteter der kan konflikte med dyrkningen” (bilag 3: 20).

Vi vil fortsat anvende disse kriterier i vores overvejelser omkring udviklingen af dyrkningssystemerne. I det følgende vil vi gennemgå, hvert kriterium i forhold til de overvejelser, som vi har gjort os omkring, hvilke udfordringer, der kan være i relation til den valgte placering. I denne forbindelse vil vi samtidig redegøre for konklusionerne fra praktikrapporten, da de har betydning for det videre arbejde.

Faciliteter på land

Dette kriterium relaterer sig til omkostningseffektiviteten for produktionen, da arbejdstimer og brændstofforbrug i forbindelse med transport fra land til opdrættet er en stor udgift (bilag 3). For at skabe forudsætninger for højst mulig omkostningseffektivitet er det derfor vigtigt at placere produktionen tæt på områder med bådplads og andre relevante faciliteter (ibid.). Der er i alt 27 havne på Bornholm, hvoraf Nexø- og Rønne Havn er de to største. Nexø Havn er trods væsentlig aktivitetsnedgang stadig en fungerende erhvervshavn, og er et centralt samlingssted for fiskere (ibid.). Der findes derfor en infrastruktur, som kan tilpasses nye maritime erhverv som f.eks. blåmuslingeopdræt. Vores informant Klaus Hjorth Hansen fortæller, at havområdet ud fra Nexø Havn er det eneste sted ved øen, hvor der har været drevet havbrug (bilag 2.4), hvilket vi vurderer som værende en indikator for, at havnen rummer relevante faciliteter. Som følge af en lang historik som aktiv fiskerihavn besidder aktører i Nexø Havn en stor mængde know-how, udstyr og indsigt i de maritime erhverv (ibid.), hvilket vi anser som en styrke at inddrage i demonstrationsprojektet. Samarbejdet med lokale aktører har dermed stor betydning for valget af Nexø Havn som placering, da vi hermed kan inddrage viden og ressourcer fra lokalsamfundet i implementeringen af demonstrationsprojektet. De lokale aktører og deres interesser og kompetencer ift. demonstrationsprojektet vil blive uddybet yderligere i afsnit 14.

Naturlig bestand af blåmuslinger

Det er essentielt, at der er en naturlig bestand af blåmuslinger i det område, hvor opdrættet placeres, da rekrutteringen af muslingelarver sker naturligt ved alle kendte dyrkningssystemer (bilag 3). Derudover er det vigtigt, at substratet⁹ sættes i vandet på det tidspunkt, hvor blåmuslingelarverne har en størrelse, så de kan fastsætte sig (Dansk Skaldyrcenter, u.å.). Dette tidspunkt vurderes i litteraturen til at være mellem maj og juni (bilag 3).

Ved visuel inspektion af nærområdet omkring Nexø Havn, fandt vi blåmuslingeskaller på mellem 1,5-6 cm under besøg i marts 2021, som kan ses på billede 6. Derudover har vores informant Klaus Hjorth Hansen også bekræftet, at der er store mængder af blåmuslingeeyngel i området, og fortæller i den forbindelse, at de oplevede en stor tilvækst af blåmuslinger på nettene rundt om havbruget ud fra Nexø Havn (bilag 3)



Billede 6: Blåmuslingeskaller fundet omkring Nexø Havn i marts 2021.

⁹ Begrebet substrat henviser til det vækstmedie muslingerne fastsætter sig på i opdrætsanlægges. Substratet kan afhængigt af dyrkningssystemet være både net, reb og bændler.

Vandskifte og eksponering ift. strøm og vind

Fælles for størstedelen af aktive blåmuslingeopdræt i Danmark er, at de ligger i fjorde eller bugter, hvor de beskyttes for eksponering af strøm og vind. Storm og høj bølgegang kan forhindre udførelsen af essentielle arbejdsopgaver såsom etablering, tilsyn og vedligeholdelse af anlægget (DTU Aqua, 2008). Musholm er et opdræt beliggende i Østersøen, og de opfatter også placeringen i åbent farvand som en risiko for muslinge anlægget, da strøm og bølger kan være en udfordring med henblik på høstudbyttet, fordi muslingerne kan have svært ved at fastholde sig substratet (bilag 4.1). Vi har med de opsatte hobbyopdræt i Tejn Havn bevidnet, hvordan voldsom bølge- og strømeksponering kan lede til tab af udbytte. Tab af muslinger, og dermed biomasse, kan minimeres ved at undersøge anlæg og andre tekniske tiltag, som valg af materialer (Bruhn et al., 2020).

De eksponerede områder bidrager imidlertid til, at der er en høj grad af vandskifte, hvilket har en positiv effekt på vækstpotentialet og fordelingen af muslingernes fækalier (bilag 3). Fordeling af fækalier kan medvirke til at vedligeholde den naturlige diversitet af det lokale økosystem, da der som tidligere nævnt har været udfordringer med, at anlæg i fjorde og bugter har medført sedimentation af organisk stof under opdræt, hvilket kan skabe forringede iltforhold, og dermed har haft en negativ effekt på bunden under anlægget (ibid.). Endvidere er det vigtigt, at der er en konstant til- og afstrømning af vand med ny næring, for at sikre højest muligt høstudbytte (bilag). Opdrættet skal således placeres i et område, hvor det kan beskyttes mod eksponering for strøm og bølger samtidig med, at der er hyppigt vandskifte. Placeringen syd for Nexø Havn er valgt, da vinden oftest kommer fra vest, og derved kan anlægget få læ for den dominerende vindretning (ibid.).

Iltsvind

Iltsvind er som tidligere nævnt blandt andet en konsekvens af eutrofiering. Der er store områder med iltsvind i Østersøen, hvor dyre- og planteliv, herunder muslinger, ikke kan leve (bilag 3). I området syd for Nexø Havn er der ikke konstateret iltsvind (ibid.). Da områder med iltsvind varierer årligt, bør dette kriterium efterprøves løbende.

Muslinge anlæg kan som tidligere nævnt agere habitat for forskellige arter (Schultz-Zehden et al., 2019). Ved det opsatte hobbyopdræt i Tejn Havn observerede vi, at der blev dannet habitat for forskellige smådyr (se billede 7).



Billede 7: Hobbyopdrættet i Tejn som dannede habitat for blandt andet rejer som kan ses i nederste højre hjørne. Foto af Magnus Heide Andreassen.

Vores informant Tim Staufenberger fortæller, at der er dokumenteret øget biodiversitet under blåmuslingeopdrættet i Kiel, blandt andet fordi skaller, som falder til bunds danner rev og dermed substrat, så andre arter kan fastsætte sig (bilag 2.3). Endvidere fortalte Tim Staufenberger, at der er målt en højere koncentration af næringsstoffer under opdrættet, men at iltningen i bunden samtidig var langt højere, hvilket anses som en positiv miljøeffekt (ibid.). Der var blevet skabt et lokalt økosystem, hvor bundlevende dyr som f.eks. orme gravede i de iltfrie sedimenter og dermed forbedrede iltforholdene, hvilket gjorde at flere dyr kunne leve der (ibid.). Bruhn et al. (2020) mener ligeledes, at et forøget iltoptag under muslingeopdræt ikke vil medføre lokalt iltsvind ved normale vandskifte- og strømforhold for indre danske farvande.

For at sikre, at demonstrationsprojektet implementeres i overensstemmelse med økosystemets kompleksitet, som NbS princip 5 foreskriver, skal det sikres, at både placeringen og det valgte system ikke påvirker iltforholdene negativt eller medfører uønskede effekter på havbundens struktur under anlægget. Iltforholdene og sedimentationen under anlægget skal derfor løbende monitoreres i forbindelse med demonstrationsprojektet.

Dybde

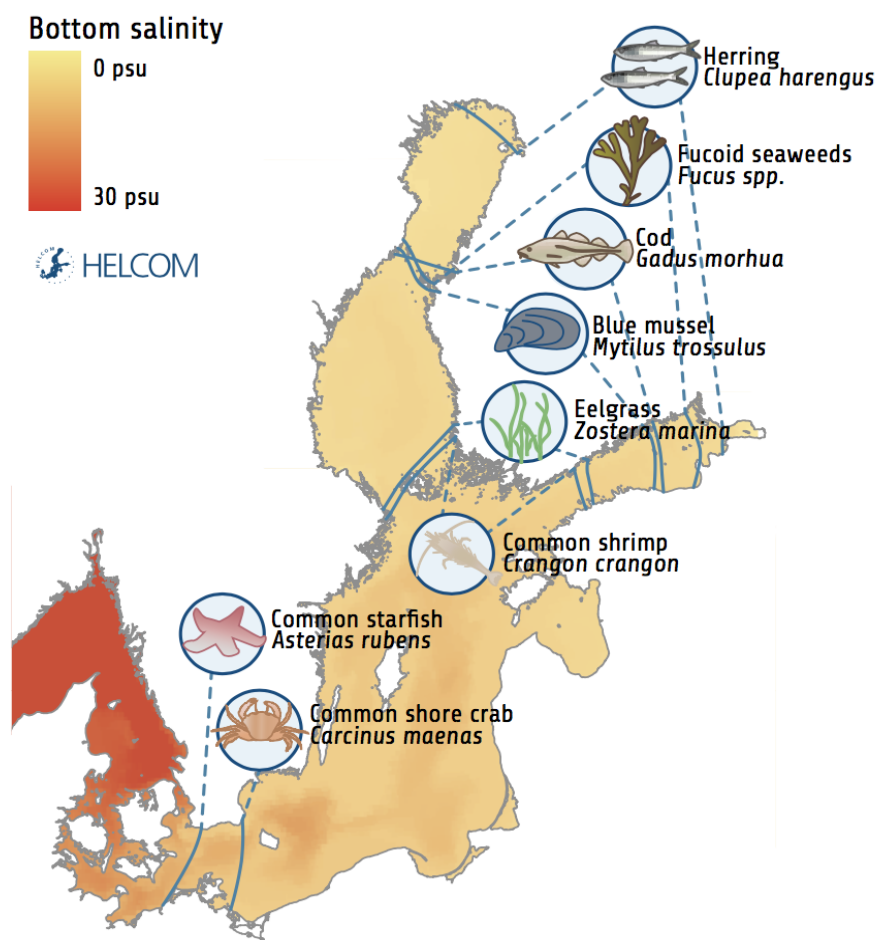
Den optimale dybde for dyrkning af blåmuslinger afhænger af, hvilket dyrkningssystem der benyttes (Dansk Skaldyrcenter, u.å.). Dansk Skaldyrcenter anbefaler, at opdræt placeres i vand dybere end 4-5 meter, hvilket skyldes økologiske hensyn til udbredelse af ålegræs, da dette sker ved denne dybde eller lavere (ibid.). Derudover må substratet, hvor muslingerne dyrkes ikke være i kontakt med havbunden, da det kan forårsage tab af biomasse og medføre en ringere kvalitet af slutproduktet, ved at blåmuslinger optager og indeholder sand (bilag 3).

Med risiko for isdække af områder i Østersøen og for at undgå bølgeeksponering anbefaler SUBMARINER Network, at anlæg undersænkes mindst 3 meter under vandoverfladen (bilag 3). Dette vil desuden mindske potentielle visuelle gener af anlægget (ibid.) Ifølge vores undersøgelser i forbindelse med tidligere praktikrapport blev det konkluderet, at dybden ud fra Nexø Havn ligger inden for kriteriet (ibid.).

Udover de nævnte anbefalinger bør blåmuslingerne også placeres på den dybde i vandsøjlen, hvor der er størst fødetilgængelighed (ibid.). Den optimale dybde ud fra Nexø Havn med henblik på fødetilgængelighed i vandsøjlen er noget, som demonstrationsprojektet skal medvirke til at vurdere, da det ikke har været muligt at finde litteratur, som afdækker dette. Denne undersøgelse kan foretages ved at sætte et bændel fra havbunden, som er sat fast til en bøjle i havoverfladen, og undersøge, hvor i vandsøjlen muslingerne sætter sig og har størst tilvækst.

Prædation

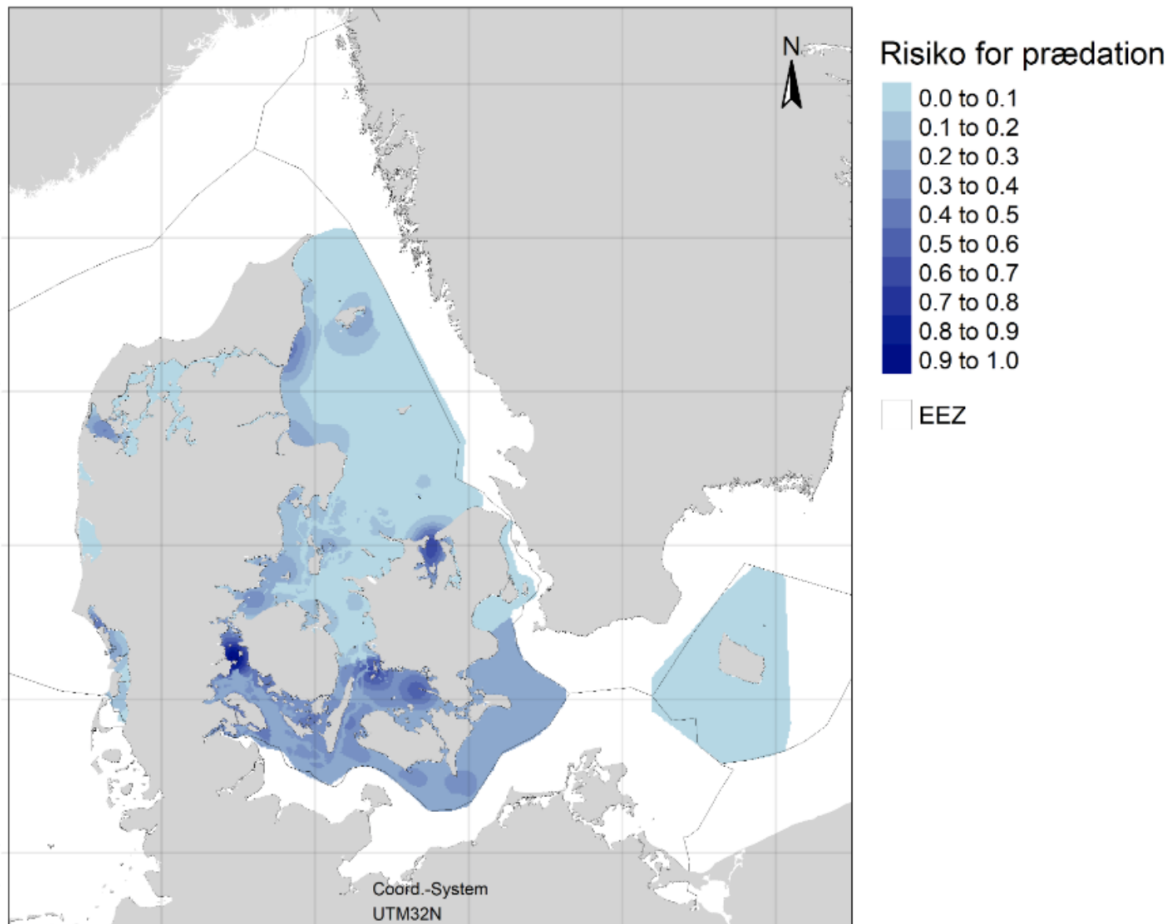
Søstjerner, edderfugle og krabber kan, som nævnt i afsnit 7.2, prædere på blåmuslinger, hvilket betyder, at opdræt bør placeres i områder, hvor kvantiteten af prædatorer er lav.



Figur 5: Illustration af hvilke arter, der lever langs saltgradienten i Østersøen. Søstjerner og krabber lever ikke omkring Bornholm som følge af den lave salinitet (HELCOM, 2018a: 13, figur 1.2).

Omkring Bornholm anses søstjerner og krabber ikke som en trussel, fordi saliniteten gør levevilkårene uegnet for disse arter (se figur 5). Vores informant Mads Hecter fortæller, at edderfugle har været en af de største udfordringer for hans produktion, og en problematik der har gjort, at størrelsen på muslingerne har været meget varierende (bilag 2.1). Edderfugle har ligeledes været en udfordring for Musholm, som har ædt de muslinger, der sidder på den øverste meter af nettene i deres opdrætsanlæg (bilag 4.1). Der kan tages højde for udfordringen med prædation i valget af anlæg og placering. Der er forskellige metoder til at beskytte mod prædation, for eksempel at sætte net rundt om anlægget, men det fremhæver Mads Hecter er en forholdsvis dyr investering (bilag 2.1). Derudover er net til at beskytte blåmuslingeopdræt ikke færdigudviklet endnu, og der skal tages højde for negative effekter af indhegning af opdrættene med net, som eksempelvis uønsket bifangst af fugle i nettene (Petersen et al., 2021). Med hobbyopdrættet i Hammer Havn, har vi oplevet, hvordan prædation kan være en udfordring, hvor vi vurderer, at blåmuslingerne er ædt af prædatorer, da der i området er en stor forekomst af fugle.

Petersen et al. (2021) konkluderer, at der omkring Bornholm er lav risiko for prædation af edderfugle (se figur 6). Konklusionen er foretaget på baggrund af vintertælling og generel viden om edderfugle forekomst. Endvidere vurderer vores informanter Karsten Holm og Klaus Hjorth Hansen, at prædation af fugle ikke vil være et problem, hvis opdrættet placeres 3 km ud fra havnen, da de ikke færdes så langt ud fra kysten (bilag 2.4).



Figur 6: 0.0 refererer til at der er ingen risiko for edderfugle, og 1.0 referer til at der er 100% risiko. (Petersen et al., 2021: 10, figur 2.2).

Bundforhold

Vores informant Mads Hecter fortæller, at noget af det, som har størst betydning for valget af dyrkningssystem er, at bundforholdene passer til de forankringsmetoder der bruges, og at dybden er passende i det valgte område (bilag 2.1). Ved langlineproduktion er den mest anvendte forankringsmetode i Danmark skrueanker (Dansk Skaldyrcenter, u.å; DTU Aqua, 2008). Ved denne forankringsmetode bores skrueankere ned i havbunden, hvilket kun er økonomisk rentabelt i blødere sedimenter (bilag 2.1). Sedimentet 4-5 km ud fra Nexø Havn er grundfjeld, som generelt er udbredt rundt om Bornholm (bilag 3), hvilket gør det til et vilkår på tværs af

mulige placeringer. Bundforholdene sætter således krav til, at forsøgsopdrættene kan forankres ved andre metoder end skrueanker, hvilket vil være en udfordring, der har betydning i forhold til udviklingen af dyrkningssystemerne.

Kriteriet om bundforhold omhandler ligeledes, at der skal tages højde for sårbare naturtyper og dyrearter, som potentielt kan beskadiges (ibid.). Et opdræt kan påvirke bundlevende plante- og dyrearter ved at skygge for sollyset og, som tidligere nævnt, ved at belaste bunden lokalt med fækalier (ibid.). Derudover vil forankring med anker kunne beskadige bunden, hvis det er i bevægelse (ibid.). Det har i forbindelse med nærværende speciale ikke været muligt at undersøge de lokale bundforhold, men dette vil være vigtigt i forbindelse med etableringen af demonstrationsprojektet. Dog er der ikke afmærkninger eller fredningsområder, der antyder, at der er særlige naturtyper, der skal tages højde for i området (ibid.). En sådan undersøgelse forventes at kunne udføres med en undervandsdrone, hvilket er en dyr, men potentiel nyttig investering, også til fremtidig inspektion af forsøgsopdrættene i demonstrationsprojektet.

Risiko for tungmetaller, opblomstring af giftige alger og uønskede forurenende stoffer

Der er en lang proces forud for etableringen af en blåmuslingeproduktion, som indebærer indhentning af tilladelser fra blandt andre Fødevarestyrelsen (Dansk Skaldyrcenter, u.å.). Før dyrkningssystemet må sættes i vandet, skal Fødevarestyrelsen godkende etableringen af et nyt produktionsområde, og inden høst er der krav om, at producenten indsender prøver af muslingevæv, vand mm. (Miljø- og Fødevareministeriet, 2019b). Herefter bliver produktionsområdet på baggrund af prøveresultaterne klassificeret som enten A¹⁰, B eller C, og kan lukkes helt, hvis resultatet for prøverne overstiger de vedtagne grænseværdier. Prøverne bliver taget løbende under produktionen (ibid.). De indsendte prøver bliver analyseret for algegifte, sundhedsfarlige bakterier, vira og kemisk forurening såsom tungmetaller og andre miljøforurenende stoffer (ibid.). Flere af vores informanter fortæller, at det er en meget omkostningstung udgift både at tage, og få analyseret de påkrævede prøver (bilag 2.1; bilag 2.3), og det er derfor vigtigt at sikre gode forudsætninger for, at produktionsområdet kan opnå en klassificering A (Miljø- og Fødevareministeriet, 2019b).

Et blåmuslingeopdræt skal placeres med afstand til spildevandshåndtering og andre udløb med risiko for indhold af Salmonella og E. coli (ibid.). Med henblik på kemisk forurening, må opdræt af muslinger heller ikke placeres i nærheden af klappings-, dumping- og havneområder (ibid.). Der er på søkortet ikke markeret klappings- eller dumpingområder i nærheden af den valgte

¹⁰ "Kun muslinger fra zone A kan sælges som levende og direkte til konsum" (Fødevarestyrelsen, 2018:1)

lokation (bilag 3). Det fremgår ikke af *Bekendtgørelse om muslinger m.m.* (Miljø- og Fødevareministeriet, 2019b), hvordan “i nærheden af” er defineret, men der ligger både et rensningsanlæg samt Nexø Havn og andre havne langs kysten.

På baggrund af en opgørelse fra HELCOM forsøgte vi i forbindelse med praktikrapporten at vurdere koncentrationen af forskellige miljøfremmede stoffer i Bornholm Bassin, som er havområdet ud fra Nexø Havn. I Bornholm Bassin og andre dele af Østersøen overstiger koncentrationen af flere miljøfremmede stoffer HELCOMs grænseværdier. På trods af dette er fødevarekvaliteten ikke påvirket ved blåmuslingeproduktionen i hverken Kiel eller i Skt. Anna (bilag 2.3; bilag 3).

Muslingers indhold af algegifte, sundhedsfarlige bakterier, vira og kemisk forurening såsom tungmetaller eller andre miljøfremmede stoffer skal løbende monitoreres, og er nogle af de parametre demonstrationsprojektet skal hjælpe med at belyse.

Aktiviteter, der kan konflikte med dyrkningen

Den foreslåede placering er 3 km ud fra kysten, hvilket vi vurderer, vil skabe minimale visuelle gener. Anlægget skal dog alligevel markeres med afmærkningsbøjer (Miljø- og Fødevareministeriet, 2017b), men vores informanter Klaus Hjorth Hansen og Karsten Holm mener ikke, at dette vil være til gene rent visuelt (bilag 2.4).

Mange af de aktører, som kan have interesser i området, vil være høringspartnere, når området skal godkendes til produktionsområde, og ifølge vores informant Mads Hecter, vil det i den forbindelse være vigtigt at afdække, hvilke aktiviteter i området, der kunne konflikte med et anlæg (bilag 2.1). Der udgår meget trafik fra Nexø Havn, både erhvervsmæssig og med rekreative formål (bilag 3). Bornholm er, som nævnt afsnit 10, afhængig af turisme, som særligt relaterer sig til kyst- og havaktiviteter. Derudover landes der stadig fisk i Nexø Havn, hvilket skaber trafik til og fra havnen, og Nexø Havn rummer endvidere en lystbådehavn, som der bør tages højde for (ibid.).

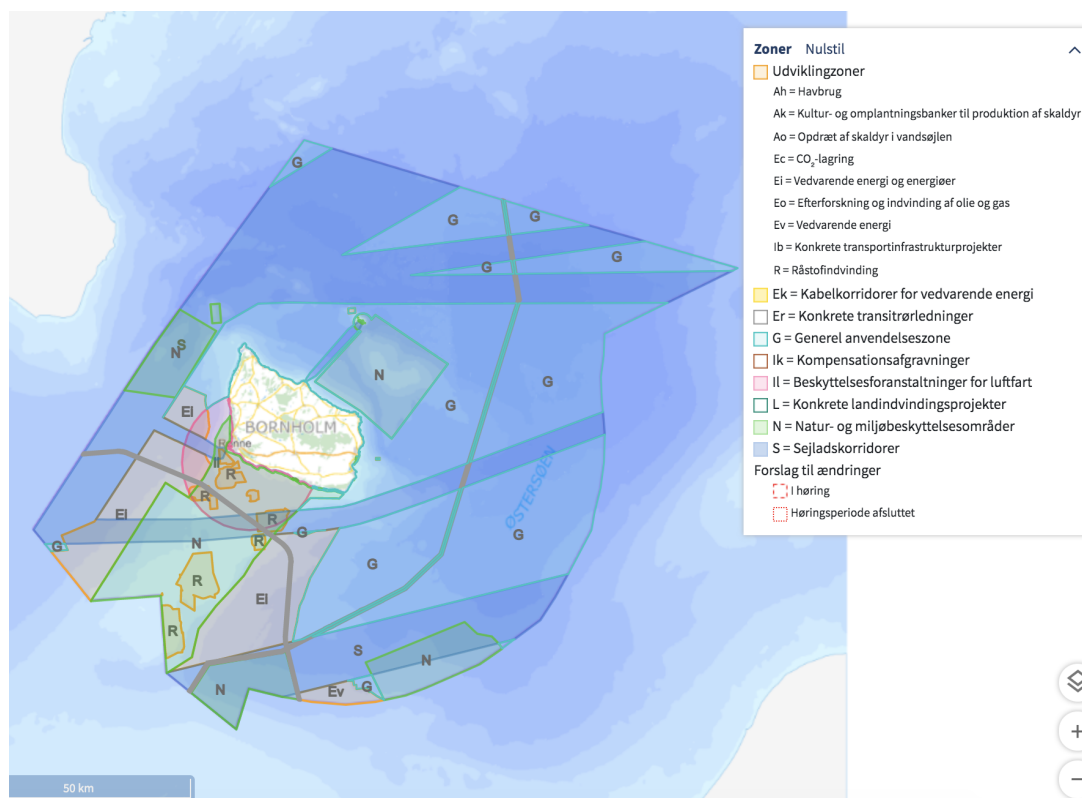
Ifølge vores informanter Klaus Hjorth Hansen og Karsten Holm, vil der ikke være nogen interesser i det valgte område, som vil konflikte med et forsøgsopdræt (bilag 2.4). Hverken lystbåde, sportsfiskere eller erhvervsfiskere vil, ifølge Klaus Hjorth Hansen, gøre indsigelser, da få opdriftsbøjer placeret med den afstand til kysten ikke vil være til gene (ibid.).

Som følge af EU's direktiv om maritim fysisk planlægning skal Danmark i 2021 udarbejde en national havplan, som skal danne rammerne for en fysisk planlægning for det samlede danske havareal (Søfartsstyrelsen, 2021). Direktivets formål er at “bidrage til at fremme en bæredygtig

økonomisk vækst i de maritime erhverv, en bæredygtig udvikling af havarealerne og en bæredygtig udnyttelse af havressourcerne under anvendelse af en økosystembaseret tilgang” (Søfartsstyrelsen, 2021:18).

Danmarks havplan sætter rammerne for den strategiske prioritering af anvendelsen af havarealet, og inkluderer planlægningen af en række forskellige sektorer. En af de sektorer er akvakultur, herunder muslingeproduktion, hvor det fremgår af havplanen, at regeringens synspunkt er, at akvakultur skal være bæredygtigt (Søfartsstyrelsen, 2021).

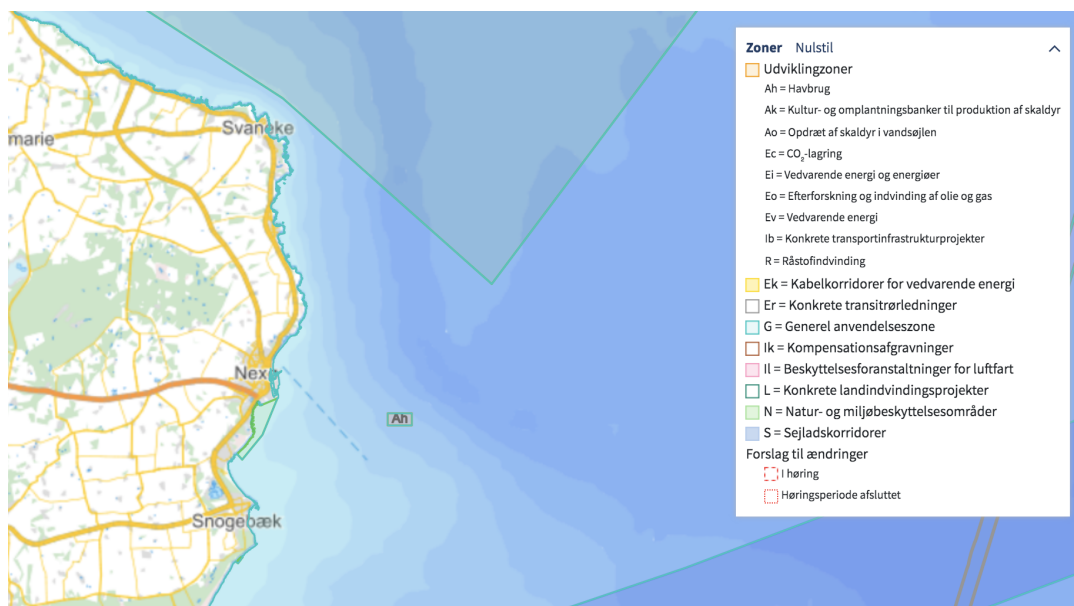
Nedenfor ses et kort over havområdet ud fra Bornholm og prioriteringen af anvendelsen. Området for den foreslåede placering af forsøgsopdrættene syd for Nexø Havn er markedet som *Generel anvendelse (G)*. I havplanen er generelle anvendelseszoner defineret som “de områder i havplanen, der ikke er udlagt til andre formål” (Søfartsstyrelsen, 2021: 49). Det er især i de kystnære områder, at der er udlagt mange arealer til generel anvendelse, for at friholde områderne fra aktiviteter, der vil kunne forhindre eller vanskeliggøre f.eks. sejlads, fiskeri, turisme eller rekreativ anvendelse af havet (Søfartsstyrelsen, 2021). Den generelle anvendelseszone skaber dermed muligheder for aktiviteter og anlæg, der ikke planlægges for med havplanen (ibid.).



Figur 7: Zoneinddeling i Havplanen af havområdet ud fra Bornholm (Søfartsstyrelsen, u.å)

Det fremgår dog samtidig af havplanen, at de generelle anvendelseszoner også er tiltænkt fremtidige aktiviteter og anlæg, der ikke er vedtaget eller planlagte på nuværende tidspunkt (ibid.). Dette gælder så længe disse aktiviteter og anlæg kan sameksistere med andre aktiviteter i området. Vi forstår ved inddelingen af zoner, at det område vi har foreslået til etablering af forsøgsopdrættene skal omlægges til udviklingszone, hvis det skal bruges til *opdræt af skaldyr i vandsøjlen* (se zoneinddelingen på figur 7). Dette kan ske, hvis Søfartsstyrelsen bevilger tilladelse.

Det bemærkes endvidere, at der ikke er andre aktiviteter eksempelvis sejlkorridorer eller natur- og miljøbeskyttelses områder, som vil konflikte med den foreslåede placering syd for Nexø Havn. Endvidere ligger den valgte placering tæt på det område, hvor Bornholms Havbrug lå, og dette område er stadig godkendt til havbrug. Dermed vurderer vi, at dette kan være en indikator på, at det er muligt at skaffe tilladelser til andre aktiviteter inden for akvakultur i området (se figur 8).



Figur 8: Det ses på kortet ses et mindre område ud fra Nexø til udviklingszone udlagt til havbrug (Søfartsstyrelsen, u.å)

12.3 Opsamling

Vi har valgt havområdet ud fra Nexø Havn som den valgte placering for demonstrationsprojektet. Det er ikke alene de biologiske og fysiske faktorer, men også at havnen har passende faciliteter og udstyr, som vil være afgørende for realiseringen af demonstrationsprojektet. Desuden er der

en række aktører i Nexø Havn med erfaringer og viden om det maritime erhverv, som vil være relevante at inddrage i udviklingen af forsøgsopdrættene.

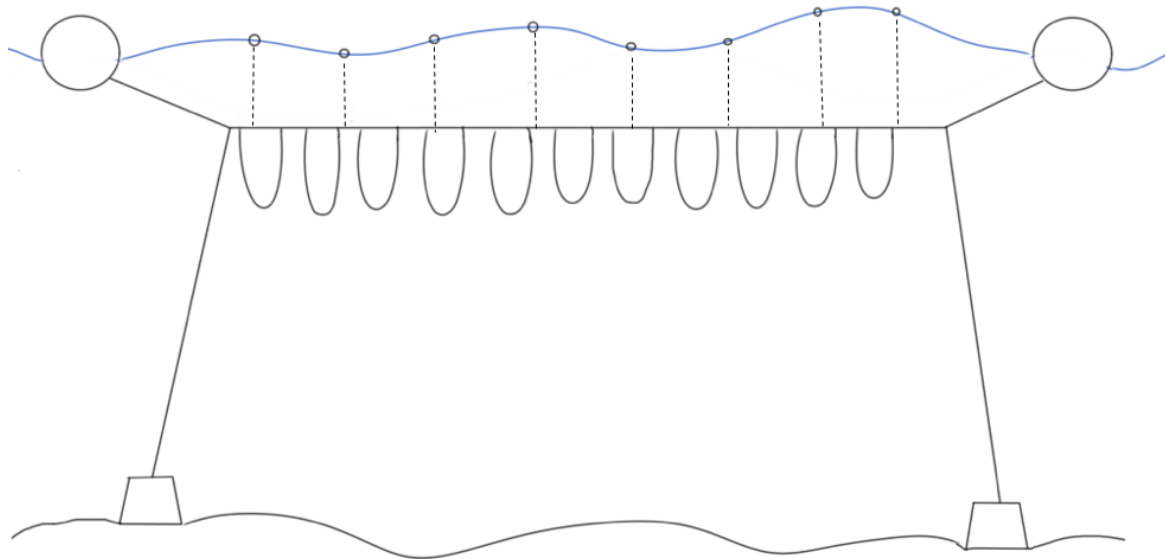
En fordel ved placeringen i et åbent havområde ud fra Bornholm er, at det kan sikre muslingernes fødetilgængelighed, da der vil være en konstant til-og afstrømning af vand med ny næring. Det hyppige vandskifte vil ligeledes medvirke, at muslingernes fækalier bliver fordelt. I forhold til udviklingen af et dyrkningssystem tilpasset de eksponerede forhold, er der en række udfordringer, der er væsentlige at tage højde for, og dyrkningssystemet skal så vidt muligt designes således, at det kan beskyttes mod eksponeringen for vind og strøm. En yderligere udfordring er, at det vil være vanskeligt at anvende traditionel forankring som skrueanker, da sedimentet ud fra Nexø Havn er grundfjeld. Forankringsmetoden skal derfor tage udgangspunkt i de lokale forhold, og samtidig skal det sikres, at den valgte forankring ikke beskadiger bunden.

Vi har yderligere identificeret nogle centrale parametre, der vil have betydning for produktionen, som demonstrationsprojektet skal medvirke til at belyse:

- Muslingernes tilvækst.
- Iltforholdene og sedimentationen under anlægget.
- Muslingers indhold af algegifte, sundhedsfarlige bakterier og vira samt kemisk forurening såsom tungmetaller og andre miljøforurenende stoffer.

12.4 Kendte metoder og dyrkningssystemer

Der findes en række forskellige metoder og systemer til at dyrke og høste blåmuslinger. I Danmark bliver der overvejende opdrættet blåmuslinger i Limfjorden på langlinesystemer (Bruhn et al. 2020), hvor muslinger gror i sokker hængende ned fra liner, der er udspændt mellem opdriftsbøjer (Dansk Skaldyrcenter u.å.). Et langlinesystem (se figur 9) findes i mange størrelser, men i Danmark bliver et standard anlæg opgjort til 18,8 ha (Taylor et al., 2019). Mindre anlæg er også afprøvet i forbindelse med SUBMARINER projektet Blue Baltic Growth. I øhavet ved Sankt Anna på østkysten af Sverige har et anlæg på 4 ha haft stort høstudbytte, og i Kiel Bugt bliver et anlæg på 0,21 ha drevet kommercielt (Minnhagen, 2019).



Figur 9: Skitse af langlinesystem.

I en modifikation af langlinesystemet anvendes der net i stedet for liner, hvor nettet udspændes mellem PE¹¹-rør, se billede 8 (Plesner et al., 2015). Dette system bliver kaldt SmartFarm, og de krav der gør sig gældende ift. placeringen af et SmartFarm system, minder om dem for langlinesystemet.



Billede 8: Udsætning af Smartfarm-system (Plesner 2015: s. 15 figur 3.9).

¹¹ Polyethylen (PE) er en type plast.

12.5 Foreslåede forsøgsopdræt tilpasset Bornholm

På baggrund af vores litteraturundersøgelser og interview med en række fagpersoner, vi vil præsentere fire forskellige forsøgsopdræt på Bornholm ud fra de beskrevne betingelser, der har betydning for blåmuslingernes vækst og levevilkår. Gennem SUBMARINER Network er vi blevet introduceret for andre opdræt, der er placeret i eksponerede områder, som benytter særlige systemer, der forsøger at overkomme udfordringerne med vejrmæssig eksponering. DTU Aqua fremhæver, at vurderingen af vandområdet omkring Bornholm som en uegnet placering for muslingeopdræt skyldes, at den eksisterende teknologi indenfor dyrkning på åbent hav ikke er testet i danske farvande (Petersen et al., 2021). Med udgangspunkt i NbS tilgangen, har vi forsøgt at tilpasse opdrætssystemer til de bornholmske forhold, hvor vi har benyttet den lokale viden og erfaringer fra det maritime erhverv. Vi har i den forbindelse udviklet tre havbaserede systemer og et landbaseret system.

Vi har valgt, at forsøgsopdrættene skal være omkring en femtedel størrelse ift. systemer brugt i kommerciel produktion, da de på den måde er billigere og mere håndterbare med de faciliteter, der allerede eksisterer i Nexø Havn. Dermed kan vi også afprøve flere forskellige konfigurationer af hvert system simultant, og dermed skabe stærkere grundlag for valg af fremtidigt dyrkningssystem. Der er dog også ulemper ved dette valg, da mindre systemer generelt er mere sårbare overfor vind og vejr (bilag 2.5), og dermed kan der forekomme skader på anlæggene, som ikke nødvendigvis kan tilskrives selve systemet, men muligvis blot størrelsen på systemet.

De tre havbaserede systemer er udviklet i samarbejde med direktør af Nexø Vodbinderi, Klaus Hjorth Hansen, og en lokal fisker Karsten Holm. De er i praksis inddraget i udviklingsprocessen ved møder, hvor vi med vores viden omkring dyrkning af blåmuslinger har sat de overordnede rammer, og Klaus Hjorth Hansen og Karsten Holm har med deres erfaringsgrundlag bidraget med indsigt i forholdene omkring havnen og havet ud fra Nexø, samt forslag til valg af placering og udformning af systemerne.

Det landbaserede dyrkningssystem er udviklet i samarbejde med Gert Jørgensen, der er daglig leder af Bornholms Lakseklækkeri og Peter Birk, pumpeingeniør, og ejer af Scanregn. Vi har endvidere fået inspiration til udformningen af opdrættet ved besøg hos Venø Seafood, hvor Kristian Borbjerggaard driver en produktion med østers på land. Den tekniske beskrivelse af de fire systemer vil blive gennemgået i de følgende afsnit, og vi vil afslutningsvis vurdere systemernes potentielle høst og næringsstoffjernelse samt indtægten ud fra forskellige scenarier.

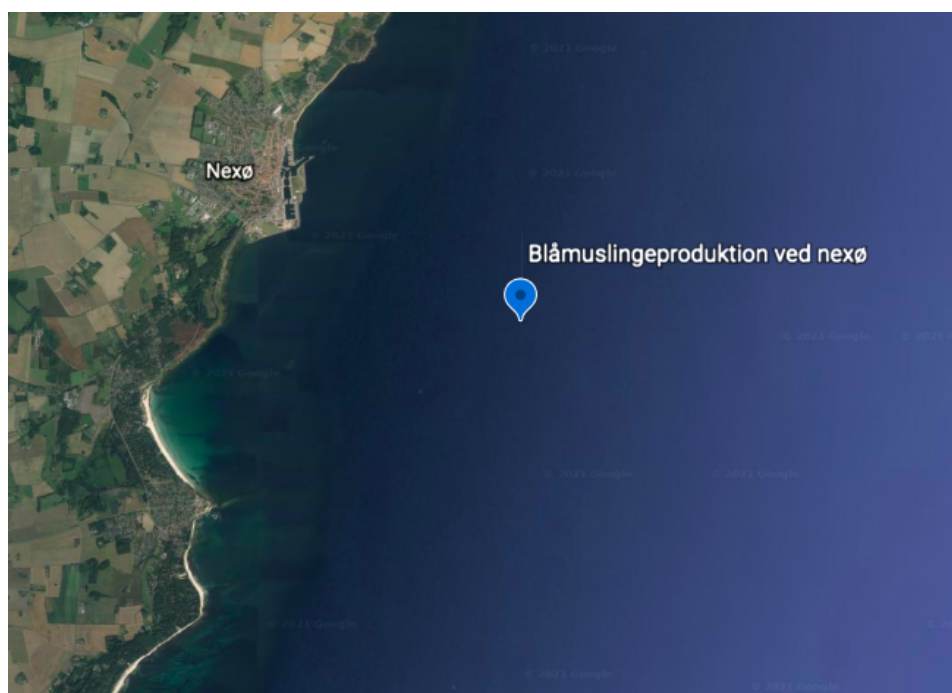
12.5.1 Havbaseret forsøgsopdræt

Vi vil i dette afsnit beskrive de tre forsøgsopdræt, der er placeret i havet, som er følgende: *Net for svaj*, *cirkel for svaj* og *undersænket langlinesystem*. Først vil vi præsentere nogle generelle overvejelser, der gør sig gældende for alle tre forsøgsopdræt, og efterfølgende vil vi beskrive den tekniske udformning af de tre systemer, herunder deres potentialer og udfordringer.

Placering

Forsøgsopdrættene skal som nævnt sænkes under havoverfladen. Dyrkningssystemer i New Zealand undersænkes omkring 10 meter under overfladen (Buck & Langan, 2017), hvilket formentlig også skal være tilfældet omkring Bornholm, da bølgerne ikke bliver højere end det (bilag 2.5). Det bliver hurtigt dybt ud fra Nexø; omkring 1 km ud fra kysten er der 20 meter dybt og 4 km ud er der 50 meter dybt. Det er derfor ikke nødvendigt at komme langt ud for at komme under bølge zonen.

Vi har udvalgt et område ud fra Nexø Havn, og vores informant Karsten Holm har udpeget et koordinat i dette område, som han mener er en velegnet placering. På billede 5 ses koordinatet som det blå punkt. Der er omkring 30-40 meter dybt ved koordinatet.



Billede 5: Valgte placering af havbaserede forsøgsopdræt.

Høsttidspunkt

Muslinger i Limfjorden bliver høstet enten 7 eller 12 måneder efter yngelfanget er udsat (Bruhn et al., 2020). Da vi endnu ikke kender den præcise vækstrate for blåmuslingerne omkring Bornholm, vil det være svært at vurdere det præcise høsttidspunkt. Dog vil det højst sandsynligt blive om efteråret, når muslingerne har været i vandet i omkring 16-18 måneder på baggrund af muslingernes langsommere vækst i Østersøen. I Sankt Anna, der ligeledes ligger i Østersøen, blev muslingerne høstet efter 24 måneder, hvilket også kan blive høsttidspunkt ud fra Nexø Havn, hvis muslingerne har en lignende vækstrate. Saliniteten ved Bornholm er dog højere, hvilket betyder, at høsttidspunktet muligvis kan blive allerede efter 16-18 måneder.

Forankring

Forankringen af forsøgsopdrættene er et element, som kan have stor betydning for, hvilket udstyr der er nødvendigt til etableringen. I New Zealand anvendes et skrueanker til undersænkede langlinesystemer (Buck & Langan, 2017), men denne metode kan ikke lade sig gøre på det område, som vi har valgt at placere forsøgsopdrættene, da sedimentet som tidligere nævnt er grundfjeld, og det vil være en stor udfordring at bore ankeret heri. Vores informant Karsten Holm mener, at det vil være muligt at bruge et almindeligt anker, hvor der påsættes kæder til at fastholde forsøgsopdrættene (bilag 2.4). Denne form for forankring vil også gøre det muligt at hive ankeret op og flytte eller fjerne det igen (bilag 2.5). I New Zealand brugte de første undersænkede langlinesystemer et andet almindeligt anker kaldet et danforth anker (Buck & Langan, 2017), og der er således indikationer på, at denne metode kunne virke. Dog vil det være nødvendigt at overveje kædernes påvirkning på havbunden, da det vil være uhensigtsmæssigt at kæderne skraber over bunden.

Cementblokke er en anden forankringsmetode, der benyttes til undersænkede langlinesystemer i New Zealand (ibid.). De er dog ofte store og tunge, og det kræver store både til at placere dem i havet. Klaus Hjorth Hansen mener, at det vil betyde en væsentlig stigning i omkostningerne ved etablering, da han har erfaringer fra opsætning af lignende cementblokke i Sverige (bilag 2.5). Da cementblokke er en velkendt forankringsmetode, mener vi, at det vil være relevant både at afprøve cementblokke og forankring med anker og kæde.

12.5.2 Net for svaj

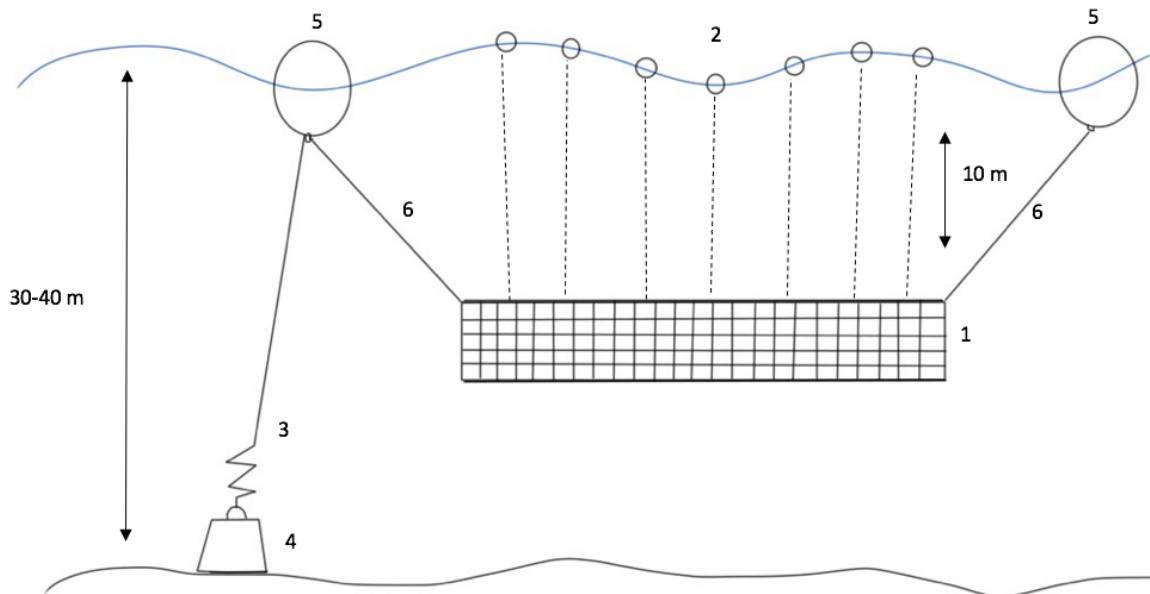
Gennem vores informant Klaus Hjorth Hansen, er vi blevet bekendt med en metode til at fange fisk, hvor der sættes et net i vandet, som bliver forankret for svaj. Således kan nettene følge strømmen, hvilket beskytter dem for at blive revet i stykker af bølger eller strøm. På samme måde som et flag der svajer i vinden, vil nettet svaje i vandet med strømretningen, spændt ud mellem

et anker på bunden og en bøjle i havoverfladen (se figur 10). Bornholms Havbrug benyttede denne forankringsmetode i 2014 til at producere ørred i havet ud fra Nexø (bilag 2.4). Ved at sætte nettene for svaj vil vi forsøge at overkomme de udfordringer, som kan være forbundet med at placere forsøgsopdrættet i et eksponeret havområde. De traditionelle systemer, især langlinesystemerne, er meget påvirkelige overfor både bølger og strøm. Ved at anvende en forankringsmetode, der gør det muligt, at nettet følger strømmen, forventer vi, at det vil gøre anlægget mere modstandsdygtigt. Vi formoder endvidere, at opdrættes bevægelighed kan bidrage med at imødekomme langlinesystemernes udfordringer med, at skygge på havbunden. Systemets bevægelighed kan også medvirke til, at muslingernes fækalier bliver spredt og sikre muslingernes fødetilgængelighed.

I Danmark er denne metode til at opdrætte blåmuslinger ikke afprøvet, og systemet skal således udvikles fra bunden. Dog ved vi fra vores deltagelse til møder i SUBMARINER Networks Mussel Working Group, at metoden er afprøvet i Sverige, og systemet fungerer, men kræver meget plads på grund af opdrættes bevægelighed. Det svenske forsøg var placeret i Øresund, hvor der er væsentlig mindre plads sammenlignet med Østersøen ud fra Nexø. Selvom det umiddelbart er positivt, at det svenske forsøg er vellykket, er der stadig en række udfordringer, som er nødvendige at tage højde for, som vil blive uddybet nærmere i det følgende.

Teknisk beskrivelse

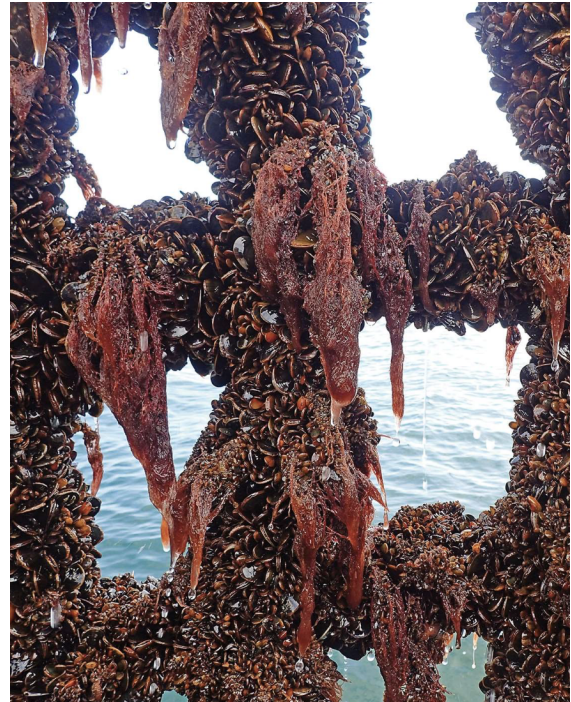
Figur 10 viser en skitse af net for svaj-systemet, og hvert element er nummereret, og vil blive forklaret i den efterfølgende beskrivelse af systemet.



Figur 10: Nummereret skitse af net for svaj-systemet.

1) Net

Net til muslingeopdræt er en kendt teknologi (se billede 10 til højre), og resultater fra Limfjorden viser potentialer for stort høstudbytte af biomasse (Taylor et al., 2019). Ved at bruge net frem for langliner øges pladsoptimeringen, da der kan sidde flere blåmuslinger på nettene (ibid.). Dette vil være essentielt, da dette systems bevægelighed betyder, at der kan være færre opdræt på det samme område sammenlignet med stillestående langlinesystemer, da de kan stå tæt uden at støde sammen. Brugen af polyester er uheldig, da den vil resultere i mikroplastik tilførsel til havmiljøet, og dermed vil det være en prioritet at undersøge, om der findes et nedbrydeligt materiale, som kan erstatte det.



Billede 9 (til venstre): Net på PE-rør i forsøg med blåmuslinger- produktion i Østersøen (Minnhagen, 2017: 23).
Billede 10 (til højre): Blåmuslingetilvækst på net (Bruhn et al., 2020: 5).

2) PE-rør top og bund

Nettet er spændt ud mellem to PE-rør i toppen og i bunden (se billede 9 til venstre). PE-røret er lavet af solidt plastik og Klaus Hjorth Hansen vurderer, at det vil kunne holde nettet udspændt. Hans vurdering bygger på erfaringer fra Bornholms Havbrug og Musholm Havbrug, som har anvendt PE-rør til lignede formål. Endvidere er det samme metode som SmartFarm A/S og aktører i Limfjorden benytter (Plesner et al., 2015).

3) Reb fra anker til markeringsbøje

Der løber et reb fra ankeret op til markeringsbøje, som holder systemet fast til ankeret. Det skal være 2-3 gange afstanden fra havbunden og op til overfladen (bilag 2.5).

4) Anker

Som tidligere nævnt er den mest anvendte forankringsmetode i Danmark skrueanker, som ikke harmonerer med bundforholdene ud fra Nexø. Vi vil derfor forsøge både med et almindeligt anker med kæde og en cementblok jf. ovenstående afsnit om forankring.

5) Markeringsbøje

Som vist på figur 10 skal der over ankeret fastgøres en stor markeringsbøje med reb, hvor nettet bliver sat på. I den modsatte ende af nettet sættes endnu en markeringsbøje. Dette skal sikre, at andre brugere af havområdet er opmærksomme på forsøgsopdrættet, og gøre det muligt at lokalisere det bevægelige system.

6) Reb

Der skal både benyttes reb til at fortøjre ankeret til markeringsbøjen samt mellem PE-røret og markeringsbøjene. Endvidere skal der bruges reb til at påsætte opdriftsbøjer.

7) Opdriftsbøjer

Vores informant Klaus Hjorth Hansen vurderer, at det i forhold til blåmuslingernes tilvækst vil være nødvendigt med opdriftsbøjer for, at nettet ikke synker. På billede 11 og 12 ses forskellige former for opdriftsbøjer i forbindelse med mulingeopdræt anlæg. Klaus Hjorth Hansen mener, at der skal placeres 40 stk. 11 L opdriftsbøjer på 20 meter net fastgjort til PE-røret i toppen (bilag 2.4). Vores informant Per Dolmer pointerer, at der generelt skal være 1000 L opdrift til 2,5 tons blåmuslinger i vand (bilag 4.3). Dette kan variere efter salinitet, skaltykkelse og valg af opdrætssystem (ibid.). Det vil være essentielt at holde øje med behovet for at påsætte opdrift henover sommeren og efteråret, da det er her, den største vækst i biomasse finder sted.



Billede 11: Røde opdriftsbøjer på blåmuslingeproduktion ud fra Estland (Minnhagen et al., 2019: 21, figur 9).



Billede 12: Grå opdriftsbøjer og gule markeringsbøjer på blåmuslinge- produktion i Kiel (Minnhagen et al., 2019: 10, figur 7).

Materialeoversigt og prisestimat

Følgende oversigt er udfærdiget på baggrund af et tilbud tilsendt af Klaus Hjorth Hansen efter samtale om udvikling af forsøgsopdræt ved Bornholm (se bilag 4.5). Den samlede pris er uden udgifter til opsætningen.

Materiale	Antal	Mål	Pris
Net	1	20×3 m Maskestørrelse 17×17 cm Diameter på nettråd: 100 mm	-
PE-rør top og bund	2	Længde 20m pr. stk. Diameter 150-200 mm Rumfang	-
Kæde fra anker	1	20- 25 kg	-
Anker	1	12-15 kg	-
Reb fra anker	1	Længde: 3× vanddybde: 90 m- 120 m	
Markeringsbøjer	2	60-80 L pr. stk.	-
Opdriftsbøjer	40	11 L	-
Reb	1	10 m ×2 fra Markeringsbøje til net 10m ×40 fra opdriftsbøjer til til net (på sættes løbende) = 420 m reb	-
			I alt= 29.000,00 kr. pr. 20 meter

Tabel 7: Materialeoversigt for forsøgsopdræt med net for svaj og cirkel for svaj

Høstmetode

I forbindelse med projektet Blue Baltic Growth blev der undersøgt to metoder til at høste blåmuslingerne fra opdrætsystemer, hvor blåmuslingerne vokser på net (SUBMARINER Network, 2019). Ved den første metode fra Hagby bliver nettet samlet op i en specialbygget båd (se billede 13), og muslingerne bliver fjernet fra nettet med en højtryksspuler ombord på båden (ibid.). Den anden metode bliver brugt af Musholm Havbrug, hvor muslingerne fjernes fra nettet, mens det stadig er i vandet (se billede 14). Dette er dog en dyr teknologi, og det er kun rentabelt, hvis høsten er tilsvarende stor (ibid.). Da demonstrationsprojektet er en produktion i lille skala, bliver valget af høstmetode en udgave af den førstnævnte med afvaskning ombord på båden.



Billede 13: Høstmetode til net i Hagby i forbindelse med SUBMARINER Network Projektet (Minnhagen et al., 2019: 31, figur 18).



Billede 14: Høstmetode til net i Musholm Havbrug (Minnhagen et al., 2019: 30, figur 17).

Opsamling

Vi har identificeret følgende potentialer og udfordringer ved dette system:

Potentialer

- Systemet kan potentielt overkomme udfordringerne forbundet med at dyrke blåmuslinger i et eksponeret område med voldsomme strøm - og vejrforhold.
- Systemets bevægelighed kan potentiel mindske opdrættets skygge på havbunden og opbobning af muslingernes fækalier under anlægget.
- Da systemet er i bevægelse, kan den visuelle forstyrrelse af området muligvis opfattes anderledes.

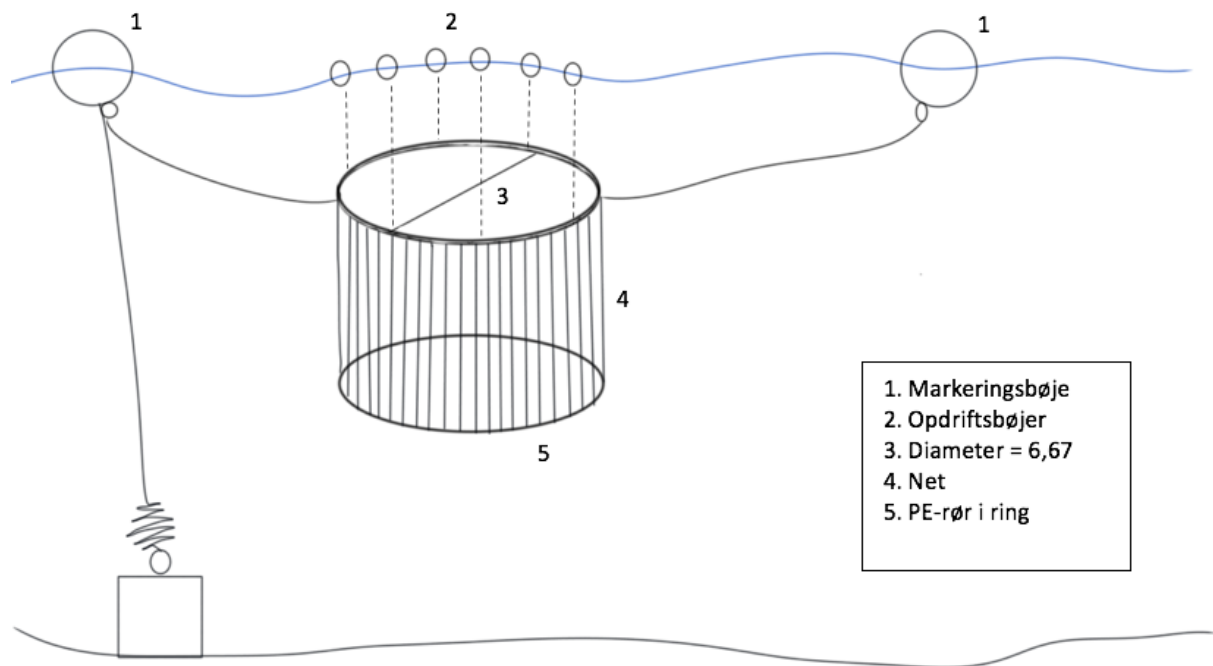
Udfordringer

- Systemet kræver meget plads.
- Da systemet er tungt, formodes ankeret at skulle være forholdsvis stort.
- Der skal specialbygges en båd til formålet, da der ud fra vores erfaring ikke findes det nødvendige udstyr i Nexø Havn, hvilket vil blive en dyr udgift.
- Arbejde i eksponerede områder er farligt og dyrt.

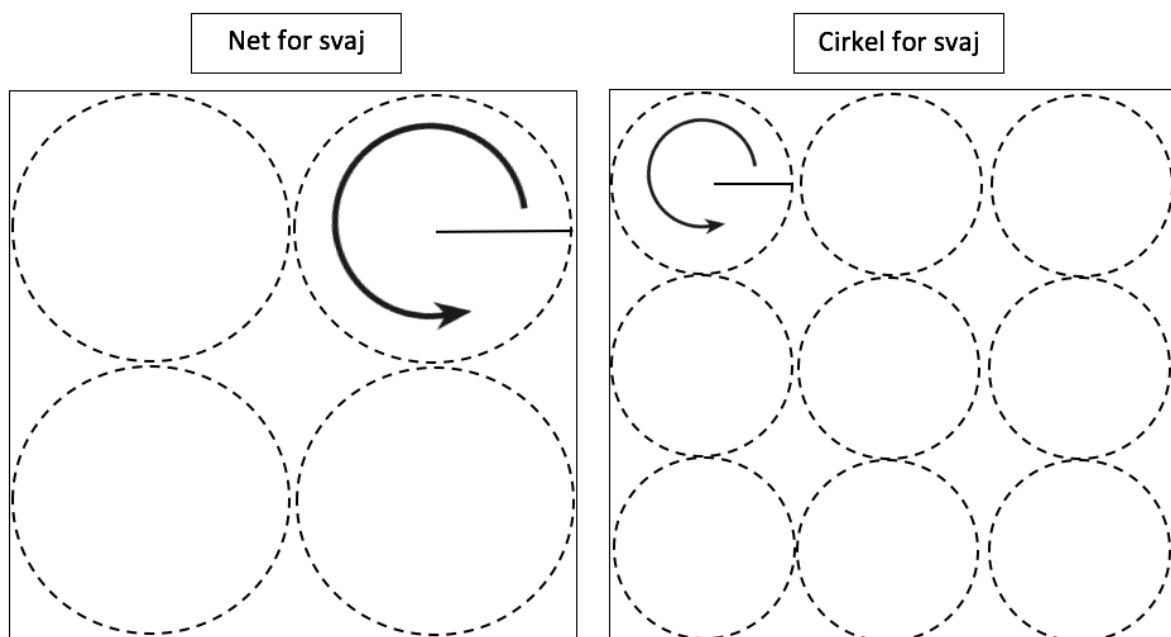
12.5.3 Cirkel for svaj

På baggrund af ovenstående potentialer og udfordringer er dette forsøgsopdræt en modifikation af net for svaj, hvor vi vil forsøge at håndtere udfordringen i, at systemet kræver meget plads grundet dets bevægelighed. I dette opdræt er nettet spændt mellem PE-rør, der er formet som en cirkel. Når nettet bliver ført rundt af strømmen, skal det kunne flytte sig hele vejen rundt om ankeret. Det optager derfor en relativ stor radius, men ved at nettet formes til en cirkel, bliver selve længden af opdrættet fra markeringsbøjle til markeringsbøjle en tredjedel mindre. Dette vil medføre en væsentlig pladsoptimering. Da systemet er en modifikation af net for svaj, vil der være mange ligheder, hvor høstmetoden og flere af elementerne i den tekniske beskrivelse samt prisestimatet vil være ens for begge systemer.

Teknisk beskrivelse



Figur 11: Nummereret skitse af cirkel for svaj-systemet.



Figur 12: Illustration af arealudnyttelsen i hhv. net for svaj og cirkel for svaj-systemet. Ankeret er placeret i midten, og cirklen illustrerer nettets mulighed for rotation.

Ovenfor ses arealudnyttelsen for henholdsvis net for svaj-systemet og cirkel for svaj-systemet. Der er lige stor overflade af net pr. system, hvilket betyder, at der med cirkel for svaj-systemet kan dyrkes flere blåmuslinger, idet der er plads til flere systemer på samme areal. Det vurderes dermed, at der vil være højere arealudnyttelse ved brug af cirkel for svaj-systemet.

Opsamling

Vi har identificeret følgende potentialer og udfordringer ved dette system:

Potentialer

- Dette system kan potentielt overkomme udfordringerne forbundet med at placere opdræt af blåmuslinger i eksponerede områder.
- Pladsoptimeringen kan være et potentiale for øget høst af blåmuslinger, og derigennem øget reduktion af netto næringsstoffer i havmiljøet.

Udfordringer

- Selvom systemet optager mindre plads end net for svaj, så antager vi, at det stadig kræver mere plads end et stillestående langlineopdræt.
- Denne udformning er ikke afprøvet, og der vil derfor være en række ukendte faktorer.
- Det vides ikke, hvordan muslingernes vækst påvirkes af at blive opdrættet på mindre plads, da fødetilgængeligheden potentielt kan blive utilstrækkelig.

12.5.4 Undersænkede langlinesystem

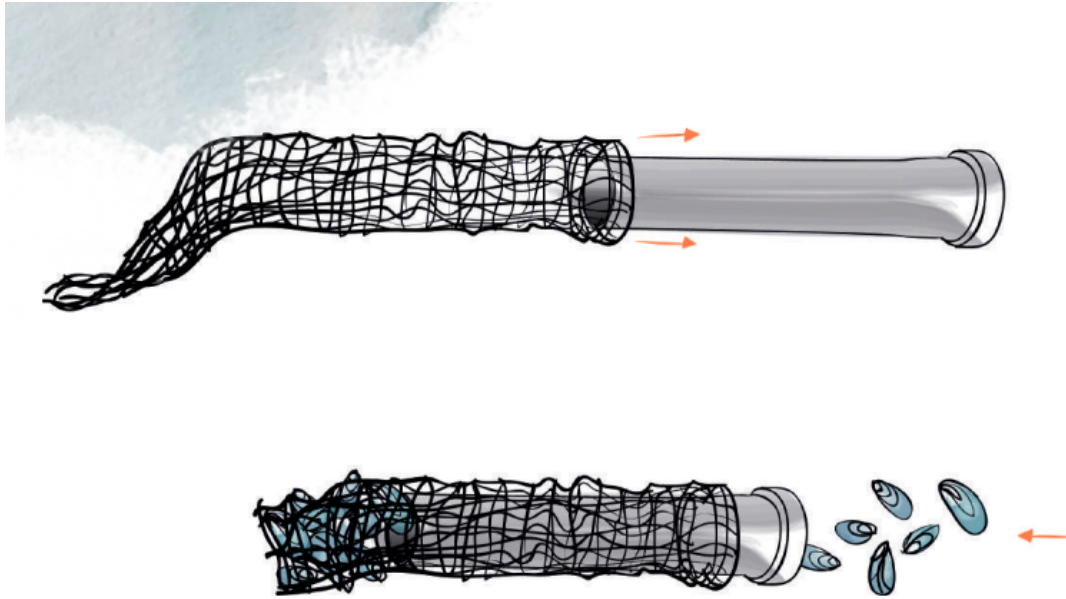
Som tidligere nævnt er langlinesystemer de mest udbredte til opdræt af blåmuslinger i Danmark, og det er også udbredt mange andre steder i verden. Der findes derfor mange tekniske tilpasninger til systemet. I New Zealand har man succes med at undersænke langlinesystemer 10 meter under havoverfladen placeret mellem 6-20 km fra kysten på dybder fra 35-80 m (Buck & Langan, 2017). I Letland blev et langlinesystem (se billede 15) undersænket og placeret i eksponerede omgivelser ved 20 m dybde i forbindelse med et forskningsprojekt under SUBMARINER Network (SUBMARINER Network, 2019). Her oplevede de dog store skader på systemet, selvom det var undersænket. Dette var særligt på grund af de hårde vejrforhold og konfliktende interesser i området med fiskere, som gentagende gange beskadigede systemet (ibid.).



Billede 15: Undersænket langlinesystem ud fra Letland (Minnhagen et al., 2019: 19).

Der findes nogle centrale barrierer for et undersænket langlinesystem i havet ud fra Nexø. Selvom et undersænket system vil være beskyttet bedre end et system placeret i overfladen, vil de til tider højenergi vejrforhold omkring Bornholm stadig påvirke opdrættet grundet dets stationære natur. Dette er også blevet identificeret som en udfordring for undersænkede langlinesystemer i New Zealand, hvor påvirkningen af opdriftsbøjerne i havoverfladen overføres til langlinerne, hvilket fører til påvirkning af langlinen, og leder til tab af potentiel høst (Buck & Langan, 2017). Da der som nævnt ikke kan anvendes skrueanker, vil det kræve nogle meget store cementblokke som anker, hvilket kan have en negativ indvirkning på bundforholdene under og omkring ankeret.

Vi ved fra samtaler med tekniske rådgivere Per Dolmer og Pernille Nielsen fra DTU Aqua, at der også i Danmark undersøges, hvordan det kan blive muligt at undersænke langliner eller net. Per Dolmer, pointerede under en samtale om demonstrationsprojektet, at vi burde afprøve et undersænket langlinesystem (bilag 4.3). Det er især væsentligt at afprøve systemet, hvis muslingerne skal anvendes til human konsum (ibid.). Dette skyldes, at der i langlinesystemer kan benyttes en metode, hvor muslinge ynglen 'omstrømper' fra yngelindfang til muslingestrømper.



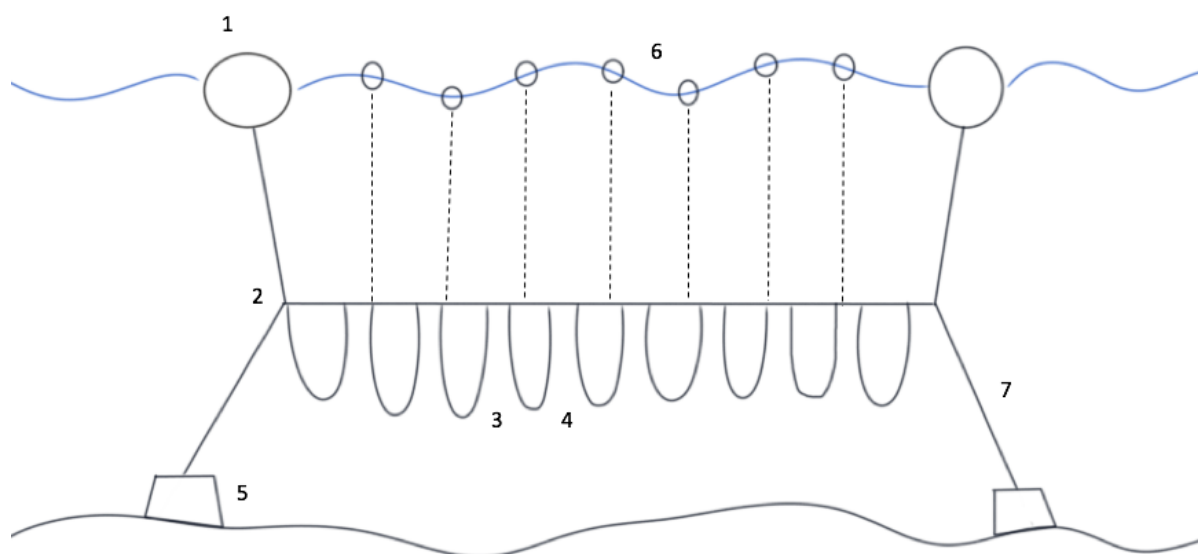
Figur 13: Omstrømning af muslinger (Havhøst, u.å.).

Omstrømning af muslinger foregår ved, at bændlerne tages op af vandet når muslingerne har nået en bestemt størrelse, og der trækkes en muslingestrømpe omkring et stopperør, hvorefter muslingerne overføres til strømpen, se figur 13 (Havhøst, u.å.). Denne metode gør det muligt at opnå en mere ensartet størrelse af muslingerne, hvilket vil være væsentligt, hvis de skal sælges som fødevarer (bilag 4.3).

I forbindelse med samtalen understregede Per Dolmer yderligere, at et undersænket langlinesystem skal placeres på et relativt fladt område, hvilket vil være centralt for valget af placering (bilag 4.3). Vores informant Karsten Holm mener, at det vil være muligt at finde et fladt område omkring det koordinat, som han har udpeget.

Teknisk beskrivelse

Denne beskrivelse vil tage udgangspunkt i de systemer, der benyttes i New Zealand. I New Zealand opdrættes muslingen "greenshell mussel" (Buck & Langan, 2017), som minder meget om blåmuslinger, og dette langlinesystem vil derfor være meget sammenligneligt med det danske.



Figur 14: nummereret skitse af undersænket langlinesystem med udgangspunkt i systemet fra New Zealand.

1) Markeringsbøjer

Det er nødvendigt, at opdrættet er synligt for at minimere aktiviteter omkring det. Som det ses på figur 14, sættes der derfor en markeringsbøje for hver ende af langlinen.

2) Langline

Mellem markeringsbøjerne skal der spændes en langline ud omkring 10 meter under havoverfladen. I hver ende af langlinen monteres et anker, som skal holde systemet fast. Fra langlinen skal der hænge blåmuslinger i guirlander. Standard langlinesystemer er 18,8 ha med 30 langliner af hver 200 meters længde (Bruhn et al., 2020). Ved at afprøve en kortere udgave på 40 m kan der sættes flere langlinesystemer ved siden af hinanden, og der kan dermed afprøves forskellige konfigurationer. Der blev i forbindelse med det undersænkede langlinesystem i Letland ligeledes afprøvet fem mindre systemer ved siden af hinanden (SUBMARINER Network, 2019).

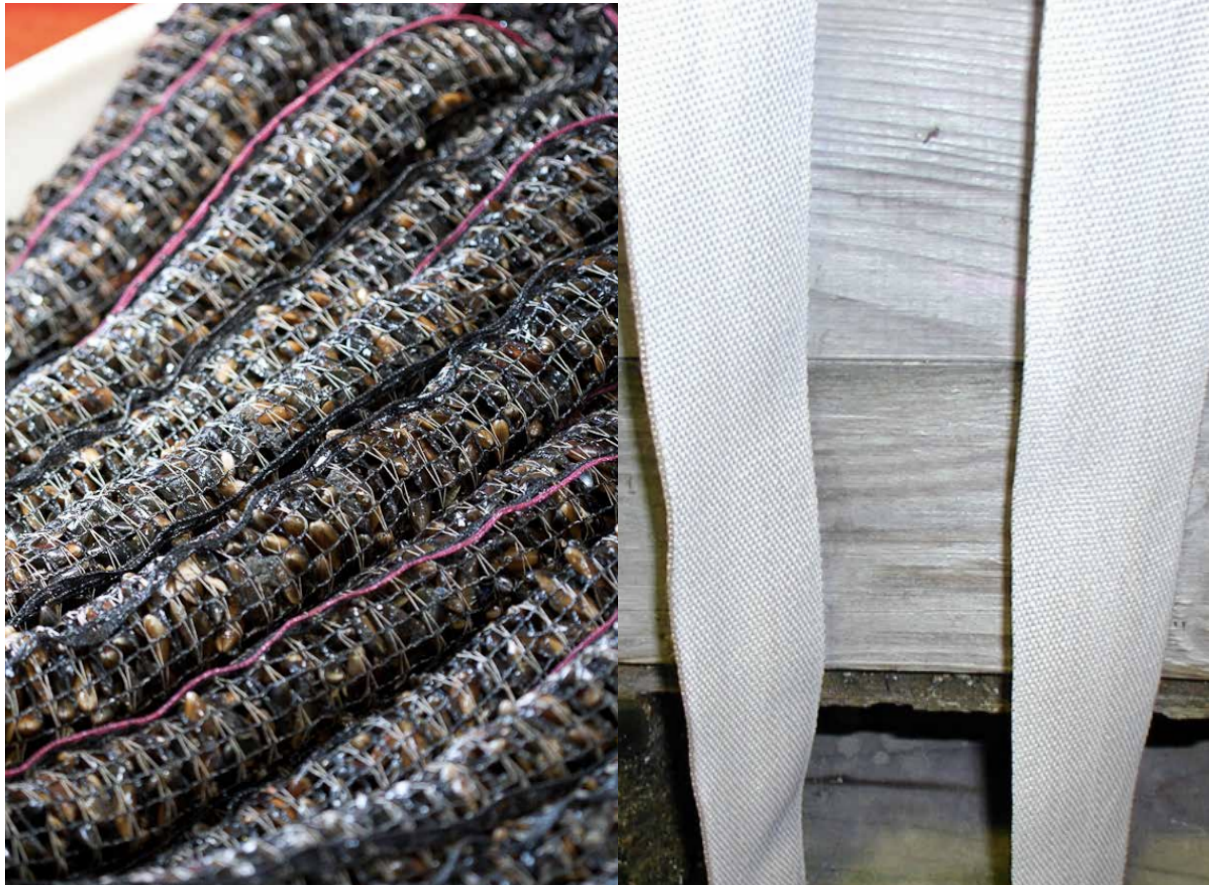
3) Bændler til yngelfang

Bændler (se billede 17) skal hænge fra langlinen og indfange muslinge yngel. Vi har på baggrund af tal fra Bruhn et al. (2020) udregnet, at der er ca. 7 m bændel pr. m langline i standardanlæg.

4) Muslingestrømper (evt.)

Brugen af muslingestrømper vil afhænge af anvendelsen af blåmuslingerne efter høst. Omstrømning vil sikre, at blåmuslingerne kan høstes i en overvejende ens størrelse, hvilket vil

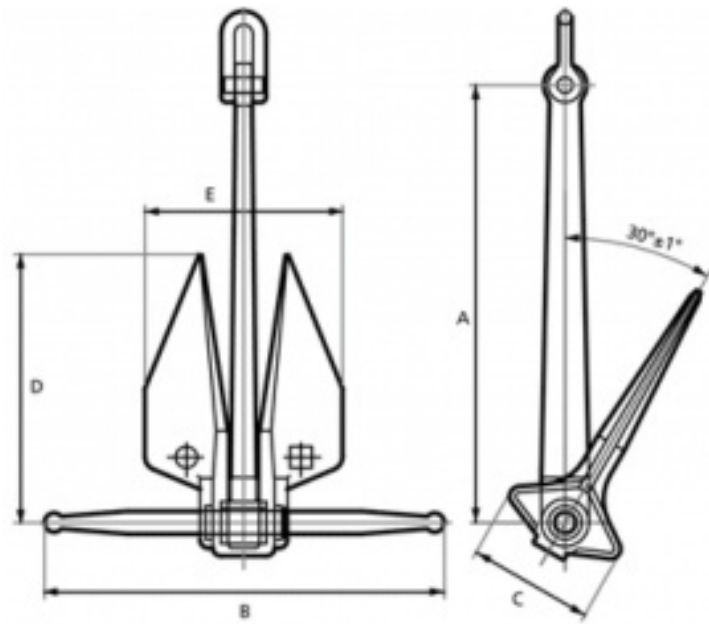
være en fordel, hvis muslingerne skal bruges til human konsum. Sokkerne kan kun bruges en gang, hvilket resulterer i en øget mængde af affald, og dermed et øget ressourceforbrug.



Billede 16: Muslingestrømper (Limfjordsrådet 2017: 30). Billede 17: Bændel til yngelfang (Limfjordsrådet 2017: 17).

5) Anker og vægte

Det vil muligvis være nødvendigt at bruge store cementblokke som ankre. Udover cementblokke anbefales Danforth ankere i forbindelse med forankring af undersænket langlinesystemer i New Zealand (Buck & Langan, 2017).



Figur 15: Danforth anker (Boat Gear Direct, u.å).



Billede 18: Ankere af cement (Tørring & Petersen 2005: 109).

6) Opdriftsbøjer

Den tværgående langline skal holdes oppe af opdriftsbøjer, som illustreret på figur 14. Systemet skal i takt med øget tilvækst af blåmuslinger tilføres mere opdrift og derfor er det nødvendigt løbende at påsætte bøjer.

7) Reb

Udover til langlinen skal der bruges reb til at fastholde systemet til forankringerne, samt til påsættelse af markerings- og opdriftsbøjer. Det vil være relevant at undersøge, om det er muligt at finde et produkt af en nedbrydelig plast, da det vil nedbringe risikoen for udledning af mikroplast og reducere affald.

Materialeoversigt og prisestimat

Ud fra forskellig litteratur har vi estimeret priser på materialerne, der skal benyttes til dette system og beregnet et samlet prisestimat.

Materiale	Antal	Mål	Pris	Reference på pris
Bændel til substrat	1	280 m Bredde: 5 cm	252 kr.	Tørring et al. (2008)
Langline	1	Længde 40 m Diameter 27-30 mm	1.170 kr.	Frishop (2021)
Anker (Danforth)	2	50 kg	3.284,02 kr.	Boat Gear Direct (u.å)
Markeringsbøjer	2	83 L	836 kr.	Marinelageret (2021)
Opdriftsbøjer	50	11 L	1750 kr.	Limfjordsrådet (2017)
Reb	1	ca 400 m	11.700 kr.	Frishop (2021)
Muslingestrømper (evt.)	40	Længde: 2-3 m	179 kr.	Limfjordsrådet (2017)
				I alt= 19.162,02 kr. pr. 40 meter

Tabel 8: Materialeoversigt for forsøgsopdræt med langlinesystem

Høstmetode

I New Zealand bruges der en mekanisk lås i vandoverfladen, som får langlinen til at slippe ankrene, og derefter stige op til havoverfladen (Buck & Langan, 2017). Herefter føres bændlerne eller muslingestrømperne op på et rullebånd på en båd, hvor blåmuslingerne fjernes og sorteres maskinelt. Høstmetoden er den samme som ved langliner, der ikke er undersænkede, udover at en undersænket langline skal stige op til overfladen ved hjælp af låsemekanismen. Opdrættet i Sankt Anna bruger langlinesystem, og her benyttes en specialbygget tømmerflåde til høst, hvor der er monteret et rullebånd og en stripper, se billede 19.



Billede 19: Høst af langliner med specialbygget tømmerflåde i Sankt Anna i Sverige (SUBMARINER Network, 2019: 20, figur 19).

Opsamling

Vi har identificeret følgende potentialer og udfordringer ved dette system:

Potentialer

- Systemet er velkendt, og der findes mange leverandører og et bredt erfaringsgrundlag, der kan bygges videre på.
- Det er nemmere at høste langliner sammenlignet med net.
- Systemet vil optage mindre plads sammenlignet med netsystemer.

Udfordringer

- Det undersøgte system er endnu ikke afprøvet i stor skala i Danmark, og dermed kan det blive en udfordring at skaffe den nødvendige know-how.
- Forankringen kan blive en stor udgift.

- Det forventes, at systemet er mere sårbart overfor strømforhold sammenlignet med net for svaj og cirkel for svaj.

12.5.5 Landbaseret forsøgsopdræt

Vi har i samarbejde med daglig driftsleder af Bornholms Lakseklækkeri Gert Jørgensen udviklet et muligt design til et landbaserede system til opdræt af blåmuslinger. Ved at placere et opdræt på land vil vejrets påvirkning og udfordringerne med at arbejde på åbent hav mindskes. Lakseklækkeriet har faciliteret en del demonstrationsprojekter, og Gert Jørgensen har bidraget med indsigt i landbaseret akvakultur. Vi har yderligere fået inspiration til udviklingen af det landbaserede system ved besøg hos Venø Seafood, som yngler og renser østers og andre skaldyr på land i Limfjorden. Pumpeingeniør Peter Birk har endvidere bistået den tekniske udvikling af systemet.

Placering

Forsøgsopdrættet skal placeres på et område ved indsejlingen til Nexø Havn på en grund ejet af Bornholms Lakseklækkeri. Her er et havnebassin, som bliver kaldt Lagunen (billede 20), der i øjeblikket ikke bliver anvendt, og er beskyttet med markeringsbøjer, så der er aflukket for indsejling.

Driftsleder af Bornholms Lakseklækkeri Gert Jørgensen oplyser, at Lakseklækkeriet må igangsætte en række aktiviteter uden at skulle indhente specielle tilladelser (bilag 4.4). Samtidigt arbejder Lakseklækkeriet med forskning og udvikling af de maritime erhverv, og forsøgsopdrættet passer dermed ind i de eksisterende aktiviteter. Dertil skal det nævnes, at en gruppe af aktører ledet af Sustainable Seafood Invest ApS, ønsker at anlægge et dambrug på samme område (bilag 2.4).



Figur 16: Bornholms Lakseklækkeri, Lagunen og potentiel placering af udlednings rør fra det landbaserede forsøgsopdræt.

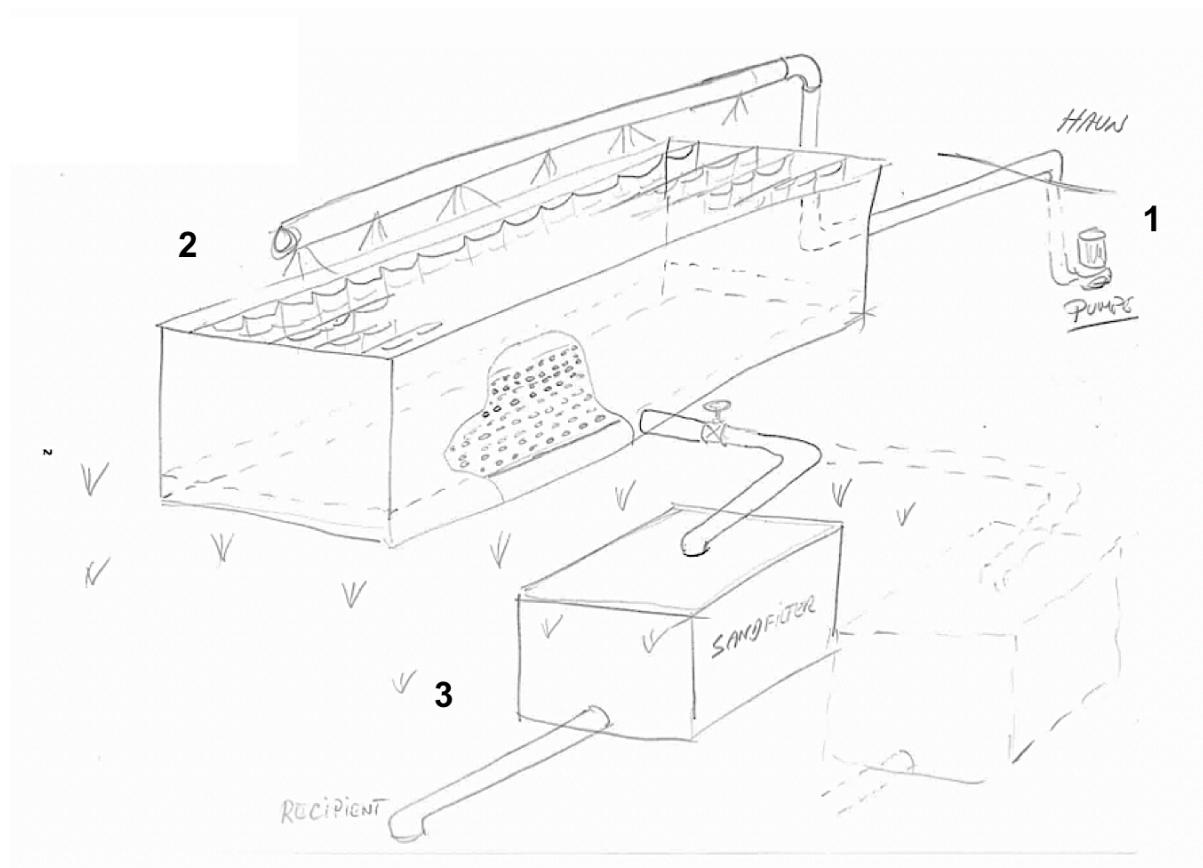


Billede 20: Lagunen i Nexø havn.

Teknisk beskrivelse

Det landbaserede forsøgsopdræt er illustreret på figur 17, og fungerer ved, at der pumpes vand ind fra Lagunen. Vandet ledes igennem kar eller bassiner med blåmuslinger der filtrerer vandet og optager fytoplankton. Herefter vil vandet løbe igennem et filter, hvor blåmuslingernes fækalier og pseudofækalier frasorteres og opbevares, hvorefter det rene vand udledes tilbage til Østersøen. Ved at opdrætte blåmuslinger i vand der pumpes ind fra Østersøen, fjernes den mængde kvælstof og fosfor, der er bundet i fytoplankton. Samtidigt vil det være muligt at fjerne muslingernes fækalier og pseudofækalier, hvilket vil betyde en endnu større reduktion af næringsstoffer i recipienten sammenlignet med reduktionen ved opdræt af blåmuslinger i vand. Det kan undersøges, om blåmuslingernes fækalier kan anvendes efterfølgende, f.eks. ved at indgå i biogasproduktion eller andre landbrugsaktiviteter.

Systemet er opbygget ud fra følgende tre elementer: 1) Indledningsrør og pumpesystem, 2) Opdrætsbassin 3) Frasortering og udledning. I det følgende vil hvert element af systemet blive beskrevet, og udfordringer omkring dem vil blive vurderet.



Figur 17: Skitse af det landbaserede forsøgsopdræt. Illustreret af Peter Birk.



Figur 18: Skitse af indpumpningen for det landbaserede forsøgsopdræt. Illustreret af Peter Birk.

1) Indledningsrør og pumpesystem

Indledningsrør

Der skal lægges et rør, hvor vandet pumpes ind i forsøgsopdrættet. Under vores besøg hos Venø Seafood fortalte Kristian Borbjerggaard, at deres indledningsrør var blevet udskiftet fra et jernrør til et PE-rør, da dette vil være mere modstandsdygtigt (bilag 2.7). Indledningsrøret skal således være i PE plast.

Kristians Borbjerggaard fortæller, at deres indledningsrør er 120 m, og ved rørets indløb er der 3 m dybt. For at undgå at pumpe sand og småsten ind fra bunden, går enden af røret op ad i en ret vinkel, og derfor skal der være afstand til havoverfladen for at undgå potentiel tilfrysning (ibid). Dette mener vi dog ikke bliver en udfordring, da vores informant Gert Jørgensen fortæller, at de sjældent oplever tilfrysninger i Lagunen (bilag 4.4). Vi vurderer derfor, at det ikke bliver nødvendigt med den ekstra afstand, og dermed kan indledningsrøret blive væsentligt kortere, hvilket både vil være billigere, og gøre røret mere modstandsdygtigt over for påvirkning af potentielt uroligt vand i havnen.

Vores informant Peter Birk har foreslået et indpumpningssystem, hvor der bruges en Zenit dykpumpe placeret i en brønd, der skal nedgraves bag ved stendiget, som ses på figur 18 (bilag 2.9). Indledningsrøret skal lægges mellem stendiget ind til brønden, så røret kan blive beskyttet for påvirkning af uroligt vand og sand fra bunden. For enden af indledningsrøret skal der påsættes en rist, som sørger for, at små dyr, planter eller affald ikke ledes ind i pumpen. Venø Seafood anvender ligeledes en rist ved indpumpningen på deres anlæg (bilag 2.7). I brønden skal der være

endnu en rist, som kan fjerne yderlige urenheder i vandet. Ved at have risten skrånstillet, som det ses på skitsen på figur 18, kan risten renses når den bliver tilstoppet (bilag 2.9).

Pumpe

Der skal benyttes en Zenit dykpumpe (billede 21) etableret i brøndsystemet præsenteret ovenfor. Vi vurderer, at vandet i bassinerne med blåmuslinger skal skiftes en gang i timen således, at det sikres, at de får næring nok. Dette er vurderet ud fra, at blåmuslingerne i deres naturlige økosystem filtrerer hinandens vand, og dermed kan filtrere det samme vand i et stykke tid, men for hele tiden at tilføre ny føde til blåmuslingerne, skal vandet løbende udskiftes. Således vurderes det, at det vil være nødvendigt med en pumpe, der kan pumpe med 45 m³ effekt i timen, da bassinet med blåmuslinger har et rumfang på 45 m³.

Den valgte pumpe bruger 1,3 kWh, når den skal yde en effekt på 45 m³ i timen (bilag 2.9).



Billede 21: Zenit-pumpe (Scanregn, 2021:140-3).

Ved at benytte en pumpe og andet udstyr, der bruger elektricitet, vil der konstant være brug for el for at drive anlægget. Dette kan resultere i høje udgifter til driften. Det vil derfor være interessant at undersøge mulighederne for at mindske energiforbruget. Peter Birk fortæller, at der kan skabes tryk ved at lave fald på vandet igennem systemet, og på den måde kan der anvendes en pumpe med lavere energiforbrug (ibid.). Endvidere skal muligheden for at tilkoble solceller, vindturbiner eller anden form for vedvarende energi undersøges. Kristian Borbjerggaard oplyser, at han har planer om at investere i solceller til deres anlæg på Venø (bilag 2.7).

2) Opdrætsbassin og fordelingsrør

Bassin

Vi har valgt, at bassinet skal være 3 m bredt, 7,5 m langt og 2 meter højt i enten plast eller stål. Under besøg hos Bornholms Lakseklækkeri og Venø Seafood har vi set lignende bassiner i plast, men vores informant Peter Birk mener, at stålkar vil være billigere (bilag 2.9). Venø Seafood har støbt bassinerne i cement, hvilket kan ses på billede 22. Bassinernes materiale skal vurderes nærmere med hjælp fra eksperter i dambrug eller lignende. Cement vurderes dog at være for omkostningstung til et forsøgsopdræt, og det vil være svært at fjerne igen, hvis opdrættet ikke længere skal benyttes efter endt projekt.



Billede 22: To billeder af bassinerne med østers hos Venø Seafood.

Fordelingsrør

Det indpumpede vand bliver fordelt i et rør med huller, der monteres over bassinet på langs. Her fordeles vandet i bassinet, hvorefter blåmuslingerne filtrerer vandet.

Net

Der hænger seks net med blåmuslinger fra enten reb eller lægter, der løber på langs af bassinerne med 40 cm mellemrum (se figur 17).

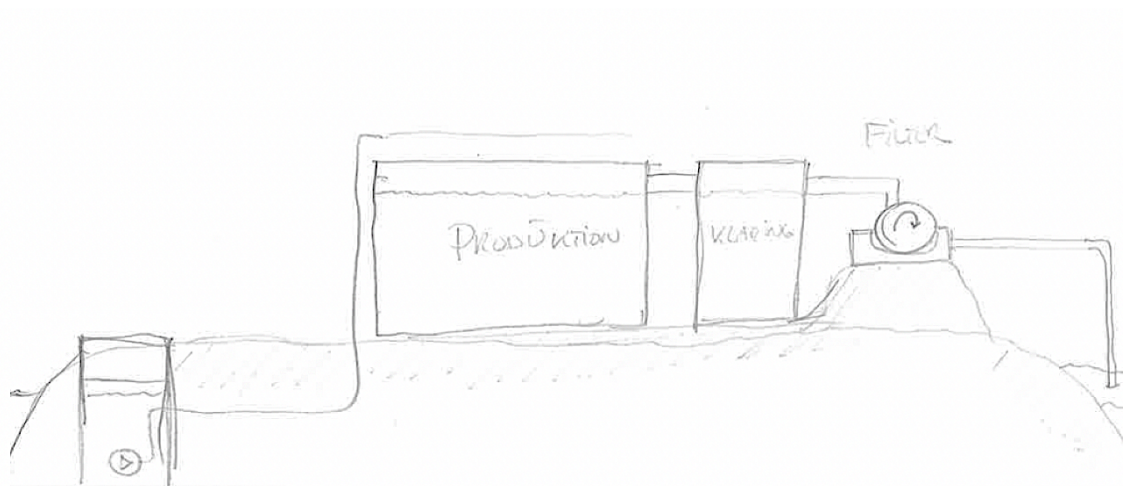
Rist

Det vand blåmuslingerne har filtreret, samt fækalier og pseudofækalier, bliver udledt i bunden af det første bassin. En rist frasorterer og tilbageholder urenheder eller nedfaldne blåmuslinger fra at blive ledt videre til sedimentkarrene.

3) Udledning

Vandet fra bassinerne skal løbe ned i beholdere (sedimentkar), og der skal skabes et overløb, som sikrer, at blåmuslingernes fækalier og pseudofækalier bundfældes, og at det rene vand løber videre i overløbet. Det vil være nødvendigt med to eller flere sedimentkar, så det er muligt at tømme dem, når beholderen er fyldt. Vandet som løber i overløb skal herefter ledes tilbage i Østersøen. Det skal være muligt at lukke gennemstrømningen og tappe vand fra udløbet, så der kan tages prøver på vandet og udledningen kan monitoreres.

Udledningen skal placeres med hensyn til andre aktiviteter i området, og effekterne på nærmiljøet skal monitoreres. Der skal muligvis bruges endnu en filtrering af det vand, som skal ledes tilbage i Østersøen, hvis ikke det bliver muligt at bundfælde nok restmateriale i sedimentkarret, for at kunne få tilladelse til at udlede vandet igen (se figur 19). Det har ikke været muligt for nærværende specialegruppe at vurdere den konkrete løsning, eller om dette bliver nødvendigt. Nedenfor har vores informant Peter Birk illustreret, hvordan forsøgsopdrættet vil se ud med en filtrering inden udledning.



Figur 19: Skitse af udledningen for det landbaserede forsøgsopdræt. Illustreret af Peter Birk.

Materialeoversigt og prisestimat

Vores informant Peter Birk har estimeret priser på dele af systemet, som vi har samlet i tabel 9. Det har ikke været muligt at finde prisestimer og mål for alle delelementer og derfor er den samlede pris for materialerne ikke præcis.

Materiale	Stk.	Mål	Pris	Reference på pris
Indledningsrør (PE)	1	Længde: 15 m Diameter 200	100.000 kr.	Bilag X
1. Kar (Plast eller stål)	1	Længde: 7,5 m Bredde: 3 m Højde: 2 m Rumfang: 45 m ³ /45000 L	-----	-----
Overdækning	1	8m×12m	3.050 kr.	
Zenit dykket spildevandspumpe Type DRG 200/4/80	1	1,5 KW motor Yder 45 m ³ /t v. 5,5 m vs Effektoptag i driftspunkt p2= 1,3 kw	35.000 kr.	Bilag X
Net (Nylon)	6	Længde: 7 m Højde: 1,5 m 63m ² i alt Maskestørrelse: 17×17 cm	-----	-----
Rist inden pumpe	1	Hulstørrelse: 15-20 mm	-----	-----
Rist i bunden af opdrætskar		Hulstørrelse: > 10 mm 7,5m×3m	-----	-----
Sediment tanke	2	-----	-----	-----
Fordelingsrør	1	-----	25.000 kr.	Bilag X
Udledningsrør inkl. tromlefilter	1	-----	80.000 kr.	Bilag X
I alt= ~ 243.050 kr. pr. system				

Tabel 9: Materialeoversigt for det landbaserede forsøgsopdræt

Generelle overvejelser

Systemet kræver, at der pumpes vand ind fra Østersøen til anlægget, og det er derfor nødvendigt at få en indpumpningstilladelse. Kristian Borbjerggaard pointerer, at det er hans opfattelse, at der ikke gives mange tilladelser til indpumpning af vand til nye dambrug grundet problemerne med udledning af næringsstoffer fra anlæggene (bilag 2.7). Han fortæller, at det i øjeblikket diskuteres med Miljøstyrelsen, hvorvidt Venø Seafood har brug for en ny miljøgodkendelse (VVM) efter en udvidelse af deres anlæg (ibid.). Ifølge Kristian Borbjerggaard er det ikke nødvendigt, at der søges tilladelse, hvis der alene bliver produceret østers, fordi der optages næring og affaldsstoffer fra fjorden i produktionen, og udledes renere vand tilbage (ibid.). Der er dog en lokal fiskerforening, der lejer sig ind i anlægget og opdrætter fisk, og derfor vil det muligvis blive krævet, at der gives en miljøtilladelse.

En yderligere udfordring i forbindelse med indpumpningen forholder sig til placeringen af indledningsrøret i Nexø Havn, som stadig har erhvervsaktivitet. Aktiviteten i havnen er forholdsvis lav, men der kommer stadig regelmæssigt industrifiskere og andre skibe til havnen. Dette kan betyde en risiko for forurening i det lokale havmiljø i havnen, og der er endvidere også mulighed for forurening i sedimentet i havnen grundet tidligere aktivitet.

Det skal derfor undersøges nærmere, hvilken tilstand vandmiljøet og sedimentet i havnen har. Under vores besøg i Nexø Havn har vi fundet blåmuslinger i området ved Lagunen, som kunne blive undersøgt for forurening. Endvidere er det nødvendigt, at der tages vandprøver, hvor klorofylindholdet kan fastlægges, og i den forbindelse kan indholdet af uønskede forurenende stoffer også testes. Der er konstant gennemstrømning af vand i havnen, da der er et indløb i den sydlige del af havneløbet, hvilket kan medvirke til at udskifte forurenede vand. Samtidigt har vi observeret, at vandet i Lagunen er i bevægelse under milde vejrforhold, hvilket kunne tyde på en relativ udskiftning af vandet.

Opsamling

Vi har identificeret følgende potentialer og udfordringer ved dette system:

Potentialer

- Det landbaserede system omgår lokalitets udfordringer.
- Der vil potentielt være en yderligere næringsstofreduktion ved at frasortere fækalier og psuedofækalier sammenlignet med andre opdrætssystemer.
- Mulighed for at biprodukter kan indgå i biogas eller anden energi eller landbrugsmæssige formål som gødningsprodukt.

Udfordringer

- Der er ingen eksisterende landbaserede anlæg med opdræt af blåmuslinger og derfor manglende erfaringsgrundlag.
- Der er mangel på viden om blåmuslingers levevilkår ift. temperaturfølsomhed, fødetilgængelighed mm. i lukkede systemer.
- Store etableringsudgifter.
- Store driftsudgifter i forbindelse med elforbruget pga. drift af pumpen.
- Potentielle store udgifter i forbindelse med indhentning af tilladelser til indpumpning og udledning af vand.

13. Sammenligning af systemer

I følgende afsnit vil vi på baggrund af potentielt høstudbytte, næringsstofreduktion, indtægt, pris på anlæg og *Technology Readiness Level* (TRL)¹² sammenligne de fire forsøgsopdræt for at nå frem til en vurdering af, hvilke systemer, der har størst potentiale ift. demonstrationsprojektet. Disse sammenligningsparametre er valgt, da de vil være en indikator for omkostningseffektiviteten samt potentiel miljøeffekt i form af næringsstofreduktion.

13.1 Estimeret høstudbytte

Vi har med udgangspunkt i data fra otte forskellige blåmuslingeproduktioner beregnet det gennemsnitlige høstudbytte pr m² net. Ved estimeringen af høstudbyttet af *net for svaj*, *cirkel for svaj* og *det landbaserede forsøgsopdræt* har vi foretaget en afgrænsning ved at bruge tal fra de produktioner, hvor der anvendes net som substrat. Vi har valgt netop disse estimater, da der fremgår beskrivelser af salinitet, maskestørrelse og høstudbytte pr. m² overflade net. Det skal bemærkes at dybde, maskestørrelse og andre fysiske stedsbestemte forhold er forskellig fra forsøgsopdrættene, som det fremgår af tabel 10. Der er dermed usikkerhed forbundet med estimeringen af den potentielle høst for forsøgsopdrættene.

I tabel 10 ses baggrunden for estimeringen af høstudbytte for net for svaj, cirkel for svaj og det landbaserede forsøgsopdræt. Gennemsnittet for høstudbytte er 52,52 kg pr. m².

Placering	Salinitet (PSU)	Maskestørrelse (mm)	Høstudbytte pr. m ² (kg)	Reference
Musholm DK	10	300	58,48	SUBMARINER Network (2019)
Västervik SE	6.8 ± 0.4	150	10,41-11,46	SUBMARINER Network (2019)
Hagby SE	6.8 ± 0.4	Variierende	4,85	SUBMARINER Network (2019)
Horsens Fjord DK	25	175	58,47-73,09	Plesner et al. (2015)
Limfjorden DK	30- 34	175	29,23	Tørring et al. (2008)
Skive Fjord, Dråby Vig og Sallingsund DK	25 ± 5	175	93,33- 133,33	Taylor et al. (2019)

¹² TRL eller *Technology Readiness Level* er en metode til at vurdere modenheden af en teknologi. Med metoden vurderes teknologien ud fra 9 niveauer.

Tabel 10: Høstudbytte fra blåmuslingeproduktioner med net

For det undersænkede langlinesystem har vi på samme måde udregnet et gennemsnit på baggrund af forskellige produktioner som anvender langlinesystemer, se tabel 11. Vi har valgt disse estimater fordi, der fremgår beskrivelser af salinitet, substrat og høstudbytte pr. m substrat. Der er som ved bestemmelse af potentiel høst fra de andre systemer ligeledes stor usikkerhed ved estimatet, hvilket skyldes variationer i dybde, substrattype og andre stedsbestemte forhold. Det har ikke været muligt at finde tal for høstudbytte fra det undersænkede langlinesystem i Letland.

Gennemsnittet for høstudbytte er 6,62 kg pr. m.

Placering	Salinitet (psu)	Substrat	Høstudbytte pr. m	Reference
Sankt Anna SE	6	Bændel	3,4 kg	Kotta et al. (2019).
Kiel D	15	Ropes with collectors bands	5,71 kg	Minnhagen (2017)
Østjyske fjorde (<i>estimat på baggrund af forsøg med testliner</i>) DK	25 ± 5	Bændel	8,64 kg	Bruhn et al. (2020)
Horsens Fjord DK	25	Bændel	8,74 kg	Bruhn et al. (2020)

Tabel 11: Høstudbytte fra blåmuslingeproduktioner med langlinesystem

13.2 Estimeret næringsstoffreduktion

Vi har valgt at tage udgangspunkt i nedenstående tabel til at estimere næringsstoffreduktion for hvert forsøgsopdræt. Vi har samlet estimater for procentvis kvælstof og fosforfjernelsen pr. høst fra ti blåmuslingeproduktioner i Østersøen. Gennemsnittet for nedenstående tal er 1,02 % kvælstof pr. WW (wet weight) blåmuslinger og 0,09 % fosfor pr. WW (wet weight) blåmuslinger. Disse tal ligger tæt på den fremlagte N fjernelse på 858 kg pr. ha i afsnit 8.1.

Placering	Salinitet (psu)	N pr. WW musling (%)	P pr. WW musling (%)	Reference
Kumlunge (Indre Østersø)	6	0,5- 0,6	0,04- 0,05	Kotta et al, 2019
Sankt Anna (Centrale Østersø)	6	0,7	0,06	Kotta et al, 2019
Greifswald Bay (Ydre Østersø)	7,3 ± 0,7	0,8	0,06	Buer et al, 2020a
Wieker Bay (Centrale Østersø)	9,0 ± 0,8	0,9	0,08	Buer et al, 2020a
Kiel (Ydre Østersø)	15	0,9- 1,2	0,06- 0,1	Kotta et al, 2019
Hagby (Centrale Østersø)	6,8 ± 0,4	1,1	0,09	Buer et al, 2020a
Vornsi island (Centrale Østersø)	6,7 ± 0,5	1,2	0,09	Buer et al, 2020a
Västervik (Centrale Østersø)	6,8 ± 0,4	1,4	0,13	Buer et al, 2020a
Grankullaviken (Centrale Østersø)	6,9 ± 0,5	1,5	0,13	Buer et al, 2020a
Påviolsta (Centrale Østersø)	6,9 ± 0,3	1,5	0,14	Buer et al, 2020a

Tabel 12: Estimater for procentvis kvælstof og fosforfjernelsen pr. ww blåmuslinger fra blåmuslingeproduktioner i Østersøen.

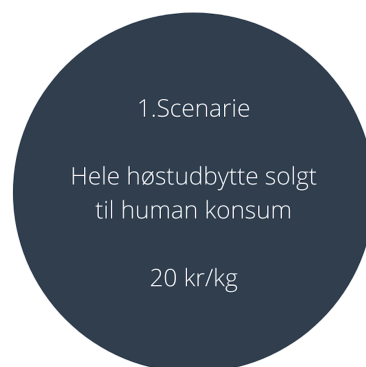
Hvis det lykkes at opsamle fækalier og psudofækalier fra blåmuslingerne i det landbaserede forsøgsopdræt, kan der yderligere opsamles en stor mængde kvælstof og fosfor fra vandet inden det udledes igen. Vi har dog afgrænset os fra at estimere, hvor meget større reduktionen kan blive ved dette.

13.3 Potentiel indtægt fra høst

Anvendelsen af høstudbyttet vil have betydning for en potentiel indtægt, hvor prisen vil variere meget. Vi vil beregne den potentielle indtægt ud fra tre scenarier. *Første scenarie*: hele høstudbyttet bliver solgt til human konsum. *Andet scenarie*: hele høstudbyttet bliver solgt til produktion af muslingemel til foder. *Tredje scenarie*: en tredjedel af høstudbyttet bliver solgt til human konsum, og den resterende sælges som foderprodukt.

Første scenarie

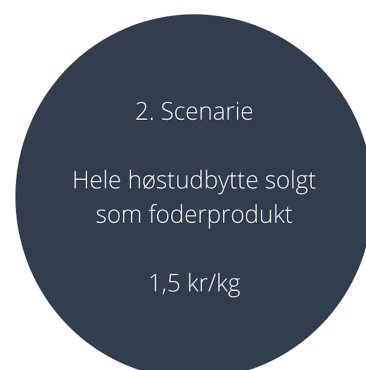
Vores informant Mads Hecter oplyser, at producenterne i Limfjorden kan afsætte deres blåmuslinger til ca. 20 kr./kg til detailhandlen (bilag 2.1). Vi vil derfor benytte en pris på 20 kr./kg som estimat. Der vil dog potentielt kunne fås en væsentlig højere pris, hvis muslingerne blev brandet som en lokal produceret specialitet, som tilfældet i Kiel, hvor vores informant Tim Staufenberger sælger blåmuslinger direkte til kunderne til 70 kr./kg (bilag 2.3).



Andet scenarie

I virkemiddelkataloget til realisering af 2. generations vandplaner bliver solget af muslingemel til husdyrproduktion vurderet. Denne vurdering tager udgangspunkt i priserne på produktionen af fiskemel. Fisk til fiskemelsproduktion opgøres til mellem 1-1,5 kr./kg (Eriksen et al., 2014). Vi udregner dermed indtægten ud fra en pris på 1,5 kr./kg blåmuslinger.

Det færdige fiskemelsprodukt bliver ifølge virkemiddelkataloget solgt til 12-14 kr./kg (ibid.).



Tredje scenarie

I Kiel høster Tim Staufenberger 1,8 tons blåmuslinger om ugen i høstperioden, men det er kun en tredjedel af blåmuslingerne, der har en størrelse, som kan bruges til human konsum. Resten blev før i tiden smidt ud, men nu bliver de omstrømpet (bilag 2.3). Dermed vil vi i dette scenarie gå ud fra, at en tredjedel af nettets muslinger bliver solgt til human konsum til en pris på 20 kr./kg, og de resterende to tredjedele bliver solgt til muslingemel produktion til 1,5 kr./kg.



13.4 Pris på anlæg

Vi vil her bruge tal fra foregående afsnit om forsøgopdrættene og de materialelister der fremgår i forbindelse med beskrivelserne. Prisen for forsøgopdrættene er uden etablerings- og driftsomkostninger og derfor udelukkende for materialer.

13.5 Vurdering af Technology readiness level (TRL)

TRL er en metode til at vurdere modenheden af en given teknologi. Tabel 13 viser de forskellige niveauer af TRL, som vi vil tage udgangspunkt i vurderingen af de fire forsøgopdræt.

TRL	Description
1	Basic principles observed/reported
2	Technology concept and/or application formulated
3	Analytical and experimental critical function and/or characteristic proof-of-concept
4	Component and/or breadboard validation in laboratory environment
5	Component and/or breadboard validation in relevant environment
6	System/subsystem model or prototype demonstration in a relevant environment (ground or space)
7	System prototype demonstration in a space environment
8	Actual system completed and "flight qualified" through test and demonstration (ground or space)
9	Actual system "flight proven" through successful mission operations

Tabel 13: Forklaring af de forskellige niveauer af Technology Readiness Level (TRL) (Rybicka et al., 2015: tabel 1).

Vi vurderer, at net/cirkel for svaj er på niveau 5, da der bliver produceret blåmuslinger på net i kommercielle produktioner, og dermed er delelementer eller komponenter af forsøgopdrættet afprøvet. Dog er hele systemet endnu ikke afprøvet.

Det undersøgte langlinesystem er vurderet til niveau 7, fordi dette dyrkningssystem er afprøvet under lignende fysiske forhold i Letland og New Zealand. I Letland, hvor forholdene er mest sammenlignelige med dem ved Bornholm, er dyrkningssystem dog kun afprøvet med videnskabeligt demonstrationsformål og ikke etableret kommercielt (SUBMARINER Network, 2019).

Som tidligere konkluderet er der ingen eksisterende landbaserede anlæg med opdræt af blåmuslinger, og derfor er der et manglende erfaringsgrundlag. Venø Seafood bruger elementer eller komponenter, såsom indledning af havvand og filtrering samt udledning. Dog er forholdene ved at producere østers til konsum forskellige fra blåmuslinger, og dermed er disse elementer ikke fuldstændig sammenlignelige med det præsenterede landbaserede forsøgsopdræt. Vi har derfor vurderet at dette forsøgsopdræt er på niveau 2.

13.6 Opsamling

I tabel 14 ses en sammenligningen af systemerne på baggrund af ovenstående kriterier.

	Estimeret høstudbytte	Potentiel indtægt fra høst <i>1., 2. og 3. scenarie</i>	Estimeret næringsstof-fjernelse	Pris for anlæg	TRL
<i>Net for svaj/cirkel</i>	52,51 kg pr m ² ×60m ² = 3.151,2 kg	1) 63.024 kr. 2) 4.726,8 kr. 3) 23.917,48 kr.	32,14 kg N 2,84 kg P	29.000 kr.	5
<i>Undersænket langlinesystem</i>	6,62 kg pr. m ×280 m = 1.853,6 kg	1) 37.072 kr. 2) 2.780,4 kr. 3) 14.068,65 kr.	18,91 kg N 1,66 kg P	19.162,02 kr.	7
<i>Landbaseret system</i>	52,51 kg pr m ² ×63m ² = 3.308,76 kg	1) 66.175,2 kr. 2) 4.963,14 kr. 3) 25.113,47 kr.	33,75 kg N 2,97 kg P	~ 243.050 kr.	2

Tabel 14: Sammenligning af de 4 forsøgsopdræt.

På baggrund af ovenstående tabel udledes følgende konklusioner:

- Der er stor forskel på den potentielle indtægt afhængigt af om høsten afsættes som foderprodukt eller human konsum. Det vil med forsøgsopdrættene ikke være økonomisk rentabelt at afsætte hele høstudbyttet til foderprodukt. Det bør efterstræbes, at så meget af høsten som muligt afsættes til human konsum. Desuden vil der forventes større rentabilitet med større høstudbytte.
- Med net/cirkel for svaj ses det højeste høstudbytte ift. prisen for anlægget. Traditionelt dyrkes der ikke blåmuslinger til human konsum på net, da det er svært at opnå en homogen størrelse. Det vil derfor højst sandsynligt ikke være muligt at afsætte hele høsten til human konsum.

- Undersænket langlinesystem er sammenlignelig med net/cirkel for svaj ift. høstudbytte og pris for anlæg, og der er større erfaringsgrundlag at trække på, som der også udmærker sig i vurderingen af TRL. Derudover vil det, ifølge erfaringer med dette system, være muligt at afsætte hele høsten til human konsum, hvis der omstrømpes. At omstrømpe blåmuslingerne vil dog være forbundet med udgifter.
- Det landbaserede forsøgsopdræt er en del dyrere end de havbaserede, men har muligvis en tilsvarende højere næringsstofreduktion. Systemet befinder sig på TRL niveau 2, og det kræver fortsat en del undersøgelser før dette forsøgsopdræt kan opsættes. På niveau 2 mangler der flere trin før vi kan sætte det op.

14. Organiseringen af demonstrationsprojektet

For at muliggøre demonstrationsprojektet på Bornholm, er der behov for opbakning og støtte til planlægning, etablering og driften af de fire forsøgsopdræt. NbS præsenterer en organisatorisk udfordring med hensyn til nødvendigheden af at få flere aktører om bord for at muliggøre en effektiv implementering (Hawxwell et al., 2019). For at sikre integrationen af IUCN's grundprincipper for Nature based Solutions (NbS) vil vi i forbindelse med organiseringen særligt arbejde med princip 4 om, at planlægningen og implementeringen skal inddrage relevante og berørte aktører og interessenter og princip 7 om, at identificere interessekonflikter og forhandle kompromisser. Dette vil vi gøre ved først at identificere hvilke aktørgrupper og kompetencer, der er relevante at inddrage og på baggrund af det, udvælge konkrete aktører, som skal indgå i demonstrationsprojektet. I den forbindelse vil vi inddrage NbS princip 8, omkring politisk integration i planlægningsprocessen. Ud fra dette vil vi foreslå en mulig organisationsform for, hvordan de forskellige aktører skal mobiliseres i demonstrationsprojektet, og præsentere en plan for etableringen af projektet.

14.1 Organisering og formål med blåmuslingeproduktion

NbS adresserer de komplekse interaktioner mellem økologiske, sociale, institutionelle og politiske systemer, og kræver dermed en koordineret indsats mellem aktører, herunder både offentlige og private (Cohen-Shacham et al., 2016). Afvejningen mellem forskellige interesser vil være et centralt element i planlægningsprocessen af demonstrationsprojektet, hvor NbS foreskriver, at der bør være fokus på både de miljømæssige-, sociale og økonomiske fordele (jf. afsnit 4). Denne afvejning kan imidlertid være kompleks at foretage, og et stort fokus på økonomiske fordele kan ofte skabe et modsætningsforhold i, at NbS samtidig forsøger at promovere værdien af ikke-markedsbestemte goder og services ved naturen. Integrationen af både socioøkonomiske og miljømæssige effekter er således vigtig at have fokus på for at sikre en helhedsorienteret planlægning.

Jf. afsnit 1 er Østersøen et af de mest eutrofierede havmiljøer i verden, og indsatserne med at nedbringe udledningerne af kvælstof og fosfor har ikke haft den tilsigtede effekt i det kystnære hav omkring Bornholm. I Danmark bliver der, som tidligere nævnt, forsket i at bruge blåmuslinger som virkemiddel til at forbedre økosystemer, og ligeledes hvordan muslingerne kan anvendes til forskellige formål. Perspektiverne i, at blåmuslingerne potentielt kan have en værdi efter høst, og på den måde generere en indtægt, vil kunne engagere aktører med kommercielle interesser, eller aktører, der ønsker at fremme lokal vækst og beskæftigelse.

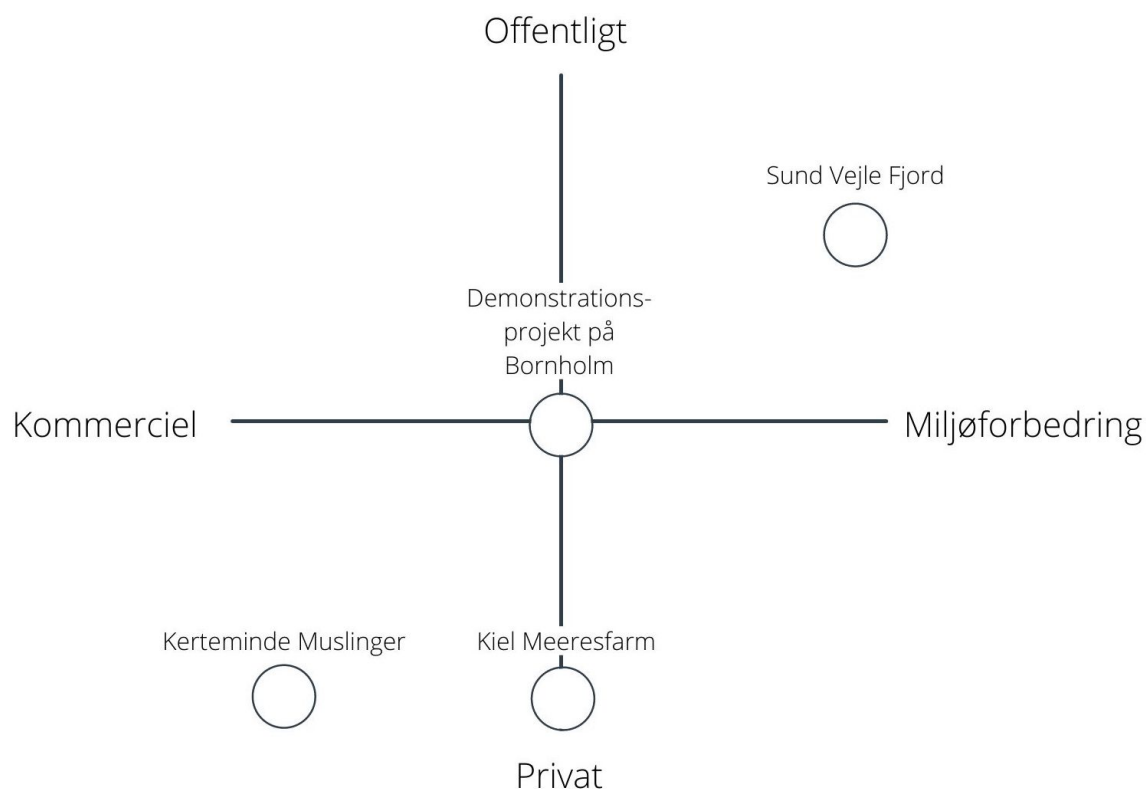
For at sikre den helhedsorienterede planlægning med hensyn til miljømæssige og socioøkonomiske effekter kan involveringen af offentlige og private aktører, som eksempelvis myndigheder, vidensinstitutioner eller NGO'er, bidrage med viden og kompetencer på dette område. For at få en forståelse for, hvordan den teoretiske inddragelse af private og offentlig involvering kan ske i praksis, har vi med udgangspunkt i vores empiri undersøgt forskellige måder at organisere blåmuslingeopdræt.

14.1.1 Kategorisering af blåmuslingeopdræt

Vi har kategoriseret de tre blåmuslingeopdræt Kiel Meeresfarm, Kerteminde Muslinger og Sund Vejle Fjord, som vi har interviewet i forbindelse med specialet, ud fra deres primære formål og organisationsform. Med udgangspunkt i denne inddeling vil vi vurdere, hvilke potentialer og udfordringer der kan være forbundet med de forskellige organisationsformer. Grænserne mellem formålene og organiseringen kan være flydende, men inddelingen kan bidrage til at tydeliggøre, hvilken påvirkning valget af formål og organisationsform kan have på produktionen.

Vores teoretiske udgangspunkt i NbS understreger udfordringerne i at ville kombinere miljøforbedring med kommercielle interesser, hvilket særligt knytter sig til mangel på interdisciplinært samarbejde.

Vi har placeret de forskellige opdræt af blåmuslinger i et koordinatsystem, som er illustreret på figur 20, hvor kommercielle formål og miljøforbedrende effekter er i hver sin ende af den vandrette akse, og privat og offentlig organisering er i hver sin ende af den lodrette akse. Med udgangspunkt i denne inddeling, vil vi præsentere en organisationsform, vi mener vil sikre, at de forskellige interesser bliver inddraget i planlægningen af demonstrationsprojektet. Der er brug for sektor og silo overskridende samarbejde, hvorfor både offentlige og private aktører er nødvendige for at sikre viden og kompetencer i demonstrationsprojektet, og derfor er demonstrationsprojektet placeret i midten, hvilket vil blive uddybet senere i nærværende afsnit. Placeringen af de andre tre muslingeopdræt på akserne vil blive uddybet i det følgende, og på baggrund af deres erfaringer vil vi beskrive, hvordan en placering i midten bliver mulig.



Figur 20: Koordinatsystemet illustrerer formål og organisering af forskellige opdræt med blåmuslinger. Den vandrette akse angiver, om formålet med produktionen er kommerciel eller miljøforbedrende. Den lodrette akse angiver, hvorvidt organiseringen er privat eller offentlig.

Med erhvervsfremme menes både kommercielt formål for den enkelte producent, men også som et generelt mål om at skabe lokal vækst og arbejdspladser. Med miljøforbedring menes, at dette er det primære formål med dyrkningen af blåmuslinger. Miljøforbedrende formål forstås som primær interesse i at fremme de positive miljøeffekter, som dyrkning af blåmuslinger kan bidrage med såsom optag af næringsstoffer, øget sigtbarhed og generelle forbedringer af økosystemet.

Kiel Meeresfarm: Privat organisering med kommercielt og miljøforbedrende formål

Kiel Meeresfarm er en privat virksomhed, der ligger i Kiel bugt i Tyskland. Produktionen er rettet mod human konsum, hvor muslingerne primært sælges direkte til lokale restauranter. Som følge af lav salinitet er muslingerne små, og de bliver markedsført som en lokal produceret specialitet, og har derfor en langt højere markedspris end hos andre producenter (bilag 2.3). Opdrættet har delvist fokus på miljøforbedrende effekter ved blåmuslingeproduktion, ved at indsamle data og medvirke i forskellige forskningsprojekter omkring de afledte miljøeffekter ved produktionen, blandt andet i SUBMARINER projektet (ibid.). Vi har således placeret opdrættet som et privat tiltag med et delvist kommercielt og delvist miljøforbedrende formål på akse i figur 20.

Tim Staufenberger, som er en af ejerne af Kiel Meeresfarm, beretter om en langvarig og ressourcekrævende opstartsproces, som følge af offentlige myndigheders modstand og uvidenhed ift. produktion af blåmuslinger (bilag 2.3). Modstanden gik især på en forudindtaget holdning og overbevisning om, at produktionen ville være miljøskadende, som de tidligere havde erfaringer med fra havbrug. Tim Staufenberger oplevede også, at myndighederne var mere villige til at acceptere nye tiltag i produktionen, når det blev gjort i forbindelse med forskningsprojekter omhandlende blåmuslingernes miljøeffekter (ibid.). Integrering af relevante myndigheder i planlægningen og etableringen af produktionen vil således, potentielt kunne afhjælpe disse udfordringer, da det kan medvirke til at overkomme den videnskabsmæssige barriere, og gøre kommunikation om formålet med produktionen mere direkte. Tim Staufenberger fremhæver desuden, at det er en fordel at etablere en god relation til den lokale myndighed, da de skal involveres, når der skal søges forskellige tilladelser, og udføres test relateret til fødevarerens sikkerheden i produktionen (ibid.).

For at opnå en større accept og opbakning, og undgå eller imødekomme konflikter om eksempelvis placeringen af opdrættet, pointerer Tim Staufenberger desuden vigtigheden af lokal forankring (bilag 2.3). Den lokale forankring er bl.a. opnået gennem formidling og dialog med lokalsamfundet (ibid.). Tim Staufenberger mener endvidere, at Kiel Havns industrielle udtryk medvirker til større accept af en produktion (ibid.). Nexø Havn er også en gammel industrihavn, og placeringen af forsøgsopdrættene formodes således at harmonere med de eksisterende kulturelle forhold i området.

Bruhn et al. (2020) mener ligeledes, at oplevelsen af visuelle gener muligvis kan blive nedtonet, hvis blåmuslingeproduktion opfattes som noget positivt, fordi det har en miljøforbedrende effekt, eller man oplever, at det er i overensstemmelse med lokalsamfundets og dets værdier (Bruhn et al. 2020).



Billede 23: Blåmuslingeproduktion i Kiel (Kieler Meeresfarm, u.å).

Kerteminde Muslinger: Privat organisering med kommercielt formål

Kerteminde Muslinger er en privat produktion uden inkludering af offentlige aktører og med et kommercielt formål (bilag 2.1). Kerteminde Muslinger ligger i Kerteminde bugt i Storebælt, og producerer økologiske blåmuslingerne, som sælges til konsum. Ejer Mads Hecter har planer om at kombinere flere former for akvakultur, både østers, tang og blåmuslinger. Kerteminde Muslinger indgår også i SUBMARINER projektet, og samarbejder desuden med DTU Aqua om at afprøve et dyrkningssystem, der skal afhjælpe problemer med prædatorer (ibid.).

Mads Hecter ønsker at drive en produktion, som er økonomisk rentabel, og han har fremtidsperspektiver om at opskalere produktionen (ibid.). Kerteminde Muslinger er et kommercielt opdræt på samme måde som produktionen i Limfjorden, dog ønsker Mads Hecter ikke at sælge til detail, men derimod direkte til aftageren som et gourmetprodukt (ibid.). Mads Hecter vil gerne, ligesom Kiel Meeresfarm, skabe en storytelling omkring sit produkt, som en lokal produceret specialitet (ibid.). Fortællingen om de miljøforbedrende effekter ved blåmuslingeproduktion vil også potentielt kunne medvirke til at øge indtjeningsgrundlaget. Fokus på de miljøforbedrende effekter giver ikke nødvendigvis økonomisk afkast, og det kræver, at producenten formidler og afsætter ressourcer til dette.

Opdræt af blåmuslinger i Limfjorden er et eksempel på produktioner, der udelukkende har et kommercielt perspektiv, og de har fået kritik af blandt andre Danmarks Naturfredningsforening (DN) for at være miljøbelastende frem for miljøforbedrende (Jørgensen, 2021). Det er især risikoen for iltvind på bunden, som følge af store koncentrationer af muslingefækalier, som DN mener, ikke bliver medtaget, før tilladelserne bliver givet. De mener, at eksempelvis gode strømforhold skal være et vilkår til at undgå koncentrering af muslingefækalier (ibid.). Bruhn et al. (2020) fremhæver desuden, at store anlæg eller flere anlæg placeret tæt på hinanden kan medføre, at der kan komme konkurrence om føden, hvilket kan reducere muslingernes vækst og dermed den arealspecifikke kvælstoffjernelse. Det kan således potentielt reducere de miljøforbedrende effekter ved produktionen, hvis der udelukkende er fokus på kommercielle perspektiver. Kerteminde Muslinger er den eneste produktion i Kerteminde Bugt, og har derfor ikke været udsat for denne kritik, men hvis der fra politisk side besluttet at ændre lovgivning ift. tilladelserne, kan det betyde meromkostninger for Mads Hecter, hvis han ønsker at udvide produktionen.



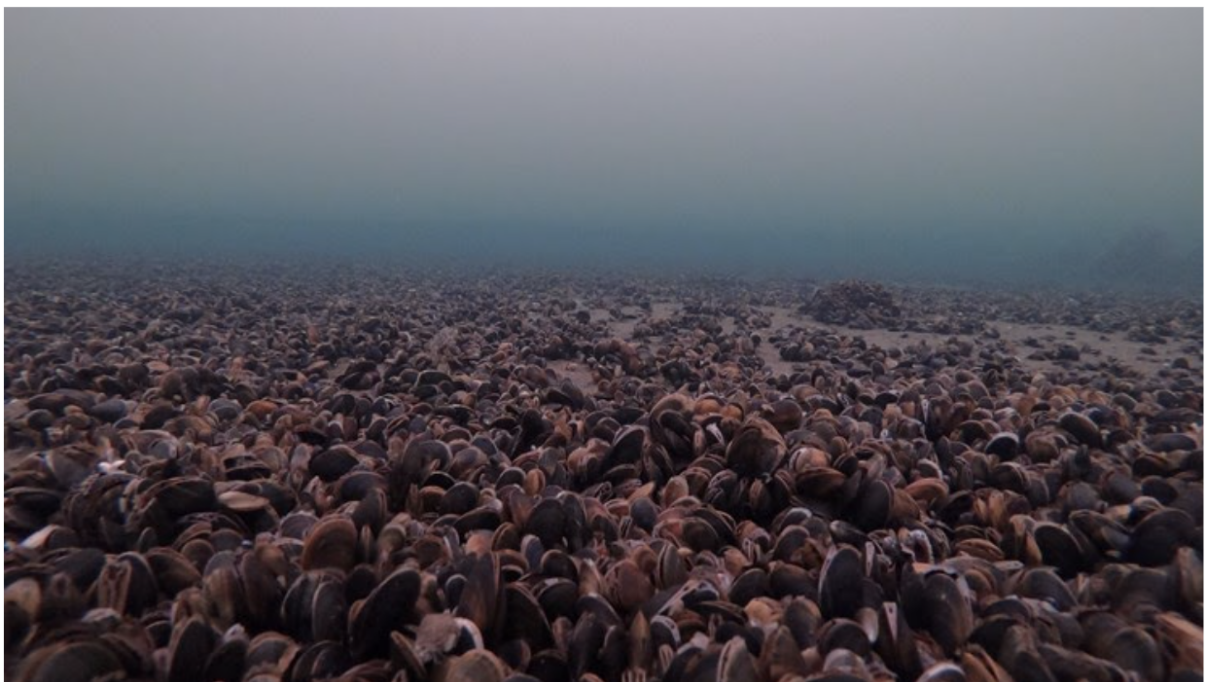
Billede 24: fire billeder fra produktionen hos Kerteminde Muslinger (Kerteminde Muslinger, u.å).

Sund Vejle Fjord: Overvejende offentlig organisering med miljøforbedrende formål

Vi har placeret projekt 'Sund Vejle Fjord' som overvejende offentligt og med et miljøforbedrende formål uden kommercielle perspektiver i koordinatsystemet på figur 20. Projektet har stort fokus på at skabe synergieffekter gennem flere samtidige tiltag, som udplantning af ålegræs, dyrkning og udlægning af blåmuslinger samt opfiskning af krabber (bilag 2.2). 'Sund Vejle Fjord' startede ud fra et ønske fra blandt andet amatør fiskere og andre borgere, der ønskede at benytte fjorden, som pressede på for, at der blev igangsat tiltag til at forbedre miljøtilstanden (ibid.). Ideen til projektet blev udviklet af bestyrelsen for Vejle Fjord, der består af repræsentanter fra erhvervslivet og en række relevante interessegrupper, herunder eksempelvis landbruget, et lokalt dambrug, turismeerhvervet og interesseorganisationer som Danmarks Naturfredningsforening og Friluftsrådet (Vejle Kommune, 2020). Vejle Kommune er ansvarlige for den daglige ledelse, og projektet er også delvist finansieret af kommunen, hvor Velux fonden har bevilliget 15 millioner og Vejle Kommune selv har finansieret 10 millioner. Syddansk Universitet er ansvarlige for den videnskabelige fundering, og skal sikre, at den tilsigtede miljøforbedring forekommer og dokumenteres (bilag 2.2).

Projektleder Mads Fjeldsø Christensen fortæller, at det har været centralt for projektet, at organiseringen rummer både private erhvervsdrivende- samt andre interesserede og implicerede aktører (ibid.). Som følge af denne organisering, hvor et bredt spektrum af aktører er aktiveret, har Vejle Kommune formået at forankre projektet bredt, gennem eksempelvis involvering af det lokale gymnasium, der har hjulpet med udplantning af ålegræs (ibid.). Det har generelt været et vigtigt element i projektet at mobilisere og involvere relevante interessenter, berørte erhverv og politiske beslutningstagere, så projektet forankres bredt (ibid.). Inddragelsen af lokale aktører har endvidere bidraget med nødvendige kompetencer og erfaringer. I Vejle Fjord satte de lokale fritidsfiskere muslinge anlægget op, og de samme fritidsfiskere er ansvarlige for vedligeholdelsen, hvilket Mads Fjeldsø Christensen fremhæver, at de kommunale biologer ikke har de rette kompetencer til (ibid.).

Sund Vejle Fjord er et fem årigt projekt, hvor der efter endt projektperiode er usikkerhed om, hvorvidt tiltagene kan fortsætte (bilag 2.2). Der er ikke tænkt i kommercielle perspektiver i at fortsætte udsætningen af muslinge banker, og der er derfor ikke sikret en langsigtet finansiering. Et større fokus på kommercielle perspektiver vil således kunne medvirke til, at de forskellige tiltag vil kunne fortsætte, og dermed potentielt øge de langsigtede miljøforbedrende effekter.



Billede 25: To billeder fra Sund Vejle Fjord-projektet. Øverst ses udplantning af ålegræs og nederst ses udlagte muslingebanker (Vejle Kommune, 2021).

Demonstrationsprojekt på Bornholm: Offentlig og privat organisering med kommercielt og miljøforbedrende formål

Placeringen i midten af koordinatsystemet i figur 20 illustrerer, at det vil styrke demonstrationsprojektet at inddrage både kommunale- og private aktører i planlægningen, etableringen og driften. Fordelen ved at inddrage offentlige aktører i organiseringen er, at en kommune ikke har et kommercielt fokus, men derimod prioriterer andre afledte effekter. Opdræt af blåmuslinger og perspektiverne i at forbedre vandkvaliteten i havet varetager en samfundsinteresse og Danmarks vandområdeplaner er kommunens ansvarsområde (jf. afsnit 6.1), dermed vil en reduktion af næringsstofkoncentrationen i de kystnære havområder medvirke til at løse en kommunal opgave. Et kommercielt formål kan i nogle tilfælde bevirke, at der ikke bliver taget de nødvendige miljøhensyn, hvilket som nævnt f.eks. har været en udfordring i Limfjorden. Vi mener derfor, at det vil være afgørende, at de miljømæssige interesser bliver vægtet lige så højt som de økonomiske, og derfor er det nødvendigt at inddrage aktører, der rummer begge perspektiver.

Ifølge Bruhn et al. (2020) kan administrationen af muslingeopdræt som virkemiddel ske på flere måder, enten som en offentlig investering eller gennem private operatører, hvor der gives betaling for en given næringsstoffjernelse. Det vil dog kræve, at muslingeopdræt vedtages som virkemiddel således, at der kan allokeres midler til det, hvilket ikke er tilfældet på nuværende tidspunkt. Vores informant Mads Fjeldsø Christensen pointerer, at de fleste kommuner ikke har midler til at igangsætte sådanne tiltag uden støtte, og finansiering vil derfor være afgørende (bilag 2.2). Det vil derfor være nødvendigt at indtænke kommercielle perspektiver i demonstrationsprojektet fra starten, for at sikre en langsigtet finansiering. Kommercielle perspektiver kan samtidig sikre, at andre afledte effekter, såsom erhvervsfremme og lokal beskæftigelse, integreres i demonstrationsprojektet, og bidrage til en mere langsigtet og helhedsorienteret planlægning. På baggrund af dette vil vi i følgende afsnit identificere, hvilke konkrete private og offentlige aktører nærværende speciale gruppe mener, skal indgå i demonstrationsprojektet, for at sikre at både miljøforbedrende og kommercielle interesser integreres i planlægningen.

14.2 Hvilke aktører skal inddrages i demonstrationsprojektet

Ifølge IUCN'S princip 4 er det vigtigt, at forskellige berørte og relevante aktørgrupper indgår i planlægningen og implementeringen af NbS, og at løsningen tager hensyn til alle berørte aktører (Cohen-Shacham et al., 2016). Der er flere fordele ved at involvere en bred vifte af interessenter og aktører i planlægningsprocessen, da 1) interessenters perspektiver, betingelser og viden forbedrer planlægningen; 2) processen bliver bedre forstået og accepteret af de involverede

aktører og dermed bedre understøttet; og 3) involvering af interessenter øger legitimiteten af processen (Nesshöver et al., 2017).

Vi vil således i følgende afsnit forsøge at identificere forskellige aktørgrupper, der er nødvendige at inddrage for dermed at forbedre, understøtte og legitimere planlægningsprocessen af demonstrationsprojektet. Med udgangspunkt i dette vil vi udvælge konkrete aktører, som skal indgå i demonstrationsprojektet og beskrive, hvilke interesser og kompetencer de har i forhold til perspektiverne i blåmuslingeproduktion og planlægningen heraf.

14.2.1 Offentlig myndighed

Ifølge vores teoretiske tilgang foreskriver NbS grundprincip 8, at politisk integration er afgørende for en vellykket implementering af NbS, da politisk opbakning og engagement vil medvirke til at give projektet legitimitet (Cohen-Shacham et al., 2016). Endvidere understreger grundprincip 8, at der kan opbygges viden omkring implementering af NbS tiltag som middel mod klima- og miljøforandringer hos den offentlige myndighed, ved deltagelse i planlægningen og implementeringen af NbS (ibid.). NbS forsøger at håndtere samfundsmæssige udfordringer, og derfor ligger ansvaret og gevinsten ofte hos den forvaltende myndighed på området (Hawxwell et al, 2019).

Ansøgning om tilladelse til etablering af et opdrætsanlæg med blåmuslinger skal indsendes til Fiskeristyrelsen (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2017b). Som led i sagsbehandlingen hører Fiskeristyrelsen, en række organisationer og myndigheder¹³, som vurderes til at kunne have en interesse i produktion af blåmuslinger (ibid.), hvor den berørte kommune er blandt disse. For at imødekomme potentielle indsigelser i forbindelse med høringen, vil det være en fordel at inddrage nogle af disse aktører i planlægningsprocessen. En kommunes deltagelse sikrer den politiske forankring, og vil også medvirke til at skabe en relation til det omkringliggende samfund, hvilket potentielt styrker opbakningen fra de berørte borgere.

Bornholms Regionskommune

Demonstrationsprojektet skal forsøge at løse lokale problemer med eutrofiering i det kystnære hav omkring Bornholm, og dermed er Bornholms Regionskommune (BRK) den forvaltende myndighed. Endvidere er de potentielle afledte effekter af demonstrationsprojektet at skabe erhvervsfremme og styrke selvforsyning af fødevarer og foderprodukter, hvilket både er BRKs og

¹³ "Dansk Akvakultur, Danmark Fiskeriforening Producent Organisation, Danmarks Naturfredningsforening, Danmarks Sportsfiskerforbund, den eller de berørte kommuner, DTU Aqua, Forsvarets Ejendomsstyrelse, Friluftsrådet, Fødevarestyrelsen, Geodatastyrelsen, Kystdirektoratet, Limfjordsfiskernes Østersforening, Naturstyrelsen, Miljøstyrelsen, Slots- og Kulturstyrelsen, Søfartsstyrelsen, WWF Verdensnaturfonden" (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2017b: 1).

lokalsamfundets interesse. Samtidigt bliver kommunen også mere kompetent til at håndtere klima- og miljøudfordringer, og drive de nødvendige omstillingsprocesser som NbS adresserer.

Miljømålene for kystvande ved Bornholm reguleres ud fra de målsætninger, som er vedtaget i EU's havstrategidirektiv og vandrammedirektiv (jf. afsnit 6.1). Ifølge vandrammedirektivet er Danmarks vandområdeplaner kommunens ansvarsområde, og det er således oplagt, at BRK involverer sig i at gøre en indsats for at nedbringe påvirkningen af eutrofiering i det kystnære havområde omkring Bornholm. Ifølge tilstandsvurderingerne er miljømålene for havet omkring Bornholm ikke opnået, og Østersøen er fortsat stærkt påvirket af eutrofiering. I vandområdeplanen for vandområdedistrikt Bornholm er der, jf. afsnit 6.1.1, imidlertid ikke fastlagt konkrete indsatser for reduktion af kvælstof til kystvande for Bornholm for perioden 2015-2021. Dette skyldes lempelser i kvælstofreguleringen i anden planperiode, og de kommende vandområdeplaner vil muligvis indeholde et skærpet indsatsbehov. Marine virkemidler vil potentielt blive en del af indsatserne i de kommende vandområdeplaner 2021-2027 (jf. afsnit 8).

Det vurderes endvidere i Danmarks Havstrategi, at der er behov for øget fokus på blandt andet eutrofiering for at nå målet om god miljøtilstand. Det kommende indsatsprogram for havstrategi II, der forventes at udkomme i 2021, vil formentlig fastsætte forpligtelser for kommunerne, således HELCOM målene kan opnås. Det kan derfor forventes, at den kommunale planlægning af havet og de kystnære områder potentielt kommer til at få større betydning fremover.

Demonstrationsprojektet vil således imødekomme kommunens forpligtelser i forhold til vandrammedirektivet og havstrategien, hvis det viser miljøforbedrende effekter i det kystnære område.

Vores informant Søren Møller Christensen, der er leder af udvikling og plan i BRK fortæller, at de udviklingsaktiviteter kommunen indgår i med erhvervslivet er prioriteret ud fra de formål, der er beskrevet i det regionale kapitel i erhvervsfremmestrategien. Denne strategi er udarbejdet af Danmarks Erhvervsfremmebestyrelse, og skal danne rammerne for den decentrale erhvervsfremmeindsats (Danmarks Erhvervsfremmebestyrelse, 2020). Der er udarbejdet et kapitel for hver region, hvor indsatsområderne for erhvervsfremme på Bornholm er illustreret i figur 21.



Figur 21: Strategisk retning for Bornholm beskrevet i det regionale kapitel i erhvervsfremmestrategien 2020-2023 (Danmarks Erhvervsfremmebestyrelse, 2020).

Grøn og cirkulær omstilling er et af indsatsområderne, hvor der drages forbindelse til arbejdet med Bright Green Island-visionen (Danmarks Erhvervsfremmebestyrelse, 2020). Bright Green Island er en strategi udviklet af BRK i samarbejde med erhvervslivet, der har til formål at gøre den grønne omstilling til en god forretning og involvere det bornholmske samfund i denne udvikling (Bornholm Regionskommune, 2018b). BRK har med Bright Green Island strategien sat klima og miljø på den kommunalpolitiske dagsorden med et ønske om, at bæredygtige virksomheder og nye produktionsmetoder kan bidrage til at sikre lokal udvikling og vækst (ibid.). I 2020 blev Bornholm af EU Horizon-programmet udnævnt som den grønneste ø i Europa (Bornholms Regionskommune, u.å). I denne forbindelse modtog BRK 3,7 millioner kr., som af kommunalbestyrelsen blev afsat til en strategisk og politisk pulje. Formålet med denne pulje er at igangsætte nye projekter, som kan medvirke til at indfri de kommunale klima- og miljøvisioner fremført i Bright Green Island strategien (ibid.). Ansøgninger til puljen skal behandles af Særligt udvalg om Klima og Bæredygtighed og efterfølgende af Økonomi-, Erhvervs-, og Planudvalget samt afslutningsvis af Kommunalbestyrelsen (ibid.).

Iværksætteri er også en af erhvervsfremmestyrelsens prioriteter, der kan bidrage til at styrke befolkningstilvæksten og vil medvirke til at skabe udvikling (Danmarks Erhvervsfremmebestyrelse, 2020). Her fremhæves fødevarer som et særligt fokusområde, da bornholmske fødevarer har et godt brand, der tiltrækker mange turister, og har gode eksisterende netværk at bygge videre på (ibid.). BRK har også indgået i et privat/offentligt samarbejde med Bornholms Landbrug & Fødevarer og foreningen Gourmet Bornholm omkring

Bornholms Fødevarerstrategi, hvor formålet er at styrke den bornholmske fødevarersektor (Bornholm Regionskommune, 2018b).

Turisme er endvidere fremhævet som en vigtig erhvervsstyrke og indtægtskilde for Bornholm (Danmarks Erhvervsfremmebestyrelse, 2020).

Etableringen af et opdræt af blåmuslinger har formål, som vi vurderer, ligger indenfor flere af de beskrevne indsatsområder, og udviklingsstrategier BRK arbejder indenfor. Således kan produktion af blåmuslinger skabe sammenhæng mellem flere politiske prioriteter, hvilket NbS princip 8 foreskriver. BRK's prioriteter for erhvervsudvikling skal dermed forsøges at blive integreret i planlægningen af demonstrationsprojektet, hvor fokusområder blandt andet kan være at forbedre tilstanden i det kystnære områder, at tiltrække turister samt at fremme lokal udvikling, lokalt producerede fødevarer og cirkulær vækst.

Der er en række juridiske udfordringer, som er vigtige at tage højde for i et samarbejde om udvikling af løsninger mellem offentlige og private aktører. Konkurrenceforvridding er en udfordring, som skal medtages i overvejelserne vedrørende organiseringen (bilag 2.8). Vores informant Søren Møller Christensen foreslår, at kommunens rolle i demonstrationsprojektet skal være en form for partnerskab, da BRK på nuværende tidspunkt ikke indgår med økonomiske midler i et juridisk bindende samarbejde med erhvervselskaber (ibid.). I et partnerskabe påtager kommunen sig en faciliterende, understøttende eller koordinerende rolle (ibid.).

14.2.2 Lokal forankring

Lokal forankring af demonstrationsprojektet vil øge legitimiteten samt styrke den demokratiske proces, og kan medvirke til, at både sociale, miljømæssige og økonomiske perspektiver indgår i planlægningsprocessen. Mobiliseringen af lokale aktører kan desuden bidrage med stedspecifik viden og sikre, at planlægningen er baseret på lokale erfaringer, hvilket NbS princip 3 foreskriver. Forankring og ejerskab er derfor vigtige parametre at indarbejde i planlægningen.

Nexø Havn

Jf. afsnit 12.2 er blåmuslingeproduktion et maritimt erhverv, der kræver viden om havforhold i relation til erhvervsaktiviteter, og derfor vurderer vi, at lokale aktører med marine erhvervs erfaringer er essentielle at inkludere. Endvidere vil dyrkningssystemet kræve adgang til forskellige faciliteter i havnene. I Nexø Havn findes der både kompetencer og faciliteter, som kan understøtte perspektiverne i demonstrationsprojektet. Jf. afsnit 10 er der som følge af fiskeriets nedgang en gruppe tidligere beskæftigede i det maritime erhverv, som besidder værdifuld viden,

der har været til gavn i vurderingen af, hvor forsøgsopdrættene kan placeres, og udviklingen af dyrkningssystemer. Derudover er der flere aktive erhverv som Bornholms Lakseklækkeri, der huser forskellige forskningsprojekter og formidling relateret til fiskeri- og akvakultur. Også Nexø Vodbinderi, hvor vores informant Klaus Hjorth Hansen er direktør, har et stort kendskab til maritime erhverv, herunder både havbrug og fiskeri. De forskellige lokale aktører er desuden en del af et større netværk af interessante aktører, som vil være værdifuldt i udviklingen af demonstrationsprojektet, og kan medvirke til at forbedre planlægningen.

Klaus Hjorth Hansen har et ønske om at skabe arbejdspladser i Nexø Havn (bilag 2.4). På grund af fiskeriets nedgang, er der en stor gruppe arbejdsløse fiskere, og der er således en interesse i at genskabe et erhverv og sikre at arbejdspladserne forbliver i havnen (ibid.). Klaus Hjorth Hansen ser perspektiver i, at den lokale skidtfisk fabrik vil kunne aftage muslingerne og anvende dem i deres produktion af dyrefoder, og han mener, at det kunne blive en god forretning (ibid.). Endvidere har Klaus Hjorth Hansen investeret i et havbrug, hvor ansøgningen er ved at blive behandlet, og virksomheden Sustainable Seafood har søgt om tilladelse til at etablere et dambrug i havnen (ibid.). Der er således en interesse i at fremme erhvervsaktiviteter i Nexø Havn. Klaus Hjorth Hansen er også bestyrelsesmedlem for Nexø Havn og Nexø Havn Udvikling. Nexø Havn Udvikling er et selskab, der arbejder for at tiltrække virksomheder, udvikling og generel erhvervsfremme i havnen (ibid.).

ivandet

Inddragelse af lokalsamfundet vil kunne medvirke til at skabe større forståelse og opbakning til projektet. ivandet er en nyopstartet socialøkonomisk virksomhed, som beskæftiger sig med formidling om og forskning i Østersøens tilstand, og vil kunne fungere som en kanal til inddragelse af borgerne. ivandet har et ønske om at formidle viden om miljø, klima og natur i relation til Østersøen, og dermed skabe grundlag for øget bevidsthed om problematikker, nye lokale initiativer og praksisser inden for feltet (bilag 3). Begge stifterne er marinbiologer, som lægger stor vægt på den videnskabelige fundering af projekter. Inddragelsen af ivandet vil således, også kunne bidrage med kompetencer indenfor forskning, eksempelvis i monitorering af forsøgsopdrættets påvirkning på omgivelserne.

Formidling har været en vigtig del af projekt Sund Vejle Fjord, der har skulle medvirke til at mobilisere og engagere lokalsamfundet (bilag 2.2). Her fremhæver projektleder Mads Fjeldsø Christensen, at borgernes engagement vil kunne skabe pres på politikere til at allokere økonomiske midler til området (ibid.). En af de måder borgerne er blevet mobiliseret på, er ved, at der er borgere, som har lavet havhaver, hvor de dyrker deres egne muslinger (ibid.).

Inddragelse og dialog med lokalbefolkningen kan desuden medvirke til at undgå eller imødekomme konflikter om eksempelvis placeringen af opdrættet. Især borgere, som bor i eller har tilknytning til lokalområdet (f.eks. sommerhusejere) kan skabe konflikter pga. visuel forurening.

Virksomheden ivandet kan således medvirke som formidlere af resultater og agere bindeled mellem demonstrationsprojektet og de lokale borgere. Deres kontakt til borgere og besøgende kan udbrede viden om perspektiverne i blåmuslingeproduktion omkring Bornholm. Dermed kan der opnås større accept og forståelse, som kan lede til støtte fra borgerne, og mobilisere den interesse, som potentielt allerede er til stede med henblik på forbedring af miljøtilstanden i havet. Hobbyopdrættene med muslinger har, som tidligere nævnt, allerede været brugt som formidlingsværktøj i Tejn Havn til formidlingsaktiviteter både med skoleklasser og besøgende. På billede 28 ses et arrangement i maj 2021.



Billede 26: Vi deltog til ivandets formidlingsaktiviteter i Tejn Havn d. 13. maj 2021.

14.2.3 Tekniske rådgivere og videnskabelig fundering

Ifølge IUCN's principper skal NbS være videnskabelig funderet (Cohen-Shacham et al., 2016), hvor private virksomheder og vidensinstitutioner kan medvirke til at støtte udviklingen af NbS gennem ekspertvurderinger og rådgivning (Wamsler et al., 2020). NbS som paradigme kræver en bred forståelse af økosystemer, herunder effekten af den menneskelige påvirkning, samt en stor grad af teknisk indsigt, som gør, at det er et komplekst og omfattende koncept at bruge i planlægningen. Bruhn et al. (2020) vurderer, at manglende viden eller opdrætsekspertise kan medføre tab af udbytte i blåmuslingeproduktioner som følge af fejl i etablering, vedligehold og håndtering. Det vil således kræve de rette ressourcer at konstruere og implementere en lokal produktion af blåmuslinger, og derfor er det nødvendigt at inddrage aktører, som har kompetencer og besidder ekspertviden om de tekniske aspekter, som kan bistå med rådgivning i planlægningen af demonstrationsprojektet og sikre den videnskabelige fundering.

Per Dolmer & DTU aqua

Der er en videnskabelig barrierer i forhold til opdræt af muslinger på Bornholm, da det ikke før er afprøvet omkring øen, og derfor mener vi, at det er nødvendigt at inkludere forskere og eksperter. Vores informant Per Dolmer har mange års erfaring med produktion af muslinger, hvor han har rådgivet aktører med udvikling af bæredygtig akvakultur, blandt andet i forbindelse med at kombinere muslingeopdræt med havbrug (bilag 4.3). Per Dolmer kan med sin faglige baggrund og erfaringer rådgive omkring tekniske aspekter ift. dyrkningssystemer samt den reguleringsmæssige del omkring tilladelser. Vi har også haft kontakt til Pernille Nielsen fra DTU Aqua, som kan vejlede i, hvordan og hvor ofte miljøeffekter skal monitoreres (bilag 5). Generelt er DTU Aqua, som tidligere nævnt, den mest dominerende vidensinstitution i Danmark med henblik på feltet omkring produktion af blåmuslinger som miljøforbedrende virkemiddel og anden anvendelse, og derfor vil deres deltagelse kunne legitimere de videnskabelige konklusioner.

Den videnskabelige fundering og indsamling af data er vigtige elementer, især med henblik på den diskussion, der er omkring blåmuslingeproduktion som en miljøbelastende aktivitet, hvor veltillægt monitorering kan spille en vigtig rolle i forhold til borgeres holdning og potentialet i vedtagelse som marint virkemiddel.

14.2.4 Lokale foreninger og interesseorganisationer

Lokale NGO'er er vigtige potentielle støtter til NbS (Hawxwell et al., 2019), og de kan medvirke til at sikre at særinteresser inddrages i planlægningen. For at sikre at forskellige interesser integreres i demonstrationsprojektet, vil det derfor være relevant at inddrage lokale organisationer og foreninger.

Danmarks Naturfredningsforening Bornholm

Danmarks Naturfredningsforening (DN) Bornholm vil kunne styrke interessentinddragelsen i demonstrationsprojektet, og kan medvirke til at inddrage lokal viden. DN Bornholm har en særinterese i, at der bliver taget bedre hensyn til natur og miljø i den offentlige planlægning, og deres deltagelse kan dermed medvirke til at sikre, at der bliver taget højde for de nødvendige miljøhensyn. Desuden er DN høringspart i ansøgning om tilladelse til etablering af et opdrætsanlæg med blåmuslinger (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2017b). Det vil således være en fordel for planlægningsprocessen at inddrage DN Bornholm for at undgå, at de sætter sig imod i høringen til sagsbehandlingen af tilladelse.

DN's arbejde består ifølge vores informant Anna Sofie Poulsen, som er forperson i bestyrelsen, typisk i at bistå kommunen i at udpege, hvilke indsatser, der bør udføres i forhold til naturpleje og naturgenopretning og rådgive kommunen i, hvordan de bør anvende deres ressourcer inden for området (bilag 2.6). DN Bornholm har blandt andet deltaget i det lokale vandråd, og derigennem kommet med bidrag til vandområdeplanernes indsatsprogram. Dermed besidder DN lokalt kendskab til vandplanlægning og indsatserne med vandområdeplanerne på Bornholm. Deres involvering vil dermed, kunne medvirke til at understøtte muslingeopdræt som en indsats i forhold til at reducere næringsstofbelastningen.

Vores informant Christian Prip, som er næstforperson i bestyrelsen i DN Bornholm fortæller, at BRK ikke forholder sig til havet, og efterlyser vandplanlægning på området, da vandkvaliteten i Østersøen ikke er god (ibid.). Der er således en interesse i at styrke indsatsen for at forbedre miljøtilstanden i de kystnære områder.

DNs hovedorganisation udgav d. 23. februar 2021 en artikel, hvori de fremlægger deres bekymring over de mange tilladelser, der bliver givet til opdræt af muslinger i Limfjorden uden forudgående undersøgelser af de miljømæssige konsekvenser, som kan forekomme (Jørgensen, 2021). De efterspørger en helhedsorienteret planlægning af området ift. både kulturbanker og opdræt af muslinger i Limfjordsområdet (ibid.). Som nævnt i afsnit 14.1.1 er DN bekymret for risikoen for iltsvind på bunden som følge af sedimentation under opdrættet, hvor de mener at eksempelvis gode strømforhold skal være et vilkår for at tilladelser til etablering af opdræt gives (ibid.).

Fordelen for DN ved at indgå som aktør i demonstrationsprojektet er, at de får direkte indflydelse og mulighed for på længere sigt at præge udviklingen af demonstrationsprojektet og den potentielle fremtidige lokale blåmuslingeproduktion. Vores informant Anna Sofie Poulsen fortæller, at der er flere måder hvorpå DN kan indgå i eksempelvis et naturgenopretningsprojekt.

DN kan afgive en støtteerklæring, både den lokale afdeling og hovedorganisation kan stå som ansøger på et projekt, eller de kan afholde økonomiske udgifter før fondsmidler gives (bilag 2.6).

Udover DN Bornholm ser vi også perspektiver i at aktivere andre lokale foreninger såsom foreningen Gourmet Bornholm, der er en sammenslutning mellem bornholmske fødevarereproducenter. Andre lokale borgerforeninger som den lokale fritidsfiskerforening kan ligeledes mobiliseres, som det blev gjort i projekt Sund Vejle Fjord.

14.3 Hvordan skal aktørerne inddrages?

Vi har i ovenstående identificeret relevante og berørte aktører, som besidder kompetencer, vi mener, vil forbedre planlægningsprocessen af demonstrationsprojektet. I den forbindelse har vi beskrevet, hvilke interesser de forskellige aktører har i at fremme en lokal produktion af blåmuslinger. Med udgangspunkt i NbS princip 7 vil vi i følgende afsnit identificere potentielle interessekonflikter mellem aktørerne. På baggrund af det, vil vi diskutere, hvordan de forskellige interesser bliver integreret således, at der sikres en helhedsorienteret planlægning af demonstrationsprojektet.

Vores informant Søren Møller Christensen fortæller, at der ofte er mange særinteresser, der skal tages hensyn til i implementeringen af nye projekter. Ved at kortlægge de forskellige prioriteter og facilitere høringer bliver særinteresser inddraget i kommunal planlægning. Søren Møller Christensen pointerer, at det også er en metode at tilegne sig specialviden på områder kommunen ikke selv har kompetencer indenfor (bilag 2.8).

Involveringen af forskellige aktørgrupper i demonstrationsprojektet er en måde at inddrage særinteresser og kompetencer i planlægningsprocessen, som vil sikre, at flere perspektiver integreres. Ved at forsøge at samordne alle aktørernes interesser kan der imidlertid opstå interessekonflikter mellem de kommercielle interesser og formålet, om at skabe miljøforbedrende effekter. For at en produktion af blåmuslinger, som anvendes til foderprodukt eller human konsum, er rentabel, skal der jf. afsnit 13 høstes store mængder muslinger, og en produktion i stor skala kan potentielt medføre negative miljømæssige effekter, som følge af store koncentrationer af muslingefækalier lokalt rundt om og under opdrættet. En interesseorganisation som DN Bornholm arbejder for, at der tages bedre hensyn til natur og miljø i den offentlige planlægning, og deres interesse er derfor alene at styrke indsatsen for at forbedre havmiljøet. DN udtrykker bekymring for de potentielle miljømæssige konsekvenser, som en kommerciel produktion af blåmuslinger kan medføre.

For at imødekomme potentielle modstridende interesser vil det være vigtigt at tage højde for de afledte effekter af opdræt af blåmuslinger. Formålet med at gennemføre et demonstrationsprojekt forud for etableringen af et opdræt i stor skala er netop at undersøge de afledte effekter af en produktion af blåmuslinger på Bornholm. Demonstrationsprojektet vil kunne give et bedre grundlag for at undgå utilsigtede negative miljøeffekter. I den forbindelse er det afgørende, at monitoreringen er videnskabelig funderet, og det er derfor nødvendigt at inddrage eksternt ekspertviden.

Foruden monitoreringen af miljøeffekterne er formålet med demonstrationsprojektet at undersøge driftsomkostningerne og muslingernes vækstrate med henblik på at vurdere mulighederne for aftagning, og dermed om opdrættet kan fungere som en forretning. Aktører i Nexø Havn og eksterne rådgivere skal medvirke til at sikre, at disse interesser integreres i planlægningen, således der opbygges et sammenhængende system af viden omkring både de økologiske og socioøkonomiske aspekter. Samtidigt vil det være vigtigt, at aktørerne er villige til at indgå kompromis, og finde en løsning, som tillader en forretning baseret på en miljøforbedrende muslingeproduktion, så et opdræt kan fortsætte efter demonstrationsprojektets afslutning.

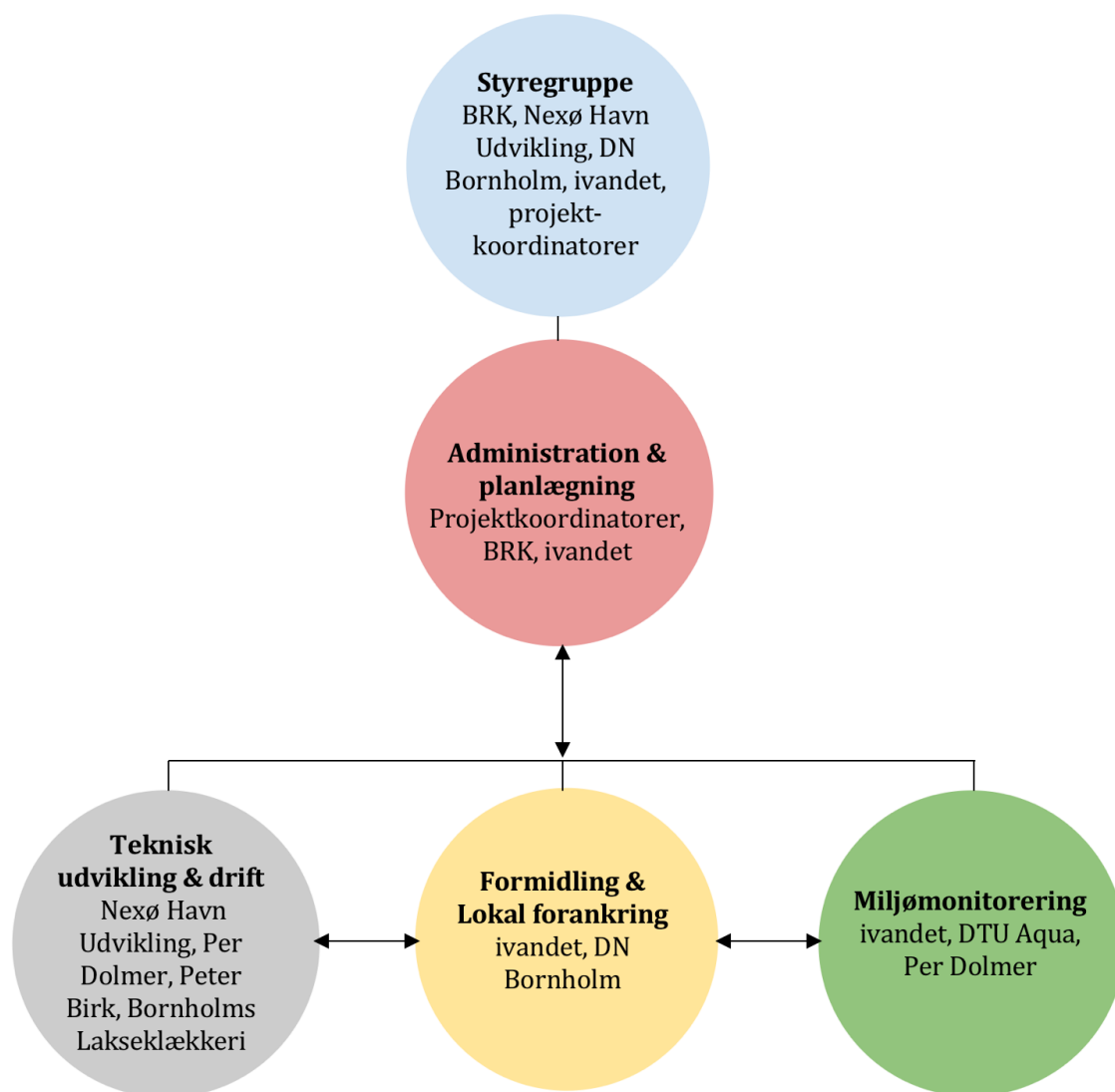
14.3.1 Foreslåede organisering og arbejdsgrupper i demonstrationsprojektet

En måde at prioritere de forskellige aktørers særinteresser er at nedsætte en styregruppe for demonstrationsprojektet, som er ansvarlige for at formulere de overordnede mål. Her kan de udvalgte aktørers interesser samordnes og komme til udtryk i en strategi, der skal være styrende for demonstrationsprojektet. Vi har identificeret et fælles udgangspunkt for de berørte aktører, som er at forbedre forholdene i det kystnære område, herunder både de økologiske forhold og de socioøkonomiske forhold, som turisme, rekreative interesser, lokal udvikling og erhvervsfremme. Disse interesser skal de enkelte medlemmer af styregruppen være ansvarlige for at inddrage i planlægningen ved strategisk og målrettet samarbejde. Dette skal ske i arbejdsgrupper, som skal arbejde selvstændigt med udvalgte opgaver. Styregruppen er ansvarlig for at formulere en strategi for de overordnede mål, der skal sikre, at de selvstændige arbejdsgrupper arbejder ud fra en fælles forståelse af formålet med projektet.

På figur 22 har vi illustreret organiseringen af demonstrationsprojektet og de enkelte arbejdsgrupper med de aktører, som vi finder centrale at inddrage ud fra deres kompetencer og interesser.

Figuren er inddelt i tre led, hvor det øverste led er *styregruppen*, som er ansvarlige for udformningen af en fælles strategi og i samarbejde skal sikre den helhedsorienterede gennemførelse af demonstrationsprojektet. I andet led er *administration & planlægning*, som skal sikre, at de overordnede formål og styregruppens strategi bliver implementeret i alle arbejdsgrupper.

I det nederste led findes aktører, som ikke direkte er ansvarlige for projektets gennemførelse, men som i samarbejde med aktørerne i styregruppen skal deltage i etableringen og driften, og besidder relevante kompetencer inden for udvalgte elementer i planlægningen. Vi vil i følgende uddybe arbejdsgruppernes ansvarsområder.



Figur 22: Organiseringen af demonstrationsprojektet og de enkelte arbejdsgrupper med aktører.

Styregruppen

Styregruppen består af en repræsentant fra Bornholm Regionskommune (BRK), formentlig centerchef for Natur, Fritid og Miljø, Louise Lyng Bojesen. Under et møde d. 11. januar 2021 præsenterede vi demonstrationsprojektet for BRK (bilag 4.5), hvor Louise Lyng Bojesen udviste interesse i at indgå i en styregruppe i forbindelse med demonstrationsprojektet (ibid.).

Foruden projektkoordinatorerne, er de øvrige aktører i styregruppen ivandet, en repræsentant fra Nexø Havn Udvikling og DN Bornholm. Styregruppen skal udforme det overordnede formål med demonstrationsprojektet.

Tiltrækning af turister, at fremme lokal udvikling og cirkulær vækst er nogen af BRK's prioriteter for erhvervsudvikling jf. afsnit 14.2.1, som er prioriteter, der skal integreres i demonstrationsprojektet. Nexø Havn udvikling skal sikre erhvervsfremme perspektivet, og de langsigtede mål omkring at skabe et produkt af muslingerne, og DN Bornholm kan sikre fokus på de miljøforbedrende perspektiver. Virksomheden ivandet vil kunne medvirke til formidlingen af projektet til lokalsamfundet samt bidrage til en videnskabelig og miljøforbedrende tilgang. Vi forventer, at det vil være nødvendigt med regelmæssige møder i styregruppen med en frekvens på 2-3 måneder for at koordinere arbejdet internt.

Administration og planlægningsgruppen

Denne arbejdsgruppe skal være det koordinerende organ, som er ansvarlige for at skaffe de relevante tilladelser til etablering mv. Arbejdsgruppen skal endvidere være ansvarlige for at koordinere de andre gruppers arbejde. Vi forventer, at demonstrationsprojektet skal finansieres gennem fondsmidler, og dermed vil udarbejdelsen af ansøgninger være en del af arbejdsgruppens ansvarsområde. En central opgave for denne gruppe vil derfor også være at føre regnskab og dokumentation for udførte aktiviteter. ivandet er afsenderen på den ansøgning, der er indsendt til BRKs Grønne Tilskudspulje. Ansøgningen skal finansiere forundersøgelser, der skal lede videre til etablering af de fire forsøgsopdræt. ivandet er projektledere og administratorer for denne forundersøgelse.

Miljømonitoreringsgruppen

Det er vigtigt at sikre en bæredygtig udvikling og forvaltning af økosystemet i havmiljøet omkring Bornholm, og dermed skal der være en særskilt arbejdsgruppe, som har ansvar for at planlægge og udføre monitoreringen af forsøgsopdrættens miljøpåvirkning. Denne gruppe skal endvidere i samarbejde med arbejdsgruppen *teknisk udvikling & drift* tilpasse systemet, hvis effekterne findes uhensigtsmæssige i forhold til påvirkningen på lokalmiljøet og lokalsamfundet. DTU Aqua, ivandet og Per Dolmer skal være ansvarlige for miljømonitoreringen.

Teknisk udviklings- & driftsgruppen

Der skal indgå aktører, der besidder konkrete kompetencer, som skal være ansvarlige for udviklingen, driften og etableringen af forsøgsopdrættene. Disse aktører er Nexø Vodbinderi, Bornholms Lakseklækkeri og Peter Birk. Desuden skal Per Dolmer og DTU Aqua medvirke til at udarbejde de tekniske forundersøgelser og have ansvaret for den videnskabelige fundering af den tekniske udførelse af projektet.

Formidling og lokal forankring

Denne arbejdsgruppe skal inddrage lokalsamfundet på Bornholm, som skal inviteres til udvalgte faser og aktiviteter i demonstrationsprojektet. Lokalsamfundet omfatter blandt andet skoler, borgerforeninger, turister og andre borgergrupper.

Inddragelse af lokalsamfundet er både med til at gøre processen demokratisk og sikre en bred opbakning til projektet, hvilket kan gøre implementeringen nemmere. DN Bornholm og ivandet vil være ansvarlige for at sikre de rette kompetencer og infrastruktur til disse aktiviteter.

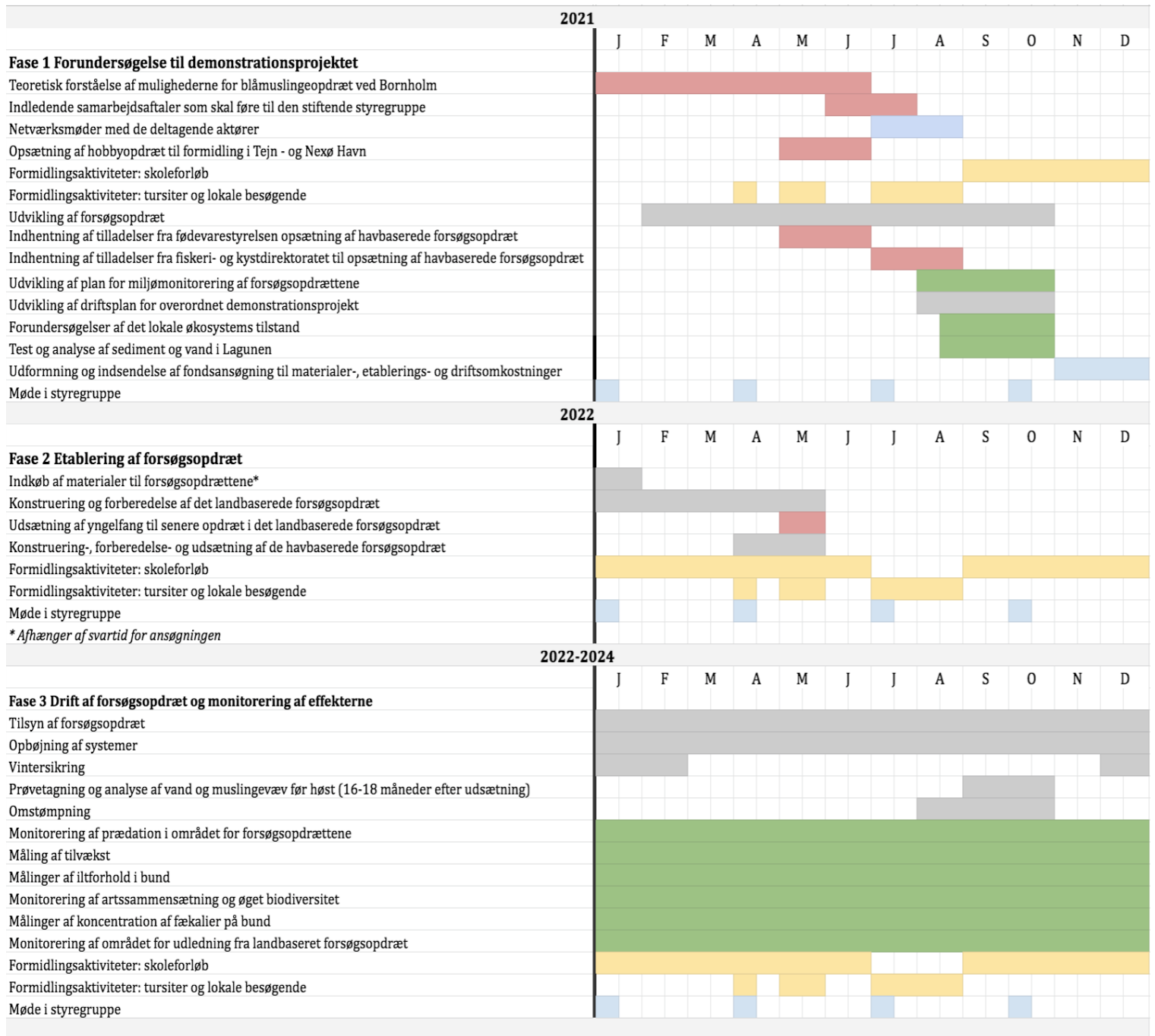
14.3.2 Planen

I figur 23 har vi præsenteret en plan for demonstrationsprojektet, hvor vi beskriver, hvornår og hvordan de enkelte aktørgrupper skal bidrage, eller inddrages i projektet. Planen findes også i bilag 9. Den foreløbige plan er inddelt i følgende tre faser: 1. forundersøgelse til demonstrationsprojektet, 2. etablering af forsøgsopdræt, og 3. drift af forsøgsopdræt og monitorering af miljøeffekter. Nogle af faserne skal føre videre til den efterfølgende fase, og andre skal gentages løbende. Vi har i planen inkluderet aktiviteterne, som er omtalt i forbindelse med afsnit 12, herunder de kriterier for placeringen, der skal monitoreres løbende. Derudover har vi også inkluderet aktiviteter i forbindelse med drift som blev fremlagt i afsnit 12.

Aktiviteterne i planen som er illustreret nedenfor, er farvelagt efter hvilken arbejdsgruppe, der er skal udføre dem.

I den første fase fremgår flest aktiviteter, hvilket skyldes, at det er den fase, der på nuværende tidspunkt er mest klarhed over. Vi forventer, at der med demonstrationsprojektets fremgang vil komme flere aktiviteter for de følgende faser. Der vil også komme flere faser efter den tredje fase, hvor vi vurderer, at en efterfølgende fase skal være produktudvikling. Når første høst er udført, vil det være muligt at foretage forsøg og markedsanalyser ift. afsætning. I den forbindelse skal der nedsættes en arbejdsgruppe, der er ansvarlige for produktudvikling, som kan varetage denne opgave. Her kunne eksempelvis Bornholms Landbrug & Fødevarer og foreningen Gourmet Bornholm inddrages, da de har kompetencer og interesser indenfor netop udvikling af lokale fødevarer, jf. afsnit 14.2.1.

Styregruppe
Teknisk udvikling
Formidling & lokal forankring
Miljømonitorering
Administration og planlægning



Figur 23: Gantt-skema over aktiviteter i demonstrationsprojektet.

15. Konklusion

I følgende afsnit vil vi besvare vores problemformulering:

Hvordan planlægges et bornholmsk demonstrationsprojekt med opdræt af blåmuslinger, hvor formålet er at vurdere muligheden for at etablere et opdræt, som har miljøforbedrende effekter og kommercielle perspektiver?

Østersøen er stærkt påvirket af eutrofiering, og målene for miljøtilstanden for kystvande ud fra Bornholm er ikke opnået. Opdræt af blåmuslinger er foreslået som et tiltag for at afhjælpe eutrofiering, da blåmuslinger optager næringsstoffer ved at filtrere vandet for fytoplankton og mikroalger. Ved at høste blåmuslingerne fjernes næringsstofferne permanent fra vandsøjlen. Forholdene i havet omkring Bornholm kan imidlertid være udfordrende i forhold til at afsætte blåmuslinger, da saliniteten er lav, hvilket påvirker muslingernes vækstrate og dermed størrelse. Derudover udgør de eksponerede forhold i det åbne havområde ved Bornholm en udfordring ift. at opdrætte blåmuslinger, da det kan føre til tab af biomasse. Der er derfor behov for udvikling og afprøvning af opdrætsteknologi tilpasset de bornholmske forhold, hvilket har været fokus for nærværende speciale.

Vi har præsenteret fire forsøgsopdræt, udviklet i samarbejde med lokale aktører, som er designet til at overkomme udfordringerne ved at dyrke blåmuslinger nær Bornholm. Aktiviteter i relation til planlægning, etablering, og drift samt monitorering af forsøgsopdrættene skal fungere som et demonstrationsprojekt, hvor formålet er at undersøge mulighederne for at etablere et kommercielt opdræt af blåmuslinger på Bornholm.

Ved anvendelse af Natur based Solutions (NbS) som teoretisk og metodisk tilgang, har vi haft fokus på at fremme både de miljømæssige, sociale og økonomiske fordele ved demonstrationsprojektet. På den måde kan blåmuslingeproduktion bidrage til en bæredygtig anvendelse af havets ressourcer, som kan medvirke til at fremme økonomisk vækst i det maritime erhverv på Bornholm. Dette har vi gjort ved at integrere grundprincipperne for NbS i planlægningen af forsøgsopdrættene. For at skabe forudsætninger for at undgå negative effekter ved at producere blåmuslinger på Bornholm, har vi særligt fokus på vedligeholdelsen af den naturlige og kulturelle diversitet af det lokale økosystem. I den sammenhæng har det været vigtigt at inddrage viden og kompetencer fra lokalsamfundet i planlægningen.

Vi har valgt Nexø Havn som placering for forsøgsopdrættene, på baggrund af en række relevante kriterier, som har betydning for blandt andet blåmuslingernes levevilkår, lokal accept og den

miljømæssige påvirkning. En fordel ved placeringen i et eksponeret havområde er, at det hyppige vandskifte kan medvirke, at muslingernes fækalier bliver fordelt, og dermed mindske risikoen for øget sedimentation og forringede iltforhold under opdrættene. Vi har undersøgt tre forsøgsopdræt placeret i havet (net/cirkel for svaj og undersænket langlinesystem), som alle skal undersænkes for at minimere påvirkningen af bølger. Net/cirkel for svaj anvender et stort substratoverfladeareal, som potentielt kan øge høstudbyttet, hvilket kan betyde en større netto reduktionen af næringsstoffer i vandsøjlen. Net/cirkel for svaj har det højeste høstudbytte ift. prisen for anlægget. Den økonomiske rentabilitet i forsøgsopdrættene er dog afhængig af, at størstedelen af høstudbyttet sælges til human konsum, og produktion af muslinger på net afsættes traditionelt ikke til human konsum.

Vi har desuden udviklet et muligt design af et forsøgsopdræt placeret på land, som dermed kan overkomme udfordringerne i forhold til placering. Dette system kan opsamle og frasortere muslingernes fækalier, hvilket potentielt kan øge næringsstofreduktion. Det landbaserede anlæg vil dog være dyrere i etablerings- og potentielt også driftsomkostninger.

Der er fortsat mange usikkerheder forbundet med det estimerede høstudbytte og omkostningseffektivitet ved de forskellige opdrætssystemer, og det vil derfor være nødvendigt at afprøve alle fire forsøgsopdræt, for at kunne foretage en mere præcis vurdering og finde den mest optimale tilpasning af systemerne.

Vi har identificeret kommercielle interesser og miljøforbedrende interesser som to overordnede formål med muslingeopdræt i en bornholmsk kontekst. For at sikre en helhedsorienteret planlægning er det afgørende, at de forskellige interesser bliver vægtet lige højt, og derfor er det nødvendigt at inddrage aktører, der rummer begge perspektiver. Vi har identificeret Bornholms Regionskommune, Nexø Havn, ivandet, tekniske rådgivere (Per Dolmer og DTU Aqua) og Danmarks Naturfredningsforening Bornholm som relevante aktører, da de besidder forskellige interesser og kompetencer, der er relevante at inddrage i demonstrationsprojektet. Disse aktører skal sikre, at der opbygges et sammenhængende system af viden omkring både de miljømæssige og socioøkonomiske aspekter af etableringen af et muslingeopdræt på Bornholm. Ved at nedsætte en styregruppe vil vi samordne de udvalgte aktørers interesser, som skal komme til udtryk i formuleringen af en overordnet strategi for demonstrationsprojektet.

På baggrund af konklusionerne har vi præsenteret en plan for, hvordan aktørerne konkret skal inddrages og mobiliseres, som vi mener, vil sikre en helhedsorienteret implementering af en blåmuslingeproduktion omkring Bornholm.

16. Litteraturliste

Andersen K., Haugan K., Kobbelgaard S., Larsen MH., Nørgaard JV. & Podlech MK. (2016). *Vækst i blå biomasser - Kortlægning af potentialer og udfordringer i værdiskabelse af tang og skaldyr*. Innovationsnetværket for Biomasse.

Baltic Blue Growth (2019). *Initiating large scale mussel farming in the Baltic Sea*. Region Östergötland.

Boat Gear Direct (u.å). Danforth Anchor. Lokaliseret d. 15.05.21 på <https://boatgeardirect.co.uk/create-boat-gear-account/product/648-danforth-anchor>

Bollini, C., Millar, E., Vegh, T., & Virdin, J. (2019). *Setting the foundations for zero net loss of the mangroves that underpin human wellbeing in the North Brazil Shelf LME: Local community benefits from ecosystem services provided by mangroves on the North Brazil Shelf*. Conservation International & Research Team at the Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions, Duke University.

Bornholms Regionskommune (2018a). *Beskæftigelsesplan 2018*. Jobcenter Bornholm.

Bornholms Regionskommune (2018b). *Bright Green Island Visionen - Bornholmermålene frem mod 2035*. Bornholms Regionskommune.

Bornholms Regionskommune (u.å). *Grøn tilskudspulje*. Lokaliseret d. 12.05.21 på <https://www.brk.dk/Erhverv/Sider/gr%C3%B8n-tilskudspulje.aspx>

Bruhn A., Flindt MR., Hasler B., Krause-Jensen D., Larsen MM., Maar M., Petersen JK., & Timmermann K. (2020). *Marine virkemidler – beskrivelse af virkemidlernes effekter og status for vidensgrundlag*. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, nr. 368.

Buck BH. & Langan R. (2017). *Aquaculture Perspective of Multi-Use Sites in the Open Ocean - The Untapped Potential for Marine Resources in the Anthropocene*. Springer, kapitel 3.

Buer AL., Taylor D., Bergström P., Ritzenhofen L. & Klemmstein A. (2020a). *Nitrogen and Phosphorous contents in blue mussels (Mytilus spp.) across the Baltic Sea*. *Frontiers in Marine Science*, Volume 7, artikel 705.

Buer Al., Maar M., Nepf M., Ritzenhofen L., Dahlke S., Friedland R., Krost P., Peine F. & Schernewski G. (2020b). *Potential and Feasibility of Mytilus spp. Farming Along a Salinity Gradient*. *Frontiers in Marine Science*, Volume 7, artikel 371.

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. & Maginnis, S. (2016). *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. IUCN, Gland, Switzerland.

Cohen-Shacham E, Andrade A, Dalton J, Dudley N, Jones M, Kumar C, Maginnis S, Maynard S, Nelson C R, Renaud F G, Welling R & Walters G. (2019). *Core principles for successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions*. *Environmental Science & Policy*, Volume 98, s. 20-29.

Dansk Skaldyrcenter (u.å.). *Etablering af muslinge anlæg*. Den Europæiske Fiskerifond & Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.

Danmarks Erhvervsfremmebestyrelse (2020). *Erhvervsfremme i Danmark 2020-2030*. Sekretariat ved Erhvervsstyrelsen, Silkeborg, s. 114-118.

Den Europæiske Revisionsret (2016). *Bekæmpelse af eutrofiering i Østersøen: Der er behov for yderligere og mere effektive foranstaltninger*. Den Europæiske Revisionsret, Luxembourg, Særberetning nr. 3.

DTU Aqua (2008). *Erfaringsopsamling for muslingeopdræt i Danmark*. Afdeling For Havøkologi og Akvakultur: Aqua-rapport nr. 185-08.

Eriksen J., Jensen PN. & Jacobsen BH. (2014). *Virkemidler til realisering af 2. generations vandplaner og målrettet arealregulering*. DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. DCA rapport nr. 52.

Europa Kommissionen (2009). *Common implementation strategy for the water framework directive (2000/60/EC). Guidance Document No. 23 - Guidance document on eutrophication assessment in the context of European water policies*. Technical Report

Europa Kommissionen (2015). *Natura-Based Solutions & Re-Naturing Cities. Final Report of the Horizon 2020 Expert Group on 'Nature-based Solutions and Re-naturing Cities* European Commission.

Europa Kommission (2018). *Nature-Based Solutions: Policy Topic: Nature-Based Solutions*. Lokaliseret d. 01.03.21 på <https://ec.europa.eu/research/environment/index.cfm?pg=nbs>

Europa-Parlamentet (2000). *Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2000/60/EF af 23. oktober 2000 om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets vandpolitiske foranstaltninger*. Lokaliseret d. 15.03.21 på <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/ALL/?uri=CELEX%3A32000L0060>

Filippelli R, Termansen M, Hasler B, Timmermann K & Petersen JK (2020). *Cost-effectiveness of mussel farming as a water quality improvement measure: Agricultural, environmental and market drivers*. Water Resources and Economics, Volume 32.

Folketinget (2020). *Forslag til Lov om ændring af lov om miljøbeskyttelse (Ophævelse af bestemmelser om kompenserende marine virkemidler ved etablering eller udvidelse af havbrug)*. 2020/1 LSV 55 (Gældende). Lokaliseret d. 03.05.21 på <https://www.retsinformation.dk/eli/ft/202013L00055>

Frishop (2021). *Polyreb i blå 3-slået minirulle Ø20 mm x 20 m*. Lokaliseret d. 06.05.21 på <https://www.frishop.dk/pi/Polyreb-i-bl%C3%A5-3-sl%C3%A5et-minirulle-%C3%9820-mm-x-20-m-2539983-22017.aspx>

Fødevarestyrelsen (2018). *Muslingeovervågning*. Ministeriet for Landbrug, Fødevarer og Fiskeri. Lokaliseret d. 25.05.21 på

<https://www.foedevarestyrelsen.dk/Kontrol/Muslingeovervaagning/Sider/Muslingeoverv%C3%A5gning.aspx>

Gren, I.-M., Säll, S., Aklilu, A.Z. & Tirkaso, W. (2018). *Does Mussel Farming Promote Cost Savings and Equity in Reaching Nutrient Targets for the Baltic Sea?*. Water, Volume 10.

Havhøst (u.å.). *Dyrkning af blåmuslinger*. Lokaliseret d. 23.05.21 på <https://www.xn--havhst-eya.dk/5-afgroederne/>

Hawxwell T, Mok S, Mačiulytė E, Sautter J & Dobrokhotova E (2019). *Municipal governance for Nature-based Solutions. Executive Summary of the Unalab Municipal Governance Guidelines*. Fraunhofer Institute For Industrial Engineering IAO.

Heckwolf M., Peterson A., Jänes H., Horne P., Künne J., Liversage K., Sajeva M., Reusch T.B.H. & Kotta J. (2021). *From ecosystems to socio-economic benefits: A systematic review of coastal ecosystem services in the Baltic Sea*. Science of The Total Environment, Volume 755, del 2.

Hedberg N., Kautsky N., Kumblad L. & Wikström S.A. (2018). *Limitations of using blue mussel farms as a nutrient reduction measure in the Baltic Sea*. Baltic Sea Centre, Stockholm University.

Hedetoft, A. (2017). *Fiskeriets udfordringer og muligheder på Bornholm*. Center for Regional- og Turismeforskning.

HELCOM (2018a). *State of the Baltic Sea – Second HELCOM holistic assessment 2011- 2016*. Baltic Marine Environment Protection Commission.

HELCOM (2018b). *Ministerial Declaration*. Baltic Marine Environment Protection Commission, Brussels Ministerial Meeting 2018.

Holbach A., Maar M., Timmermann K. & Taylor D. (2020). *A spatial model for nutrient mitigation potential of blue mussel farms in the western Baltic Sea*. Science of The Total Environment, Volume 736.

Høst, J., Boisen, T., Koefoed, L. & Jensen, H. J. (2016). *Bornholms maritime økonomi – 2020, Bilag E+ (udkast 24. april 2016)*. LAG-Bornholm, april-maj 2016.

IUCN (u.å.). *About International Union for Conservation of Nature*. IUCN. Lokaliseret d. 22.01.21 på <https://www.iucn.org/about>

Jørgensen, HM., (2021). *Kæmpe interesse for muslingeopdræt i Limfjorden: Hovedløse tilladelser er en risiko for havmiljøet*. Danmarks Naturfredningsforening. Lokaliseret d. 06.04.21 på https://www.dn.dk/nyheder/kaempe-interesse-for-muslingeopdraet-i-limfjorden-kan-skabe-almvorlig-forurening-i-havmiljoet/?mc_cid=c1d80d4e45&mc_eid=3fe349b6a5

Kerteminde Muslinger (u.å.). *Produktion - Økologiske linemuslinger*. Lokaliseret d. 24.05.21 på <https://www.kerteminde-muslinger.dk/produktion?lang=da>

Kieler Meeresfarm (u.å.). *Über uns*. Lokaliseret d. 24.05.21 på <https://www.kieler-meeresfarm.de/%C3%BCber-uns/>

Kotta J., Futter M., Kaasik A., Liversage K., Rätsep M., Barboza FR., Bergström L., Bergström P., Bobsien I., Díaz E., Herkül K., Jonsson PR., Korpinen S., Kraufvelin P., Krost P., Lindahl O., Lindegarth M., Lyngsgaard M.M., Mühl M., Sandman A.N., Orav-Kotta H., Orlova M., Skov H., Rissanen J., Šiaulys A., Vidakovic A. & Virtanen E. (2019). *Cleaning up seas using blue growth initiatives: Mussel farming for eutrophication control in the Baltic Sea*. Science of the Total Environment, Volume 709.

Larsen PS. & Riisgård HU., (2016). *Growth-Prediction Model for Blue Mussels (Mytilus edulis) on Future Optimally Thinned Farm-Ropes in Great Belt (Denmark)*. Journal of Marine Science and Engineering, Volume 4 (42).

Limfjordsrådet. (2017). *Håndbog til fjordhaver i Limfjorden 2015-2017*. Limfjordsrådets Sekretariat, Nørresundby.

Madsen S. (2008). *Hav- og fiskeribiologi*. Fiskericirklen, 1. udgave.

Mak M., May C., Beers L. & Crooks S. (2019). *Setting the foundations for zero net loss of the mangroves that underpin human wellbeing in the North Brazil Shelf LME: Nature Based Solutions*. Conservation International & Silvestrum Climate Associates.

Marinelageret (2021) *Markeringsbøje*. Lokaliseret d. 06.05.21 på <https://marinelageret.dk/fender-fenderlister-og-markeringsboejer-58/markeringsboeje-fortoejningsboejer-59/markeringsboeje-301.html>

Martínez-García C., González-Fonteboa B., Carro-López D. & Luis Pérez-Ordóñez J. (2020). *Mussel shells: A canning industry by-product converted into a bio-based insulation material*. Journal of Cleaner Production, Volume 269.

Miljøministeriet (2020). *L 55 endeligt svar på spørgsmål 39*. Folketingets Miljø - og Fødevarerudvalg.

Miljøministeriet (u.å.). *EU's vandrammedirektiv*. Miljøministeriet, miljøstyrelsen. Lokaliseret d. 21.01.21 på <https://mst.dk/natur-vand/natur/international-naturbeskyttelse/eu-direktiver/eus-vandrammedirektiv/>

Miljø- og Fødevarerministeriet (2016). *Vandområdeplan 2015-2021 for Vandområdedistrikt Bornholm*. Miljø- og Fødevarerministeriet.

Miljø- og Fødevarerministeriet (2017a). *Bekendtgørelse af lov om vandplanlægning*. Journalnummer: Miljø- og Fødevarerministeriet, Styrelsen for Vand- og Naturforvaltning, j.nr. 029-00510. Lokaliseret d. 18.04.21 på <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2017/126>

Miljø- og Fødevarerministeriet (2017b). *Bekendtgørelse om opdræt af muslinger og østers i vandsøjlen*. BEK nr 1387 af 03/12/2017 (Gældende). Lokaliseret d. 06.04.21 på <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2017/1387>

- Miljø- og Fødevarerministeriet (2019a). *Danmarks Havstrategi II – første del*. Miljø- og Fødevarerministeriet
- Miljø- og Fødevarerministeriet (2019b). *Bekendtgørelse om muslinger*. BEK nr 1300 af 02/12/2019. Lokaliseret d. 20.05.21 på <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2019/1300>
- Miljøstyrelsen (2001). *Redegørelse for vandrammedirektivet*. Miljø- og Energiministeriet.
- Miljøstyrelsen (2019). *Basisanalyse for vandområdeplaner 2021-2027*. Miljø- og Fødevarerministeriet, version marts 2020.
- Millennium Ecosystem Assessment (2015). *Ecosystems and Human Well Being*. Synthesis, Island Press, Washington, DC.
- Minnhagen S., Lyngsgaard MM., Wallach T., Staufenberg T., Emilsson M., Bailey J., Bertilius K., Purina I. & Dolmer P. (2019). *Results from Baltic Blue Growth project's mussel farms and way forward for mussel farming in the Baltic Sea*. Blue Baltic Growth.
- Minnhagen S. (2017). *Farming of blue mussels in the Baltic Sea - A review of pilot studies 2007-2016*. Blue Baltic Growth
- Mogensen L., Knudsen M.T. & Hermansen J.E. (2016). *Tabel over fødevarers klimaaftryk*. DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.
- MuMiPro (2020). *Methodology and work packages*. Lokaliseret d. 22.04.21 på <https://www.mumipro.dk/about/work-packages>
- Nesshöver C., Assmuth T., Irvine KN., Rusch GM., Waylen KA., Delbaere B., Haase D., Jones-Walters L., Keune H., Kovacs E., Krauze K., Külvik M., Rey F., van Dijk J., Vistad OI., Wilkinson ME. & Wittmer H. (2017). *The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective*. Science of The Total Environment, Volume 579.
- Nielsen P., Saurel C. & Dalsgaard AJT. (2014). *Samtidigt opdræt af blåmuslinger og tang i forbindelse med havbrug*. DTU Aqua-rapport nr. 297-2015. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet.
- Nielsen A., Zhang J., Javakhishvili-Larsen N. (2019). *Regional economic effect of coastal and maritime tourism in Denmark - Documentation of the Danish Coastal Tourism Model (DCTM)*. Centre for Regional and Tourism Research (CRT)
- Petersen JK., Hasler B., Timmermann K., Nielsen P., Tørring DB., Larsen MM. & Holmer M. (2014). *Mussels as a tool for mitigation of nutrients in the marine environment*, Marine Pollution Bulletin, Volume 82 (1-2), s. 137-143.
- Petersen JK., Bjerre AB., Hasler B., Thomsen M., Nielsen MM. & Nielsen P. (2016). *Blå biomasse – potentialer og udfordringer for opdræt af muslinger og tang*. DTU Aqua-rapport nr. 312-2016. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet.

Petersen JK., Holmer, M., Termansen, M., & Hasler, B. (2018). *Nutrient extraction through bivalves*. I: A. C. Smaal, J. G. Ferreira, J. Grant, J. K. Petersen, & Ø. Strand (Eds.), *Goods and Services of Marine Bivalves*, s. 179-208, Springer.

Petersen JK. (Ed.), Taylor D. (Ed.), Bergström P., Buer A-L., Darecki M., Filippelli R., Gren I-M., Hasler B., Holbach AM., Nielsen P., Petersen LK., Lindegarth M., Lund I., Maar M., Ritzenhofen L., Sagan S., Saurel C., Schernewski G., Stybel N., & Timmermann K. (2020). *Policy guidelines for implementation of mussel cultivation as a mitigation measure for coastal eutrophication in the Western Baltic Sea*. DTU Aqua. DTU Aqua-rapport, nr. 362.

Petersen JK., Timmermann K., Bruhn A., Rasmussen MB., Boderskov T., Schou HJ., Erichsen AC., Thomsen M., Holbach A., Tjørnløv RS., Lange T., Canal-Vergés P., & Flindt MR. (2021). *Marine virkemidler: Potentialer og barrierer*. DTU Aqua. DTU Aqua-rapport nr. 385.

Plesner LJ., Andersen P., Carl J., Tørring D., Holdt SL., Marinho GS., Lagoni K., Boderskov T., Schmedes P. & Birkeland M. (2015). *KOMBI-Opdræt: Kombinationsopdræt af havbrugsfisk, tang og muslinger til foder og konsum*. Akvakultur Forum: Faglig rapport fra Dansk Akvakultur nr. 2015-12

Rybicka J., Tiwari A. & Leeke GA. (2015). *Technology readiness level assessment of composites recycling technologies*. *Journal of Cleaner Production*, Volume 112, s. 1001-1012.

doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.104>

Scanreg (2021). *Pumper til hele vandforsyningsområdet*. Lokaliseret d. 18.05.21 på <http://scanreg.dk/pumper/>

Schultz-Zehden A., Steele A. & Weig B. (2019). *How to turn EcoSystem Payments to Baltic Mussel Farms into reality?* SUBMARINER network.

Spångberg J., Jönsson H., Tidåker P. (2013). *Bringing nutrients from sea to land e mussels as fertiliser from a life cycle perspective*. *Journal of Cleaner Production*, Volume 51, s. 234-244.

SUBMARINER Network (2019). *Baltic Blues Growth: Initiating large scale mussel farming in the Baltic Sea*. Blue Baltic Growth, SUBMARINER Network.

SUBMARINER Network (u.å.). *Mussel farming in the Baltic Sea as an environmental measure - new positive data*. SLU-Aquaculture & SUBMARINER Network, Berlin, Germany.

Søfartsstyrelsen (u.å.). *Danmarks havplan*. Lokaliseret d. 14.05.21 på <https://havplan.dk/da/page/info>

Søfartsstyrelsen (2021). *Havplan redegørelse*. Havplansekretariatet, marts 2021.

Taylor D., Saurel C., Nielsen P. & Petersen JK. (2019). *Production Characteristics and Optimization of Mitigation Mussel Culture*. *Frontiers in Marine Science*, Volume 6.

Tedengren M. & Kautsky N. (2012). *Comparative study of the physiology and its probable effect on*

size in Blue Mussels (Mytilus Edulis L.) from the North Sea and the Northern Baltic Proper.
Stockholm Universitet.

Timmermann K., Boye AG., Bruhn A., Erichsen AC., Flindt M., Fossing H., Gertz F., Jørgensen HM., Petersen JK. & Schwærter S. (2016). *Marine Virkemidler - Beskrivelse af virkemidlernes effekter og status for vidensgrundlag.* Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi.

Tørring D., Gramskow M., Holtegaard LE., Petersen JK., Dolmer P., Bækgaars A., Larsen KL. (2008). *Nye opdrætsteknikker.* Dansk Skaldyrcenter.

Tørring D. & Petersen JK. (2005). *Blåmuslingeprojekt Fase II.* Dansk Skaldyrcenter

Vejle Kommune (2020). *Sund Vejle Fjord - projektbeskrivelse.* Vejle Kommune og Syddansk Universitet, version marts 2020.

Vejle Kommune (2021). *Sund Vejle Fjord.* Lokaliseret d. 24.05.21 på <https://www.vejle.dk/borger/mit-liv/miljoe-og-naturpleje/danmarks-vildeste-kommune-vilde-vejle/sund-vejle-fjord/>

von Thenen M., Maar M., Hansen H.S., Friedland R., Schiele K.S. (2020). *Applying a combined geospatial and farm scale model to identify suitable locations for mussel farming.* Marine Pollution Bulletin, Volume 156.

Wamsler C., Wickenberg B., Hanson H., Olsson JA., Stålhammar S., Björn H., Falck H., Gerell D., Oskarsson T., Simonsson E., Torffvit F. & Zelmerlow F. (2020). *Environmental and climate policy integration: Targeted strategies for overcoming barriers to nature-based solutions and climate change adaptation.* Journal of Cleaner Production, Volume 247.

17. Bilagsoversigt

Bilag 1: Interviewguides

Bilag 2: Transskribering af interviews

Bilag 3: Praktikrapport

Bilag 4: Mødereferater og mailkorrespondancer

Bilag 5: Ansøgning til grøn tilskudspulje

Bilag 6: Tabel over reduktionspotentiale

Bilag 7: Excel ark over gennemsnitsberegninger af reduktionspotentiale

Bilag 8: Excel ark over beregninger af høstudbytte

Bilag 9: Gantt-skema