

Fagligt grundlag for forvaltningsplan for udvikling af bæredygtige fiskerier af muslinger og østers i Vadehavet



DTU Aqua-rapport nr. 334-2018
Af Pernille Nielsen, Kerstin Geitner,
Jakob Jakobsen, Christian J. Köppl
og Jens Kjerulf Petersen

Fagligt grundlag for forvaltningsplan for udvikling af bæredygtige fiskerier af muslinger og østers i Vadehavet

DTU Aqua-rapport nr. 334-2018

Af Pernille Nielsen¹, Kerstin Geitner¹, Jakob Jakobsen², Christian J. Köppl² og Jens Kjerulf Petersen¹

¹ DTU Aqua

² DTU Space

Kolofon

Titel:	Fagligt grundlag for forvaltningsplan for udvikling af bæredygtige fiskerier af muslinger og østers i Vadehavet
Forfattere:	Pernille Nielsen, Kerstin Geitner, Jakob Jakobsen, Christian J. Köppl, Jens Kjerrulf Petersen
DTU Aqua-rapport nr.:	334-2018
År:	Oktober 2018 (offentliggjort marts 2019)
Forsidefoto	Blåmuslingebanker i Ho Bugt, Foråret 2018. Foto: Pernille Nielsen
Reference:	Nielsen, P., Geitner, K., Jakobsen, J., Köppl, C.J., & Petersen, J.K. (2018). Fagligt grundlag for forvaltningsplan for udvikling af bæredygtige fiskerier af muslinger og østers i Vadehavet. DTU Aqua-rapport nr. 334-2018. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. 33 pp. + bilag.
Udgivet af:	Institut for Akvatiske Ressourcer, Kemitovet, 2800 Kgs. Lyngby
Download:	www.aqua.dtu.dk/publikationer
ISSN:	1395-8216
ISBN:	978-87-7481-254-8

Forord

Denne rapport er blevet til som et samarbejde mellem DTU Aqua og DTU Space. Fiskeriselskabet Cardium har været hyret til at udføre sejlads i bestandsmonitoringen i projektet, og der skal lyde en stor tak til besætningen ombord Wilhelmina for en ihærdig indsats.

Projektet er blevet til på baggrund af at fiskeriaktiviteter af muslinger og stillehavsøsters i Vadehavet har været begrænset på grund af manglende viden om bestandenes størrelse. Projektet har haft fokus på optimering af metoder til bestemmelse af bestande af blåmuslinger, hjertemuslinger og stillehavsøsters og de nye muligheder, som de seneste år er blevet mulige i takt med den teknologiske udvikling af droner. Formålet har været at øge vidensgrundlaget for muslingepolitikken.

Projektet er gennemført med finansiel støtte fra EU, Den Europæiske Hav- og Fiskerifond, Udenrigsministeriets fiskeriudviklingsprogram.

Alle offentliggjorte projektrapporter fra DTU Aqua, kan hentes i elektronisk form på DTU Aquas hjemmeside www.aqua.dtu.dk/Publikationer.

Originale tekster og illustrationer fra denne rapport må gengives til ikke-kommercielle formål under forudsætning af tydelig kildeangivelse.

Henvendelse vedrørende denne rapport kan ske til:

DTU Aqua

Dansk Skaldyrcenter,

Øroddevej 80

7900 Nykøbing Mors

Tlf.: 96 69 02 83

post@skaldyrcenter.dk

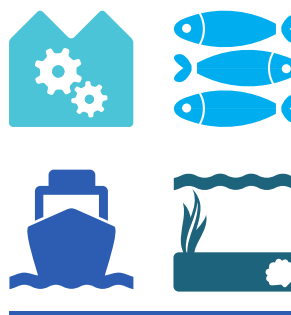
www.aqua.dtu.dk/forskning/skaldyr

Projektet er finansieret af Den Europæiske Hav- og Fiskerifond og Fiskeristyrelsen:



Den Europæiske Union
Den Europæiske Hav- og Fiskerifond

HAV & FISK



Indhold

Forord	3
Sammenfatning	5
1. Indledning	6
2. Bestandsmonitoring af blåmusling, hjertemusling og stillehavsøsters	8
3. Natur og miljøhensyn i relation til muslingefiskeri.....	19
4. Forvaltningsplan	28
5. Referencer	32
6. Bilag 1.....	34

Sammenfatning

I de sidste 10 år har der været begrænset fiskeri af skaldyr i Vadehavet, da fiskeri af blåmuslinger i 2008 blev lukket for at sikre fødegrundlaget for de muslingespisende fugle i området. Lukningen af fiskeriet betød, at bestandsmonitoringen af blåmuslinger ophørte og udviklingen i bestanden og spredningen af den invasive stillehavsøsters heller ikke blev fulgt. Hovedfokus i dette projekt har derfor været at tilvejebringe bestandsestimater for blåmuslinger, stillehavsøsters og hjertemuslinger og samtidig undersøge mulighederne for at optimere kortlægningen ved at anvende droner.

Der er foretaget bestandskortlægningen af blåmuslinger og stillehavsøsters i hele området indenfor rejeelinien. Bestanden af blåmuslinger og stillehavsøsters er estimeret til henholdsvis 78.500 t og 72.000 t, mens bestanden af hjertemuslinger i udvalgte områder ved Esbjerg er estimeret til 2.000 t. Det har ikke været muligt at estimere, hvor stort et fødebehov, der skal afsættes til de muslingespisende fugle på udpegningsgrundlaget, da der i forhold til tidligere er en række faktorer, der har ændret sig. Størrelsen af bestanden af blåmuslinger er dog betydeligt over det niveau, der lukkede fiskeriet i 2008.

Forsøg med droner til kortlægning af litorale muslingebanker har vist, at droner kan bidrage til en mere effektiv og systematisk bestandsmonitoring, men også at anvendelse af drone-teknologi har en række udfordringer, der skal adresseres for at anvendelsen bliver effektiv og rentabel. Desuden har det også vist sig, at det ikke er muligt at adskille forekomster af stillehavsøsters på blåmuslingebanker fra blåmuslinger.

Der er desuden foretaget en generel gennemgang og screening af en række vigtige miljødata, beskyttede arter og habitater samt afledte miljøeffekter af forskellige fiskerier. Samlet er der tilvejebragt det faglige grundlag for udarbejdelse af en forvaltningsplan for fiskeri af muslinger og stillehavsøsters i områder indenfor øerne i Vadehavet.

1. Indledning

Vadehavet strækker sig over tre landegrænser fra Holland i syd til Danmark i nord og er omfattet af en lang række internationale naturbeskyttelseshensyn. De særlige tidevandsforhold gør, at Vadehavet er et unikt naturområde, hvor der findes en række udpegede arter og habitater, som er beskyttet af fx EU's habitatdirektiv, fuglebeskyttelsesdirektiv og Natura 2000 regulering, ligesom Vadehavet nationalt er udpeget til vildtreservat og siden 2010 har været udpeget som nationalpark. Yderligere blev den danske del af Vadehavet i 2014 udpeget af UNESCO som verdensarv, hvorved hele Vadehavet blev omfattet af UNESCOs verdensarv. Det samlede Vadehav er således omfattet af en lang række internationale og nationale naturbeskyttelseshensyn, men samtidig foregår der forskellige former for akvakulturproduktion og fiskeri af skaldyr i Vadehavet i områderne indenfor øerne. I Holland og Tyskland forgår langt størstedelen af landenes blåmuslingeproduktion i Vadehavet og omfatter både kulturbankeproduktion og fiskeri efter yngel, ligesom fiskeri af hesterejer og opdræt af stillehavsøsters er tilladt i områderne indenfor øerne. I Danmark er fiskeri af hesterejer forbudt indenfor øerne, mens der kan gives dispensation fra Vadehavsbekendtgørelsen til fiskeri af blåmuslinger, stillehavsøsters og hjertemuslinger i visse dele af Vadehavet. Imidlertid er hverken opdræt af stillehavsøsters eller kulturbankeproduktion af blåmuslinger tilladt i den danske del af Vadehavet. Det danske fiskeri af blåmuslinger, hjertemuslinger og stillehavsøsters i Vadehavet foregår derfor på vilde bestande, ligesom langt størstedelen af alt dansk muslingefiskeri gør. Der har således igennem tiderne været et fiskeri af blåmuslinger på helt op til 30.000 t årligt i Vadehavet i midten af 1980'erne (Kristensen & Pihl 2006), mens de årlige landingerne i 1990'erne og begyndelsen af 00'erne var <9.000 t. Landinger af hjertemuslinger har ligget mellem 100-2.500 t i 1990'erne (Scheiffarth & Frank, 2005) og mindre end 900 kg per år de seneste 10 år.

Fiskeri af blåmuslinger i Vadehavet har tidligere været omdrejningspunkt for en del debat omkring bæredygtigt fiskeri i forhold til at sikre fødegrundlaget for de muslingespisende fugle på udpegningsgrundlaget for fuglebeskyttelsesområde F57, som omfatter Vadehavet. Fiskeriet blev således lukket i 2008 for at sikre fødegrundlaget for de muslingespisende fugle i området, hvilket har betydet, at det eneste fiskeri i den danske del af Vadehavet efterfølgende har været fiskeri af hjertemuslinger i de tre områder i den nordlige del af Vadehavet, hvor der kan gives tilladelse til fiskeri af hjertemuslinger. Derudover har der også været givet to forsøgstilladelser til fiskeri af stillehavsøsters i 2007 og 2014/2015, men grundet problemer med landingerne varede forsøgene kun kort tid. I forbindelse med lukningen af fiskeriet af blåmuslinger ophørte bestandsmonitoringen af blåmuslinger ligesom udviklingen i bestanden og spredningen af den invasive stillehavsøsters ikke er blevet fulgt systematisk siden 2008.

Med vedtagelsen af Muslingepolitikken i 2013 blev balancen mellem muslingefiskeri og naturbeskyttelse i og udenfor Natura 2000 områder sikret forvaltningsmæssigt. Sammen med indførelsen af black box systemet til monitoring af fiskeriaktivitet har det betydet, at fiskeri af muslinger og østers i Natura 2000 områder kan dokumenteres at foregå uden kompromittering af udpegningsgrundlaget. Fiskerierhvervet har som følge heraf vist øget interesse i at få åbnet for et fiskeri af blåmuslinger og stillehavsøsters i Vadehavet, hvilket har tydeliggjort, at generel viden omkring bestandsstørrelser og fordeling i området har manglet. DTU Aqua har derfor i samarbejde med DTU Space ansøgt om et projekt under Den Europæiske Hav- og Fiskerifond til bl.a. at kortlægge bestanden af blåmuslinger, stillehavsøsters og hjertemuslinger i dele af Natura 2000 området N89, Vadehavet. Bestandskortlægningen af de enkelte arter er sket ved anvendelse af traditionelle bestandsestimeringsmetoder samt ved at udvikle nye monitoringsmetoder

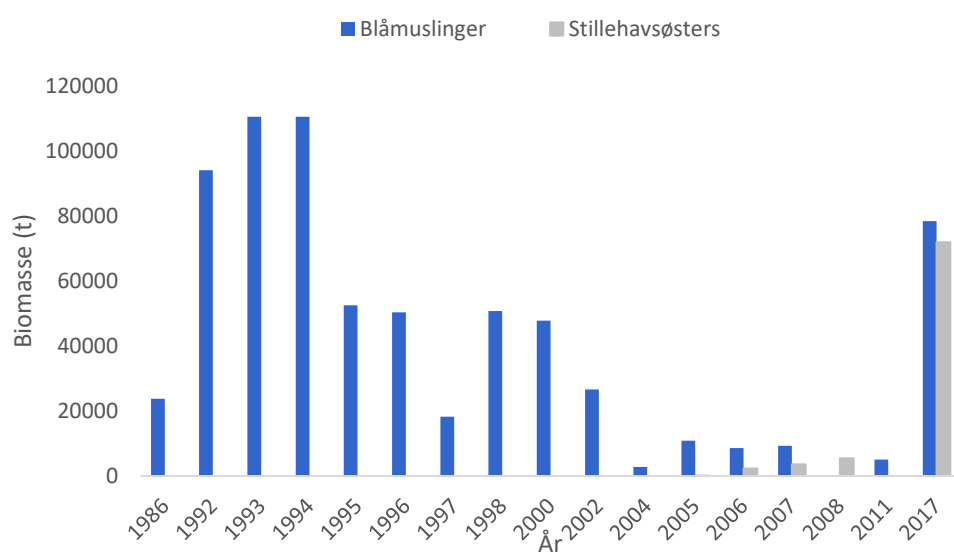
med brug af droner. Bestandskortlægningen af blåmuslinger og stillehavsøstes er blevet gennemført således, at hele området indenfor rejelinien er blevet kortlagt, hvor tidligere monitoringer ofte kun har omfattet delområder indenfor rejelinjen. Derudover er bestanden af hjertemuslinger blevet kortlagt i udvalgte områder inden- og udenfor øerne, ligesom en række vigtige miljødata fra det nationale overvågningsprogram NOVANA er blevet indsamlet for at foretage en foreløbig screening af de afledte miljøeffekter af forskellige fiskerier.

2. Bestandsmonitoring af blåmusling, hjertemusling og stillehavsøsters

Det grundlæggende princip for monitoring af blåmuslinger (*Mytilus edulis*), stillehavsøsters (*Crassostrea gigas*) og hjertemuslinger (*Cerastoderma edule*) i Vadehavet er baseret på DTU Aquas metode anvendt til monitoring af bestande af blåmuslinger i indre danske farvande, hvor blåmuslingebestandens størrelse, sammensætning samt geografiske udbredelse bestemmes med skib. I Vadehavet er der imidlertid ofte større forekomster af litorale (vadeflader, der blottes ved ebbe) banker af blåmuslinger og stillehavsøsters, som ikke kan tilgås med skib, hvorfor der er anvendt en anden metode til monitoringen af litorale banker. I de efterfølgende afsnit vil disse metoder blive gennemgået.

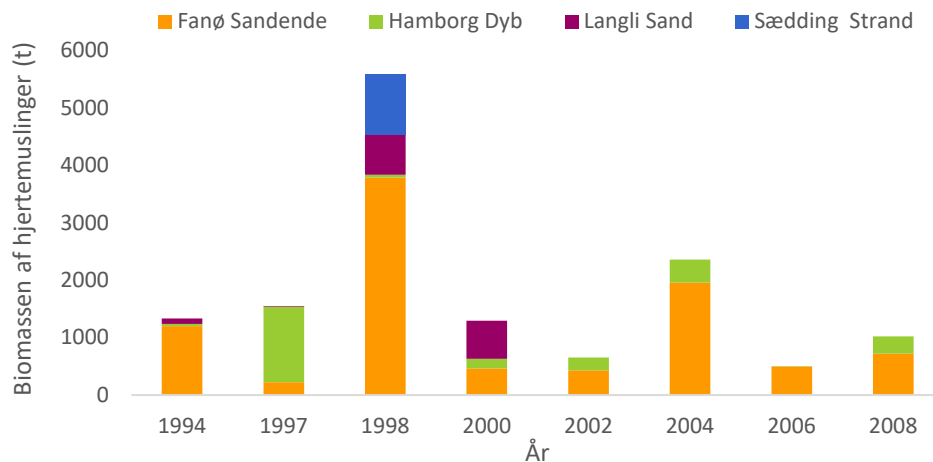
2.1 Tidligere undersøgelser foretaget i Vadehavet

DTU Aqua har foretaget bestandsundersøgelser af blåmuslinger i Vadehavet siden 1980'erne om end der ikke er foretaget bestandsundersøgelser hvert år og antallet af områder samt hvilke områder, der er blevet undersøgt, har varieret. Bestandsestimaterne af blåmuslinger i de tidligere undersøgelser (Figur 1) er derfor ikke direkte sammenlignelige mellem år. For stillehavsøsters er der tidligere foretaget estimering af bestanden i 2005-2008 (Figur 1). Disse undersøgelser er som for blåmuslinger heller ikke fuldt dækkende, hvorfor bestandsstørrelsen kan antages at reflektere generelle tendenser i bestandsudviklingen, men er ikke et udtryk for den samlede bestandsstørrelse i hele området.



Figur 1. Biomasser af blåmuslinger og stillehavsøsters (tons) i Vadehavet i perioden 1986-2017. Estima-terne er *ikke* sammenlignelige mellem år, da de ikke dækker samme område. Eventuel afvigelse i forhold til tidligere afrapporterede bestandsestimater skyldes standardiseret kvalitetssikring af data.

Hjertemuslingebestanden i områderne omkring Esbjerg har været monitoreret systematisk siden 1990'erne i de samme tre områder (Langli Sand, Hamborg Dyb og Fanø Sandende), da Vadehavsbekendtgørelsen kun giver mulighed for fiskeri af hjertemuslinger i disse tre områder. DTU Aquas bestandsmonitoring har ikke nødvendigvis omfattet alle tre områder i alle år, hvorfor en direkte sammenligning af bestandsestimaterne mellem år ikke er mulig, men undersøgelserne angiver den relative udvikling i bestanden over tid (Figur 2).

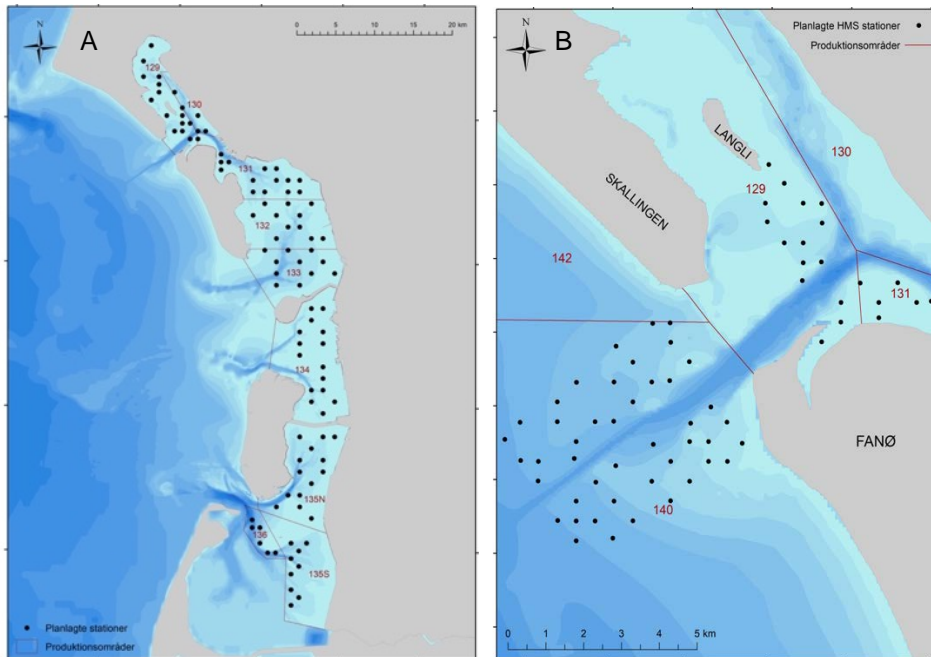


Figur 2. Biomasse af hjertemuslinger (tons) i de fire delområder Fanø Sandende, Hamborg Dyb, Langli Sand og Sædding Strand i perioden 1994-2008. Biomassen i 1998 i de fire delområder afviger fra tidligere afrapporterede tal (Kristensen 1998), da der her kun var regnet med mindre arealer, mens de øvrige år inkluderer hele områder.

2.2 Udlægning af stationsnet til monitoring af sublitorale banker i 2017

I forbindelse med fiskeri af skaldyr er de indre danske farvande samt dele af Nordsøen inddelt i produktionsområder af hensyn til fødevarer sikkerhed. DTU Aquas bestandsmonitoring foretaget i 2017-18 omfatter produktionsområderne 129-135 samt dele af område 136. Der er udlagt ét fælles stationsnet til bestemmelse af blåmuslinger og stillehavsøsters i de sublitorale områder (områder, der ikke blottægges ved ebbe) indenfor øerne, ligesom der er blevet udlagt et stationsnet til monitoring af hjertemuslinger i udvalgte områder både inden og udenfor øerne.

Stationsnettet til monitoring af blåmuslinger og stillehavsøsters er udlagt i hele området indenfor øerne (figur 3A) og omfatter således også permanent lukkede områder, hvor der ikke kan gives tilladelse til fiskeri, mens stationsnettet for hjertemuslinger strækker sig udover de områder indenfor øerne, hvor der for nærværende kan gives tilladelse til fiskeri af hjertemuslinger (figur 3B). Der er ligeledes udlagt et stationsnet i to områder udenfor øerne (produktionsområde 141) udpeget som områder med potentielle forekomster af hjertemuslinger (Figur 3B).



Figur 3 A: Udlagt stationsnet for monitoring af blåmuslinger og stillehavsøsters (100 stationer) i sublitorale områder indenfor øerne og B: Udlagt stationsnet til monitoring af hjertemuslinger i sublitorale områder indenfor (21 stationer) og udenfor (45 stationer) øerne i Vadehavet.

Moniteringsstationerne for blåmuslinger og stillehavsøsters er fordelt ved at lægge et net af kvadrater på 1500 x 1500 m i produktionsområderne 132, 133 og 134, samt den sydøstlige del af 131 og den nordlige del af 135, mens områderne 129, 130 og 136, samt den nordvestlige del af 131 og den sydlige del af 135 er dækket af kvadrater på 1000 x 1000 m. I områder, hvor der monitoreres hjertemuslinger er der udlagt et stationsnet på 500 x 500 m. Indenfor hvert produktionsområde er ca. halvdelen af kvadraterne tilfældigt udvalgt, hvorefter den midterste position i hver af de tilfældigt udvalgte kvadrater udgør prøvetagningsstationen, med mindre dette punkt lå på land. Der er således udlagt 100 stationer til bestemmelse af blåmuslinger og stillehavsøsters i områderne indenfor øerne, mens der er udlagt henholdsvis 21 og 45 stationer til bestemmelse af hjertemuslinger i områderne inden- og udenfor øerne. Stationerne er således tilfældigt fordelt i områderne, hvorfor nogle af stationerne vil være placeret i områder, som det ikke vil være muligt at tilgå med skib. Derfor kan antallet af reelt monitorerede stationer være lavere i nogle af områderne.

2.3 Identificering af litorale blåmuslinge- og stillehavsøstersbanker

Undersøgelser af tætte forekomster af litorale banker af blåmuslinger og stillehavsøsters sker ud fra en foregående screening af luftfotografier fra 2016 (1 km tiles i ecw-format med 20 cm opløsning). Screeningen foretages manuelt og potentielle forekomster af litorale blåmuslinger og/eller stillehavsøsters banker markeres. Herefter foretages der en visuel inspektion af de identificerede områder til fods fra stranden. Ved verificering af forekomster af litorale banker af blåmuslinger og stillehavsøsters kortlægges bestanden efterfølgende via indsamling af rammeprøver (se nedenfor).

2.4 Bestandsmonitoring

Der er anvendt to forskellige metoder til indsamling af prøver ved monitoringen i Vadehavet i) i områder med vanddybder >1 m ved højvande er der indsamlet prøver med det kommercielle fiskefartøj *Wilhelmina* på de stationer, som er udlagt i stationsnettet. På hver station fiskes der med suger i 1 minut og start og slut GPS-position for fiskeri noteres. ii) Indsamling af et antal tilfældigt udvalgte positioner på de litorale banker med ramme (0,25 x 0,25 m) således, at den heterogene fordeling af blåmuslinger og stillehavsøsters indenfor bankerne kortlægges. Rammeprøverne indsamles til fods og prøvetagningspositionerne markeres med håndholdt GPS. Den videre opgørelse af prøverne er uafhængig af indsamlingsmetoden om end størrelsen af prøven varierer mellem de to indsamlingsmetoder. Først vejes den samlede fangst for en given station, herefter sorteres den ud i fraktionerne: blåmuslinger, stillehavsøsters, hjertemuslinger og diverse andre kategorier fx sten, skaller, søstjerner og makroalger, hvorefter hver fraktion vejes separat. For hver station opgøres ligeledes størrelsesfordeling (skallængde) af stillehavsøsters og blåmuslinger samt hjertemuslinger (skalhøjde og skallængde) enten for hele prøven eller for en delprøve på 150-200 stk. per art.

2.5 Beregningsmetoder til bestandsestimater

Input-parametre til beregning af den samlede biomasse af de enkelte muslingearter på hver prøvetagningsstation afhænger af indsamlingsmetoden, dog antages effektiviteten at være 100% for både suger og ramme. Det befiskede areal (m^2) beregnes for sugestationerne som længden af suge-sporet gange bredden af sugeren (0,75 m) og for rammestationerne ud fra antallet af indsamlede rammer og arealet af rammen (0,0625 m^2), hvorefter biomassen ($kg\ m^{-2}$) kan estimeres for den enkelte station.

Beregningsmetoder anvendt til estimering af den samlede biomasse forekomst (tons) udviklet for de indre danske farvande med permanent vanddække (jf. metode 3 nedenfor) kan ikke umiddelbart direkte overføres til estimering af den totale biomasse af blåmuslinger og stillehavsøsters i Vadehavet. Forekomsten af litorale banker, hvor biomassetætheden ($kg\ m^{-2}$) generelt er høj og desuden karakteriseret ved mindre afgrænsede banker betyder, at opskalering fra station til produktionsområde vil føre til en voldsom overestimering af bestanden. Der er derfor arbejdet med forskellige GIS-metoder til estimering af den samlede bestand af blåmuslinger og stillehavsøsters. Ligesom der er udarbejdet en metode til estimering af bestanden ud fra kortlægning foretaget med droner. Nedenfor gennemgås fire forskellige metoder til estimering af bestandsstørrelsen af blåmuslinger og stillehavsøsters ved hjælp af programmet ArcGIS. Til estimering af hjertemuslingebiomassen er GIS-metode 1 anvendt (se nedenfor), da hjertemuslingerne antages at fordele sig jævnt indenfor de afgrænsede områder, der er blevet monitoreret. Det samlede biomasseestimat for hele Vadehavet for henholdsvis blåmuslinger og stillehavsøsters beregnet ud fra fire forskellige GIS-metoder er angivet i tabel 1. Bestandsestimaterne for hjertemuslinger beregnet med GIS-metode 1 i områder inden- og udenfor øerne er ligeledes angivet i tabel 1.

- *GIS-metode 1:* Den gennemsnitlige biomasse af alle stationer i et givent produktionsområde ganges med arealet af produktionsområdet. For hjertemuslinger anvendes de afgrænsede arealer som angivet i figur 4C.
- *GIS-metode 2:* Simplificering af metode 1 hvor den gennemsnitlige biomasse for alle stationer i alle produktionsområder (130-136) beregnes og ganges med det samlede areal for alle produktionsområderne.
- *GIS-metode 3:* Den samlede biomasse beregnes ud fra interpolationer mellem stationerne. Der anvendes en Inverse Distance Weighted interpolation (IDW) med variabel

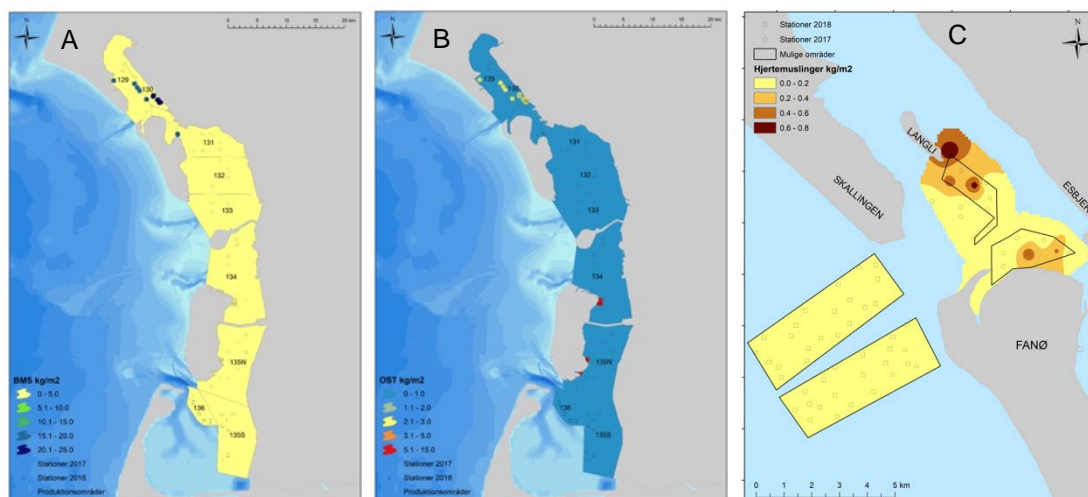
søgeradius og 12 punkter. Dermed beregnes ukendte punkters biomasse med et vægtnet gennemsnit af de 12 nærmeste stationers biomasse. Vægtningen af stationerne sker invers med afstanden, dvs. nærliggende stationer får større indflydelse på biomassen i et beregnet punkt, end stationer der ligger langt fra.

- *GIS-metode 4:* Stationerne adskilles i suge- og rammestationer, og for rammestationerne lægges en bufferzone på 400 m omkring hver station for at begrænse ekstrapoleringen og således, at den ikke overlapper med det areal, som anvendes til biomasseestimering på sugestationerne. Herved sikres, at et areal ikke indgår i begge beregninger. Biomasseestimatet for sugestationerne beregnes vha. metode 1, dog er arealet fratrukket arealet for rammestationerne. Den samlede biomasse for hvert produktionsområde beregnes ved summering af biomasseestimererne for henholdsvis suge- og rammestationerne.

Beregningsmetode	Blåmusling (t)	Stillehavsøsters (t)	Hjertemuslinger (t)	Bemærkninger
GIS-metode 1	1.607.000	788.000	2.000* / 0,6*	* hhv. områder inden- og udenfor øerne
GIS-metode 2	4.475.000	1.129.000	NA	
GIS-metode 3	1.287.000	793.000	NA	
GIS-metode 4	78.470	72.350	NA	

Tabel 1. Samlet estimeret biomasse (tons) af blåmuslinger og stillehavsøsters i områderne indenfor øerne ud fra forskellige GIS-beregningsmetoder. Ved estimering af biomassen af hjertemuslinger er GIS-metode 1 anvendt i henholdsvis områderne inden- og udenfor øerne.

Som det fremgår af tabel 1, er der meget store forskelle i biomasseestimerer alt efter hvilken metode, der anvendes. Dette skyldes, at forekomsterne af blåmuslinger og stillehavsøsters på de litorale banker ofte er meget høje ($>10 \text{ kg m}^{-2}$), men da bankerne begrænser sig til mindre delområder, vil en ekstrapolering til hele produktionsområder medføre en betragtelig overestimering af bestandene. Bestandsestimeringer af epifaunale muslingearter som blåmuslinger og stillehavsøsters i tidevandsområder er således udfordret af at kunne identificere og begrænse det specifikke område som de litorale banker dækker og som skal indgå i GIS-beregningen. Til bestemmelse af bufferzonens størrelse i GIS-metode 4, er der anvendt orthofoto af Vadehavet taget fra fly det forgående år ligesom billeder taget med droner af et større bankekompleks i Ho Bugt er anvendt. Baseret på en analyse af billederne er en bufferzone på 400 m omkring prøvetagningsstationerne indsamlet med rammer valgt, da dette giver en tilfredsstillende dækning af området med identificerede banker og samtidig ikke overlapper med sugestationer i området. Den valgte bufferzone på 400 m vil således dække et areal, hvor der er forekomster af litorale banker af blåmuslinger og stillehavsøsters, men også områder uden. Arealet reduceres derfor yderligere ved at anvende en generel antagelse om, at kun 15% af arealet indenfor bufferzonen er dækket af blåmuslingebanker, hvilket dronekortlægningen viser i området i Ho Bugt. Overestimeringen vil med anvendelse af GIS-metode 4 være væsentlig reduceret grundet arealbegrænsningen i forhold til de tre andre metoder. Den rumlige fordeling af biomassetæthederne for blåmuslinger, stillehavsøsters og hjertemuslinger i Vadehavet 2017 beregnet ud fra GIS-interpolationer kan ses i henholdsvis figur 4A, 4B og 4C.



Figur 4 viser biomassetætheder (kg m^{-2}) i Vadehavet i 2017-18 illustreret med GIS-interpolationer for A: blåmuslinger og B: stillehavsøsters. C: Hjertemuslinger i fire afgrænsede områder. Se endvidere tabel 1.

2.6 Estimering af litorale banker

Metoder til estimering af arealet af litorale banker i Vadehavet har været undersøgt tidligere (Munch-Petersen & Kristensen 1987, Kristensen et al. 2005), hvor hovedsagelig forskellige billedanalyser af luftfotografier har været undersøgt. Analyserne viser, at estimeringen af bankearealerne således har stor betydning for det samlede biomasseestimat. Den mest præcise metode til bestemmelse af bankearealet er en metode, hvor det ved brug af digital billedbehandlingsanalyse er muligt at opgøre arealer med blåmuslinger, som identificeres på de anvendte digitale ortofotos. Visuelt udpeges pixels i arealer (banke) med blåmuslinger manuelt, hvorefter en digital billedanalyse med GIS programmet Erdas Imagine sørger for at skelne mellem pixels indeholdende blåmuslinger og pixels med sand m.m. Herefter kan nettoarealet af blåmuslinger opgøres ved at lade programmet tælle antallet af pixels klassificeret som værende blåmuslinger og gange med pixelarealet (Kristensen et al. 2005). Udfordringen ved anvendelse af orthofoto til bestemmelse af bankearealer er, at disse billeder er taget fra stor højde med fly, og ikke nødvendigvis ved lavvande, hvorfor risikoen for, at banke ikke er synlige på billederne, er relativ høj, da billederne er taget til et andet formål. Derudover er billedanalysen udfordret af, at hvis der er forskel i farvenuancerne mellem de enkelte orthofoto fx ved ændring af lysindstrålingen – fx som følge af varierende skydække eller ændret vinkel på flyet - vil det betyde, at hvert billede skal analyseres separat, og derfor kan en generel billedanalyse for alle billeder eller mellem år ikke anvendes. Imidlertid vil billedanalysen betyde en mere præcis estimering af de reelle bankearealer, såfremt banke kan identificeres på billederne.

Anvendelse af droner til kortlægning af litorale muslingebanker udføres i lavere høje end med fly og kan planlægges til at foregå ved lavvande, hvilket vil betyde større sandsynlighed for at kunne kortlægge flere banker og mere detaljeret. DTU Space har derfor som en del af projektet gennemført en række forsøg for at vurdere, i hvilken grad og i givet fald hvordan droner kan anvendes til en systematisk bestandsmonitoring af muslinger. Der blev således udvalgt et større område nord for Esbjerg med mange litorale muslingebanker (For detaljeret gennemgang af udførte dronetrykninger se bilag 1).

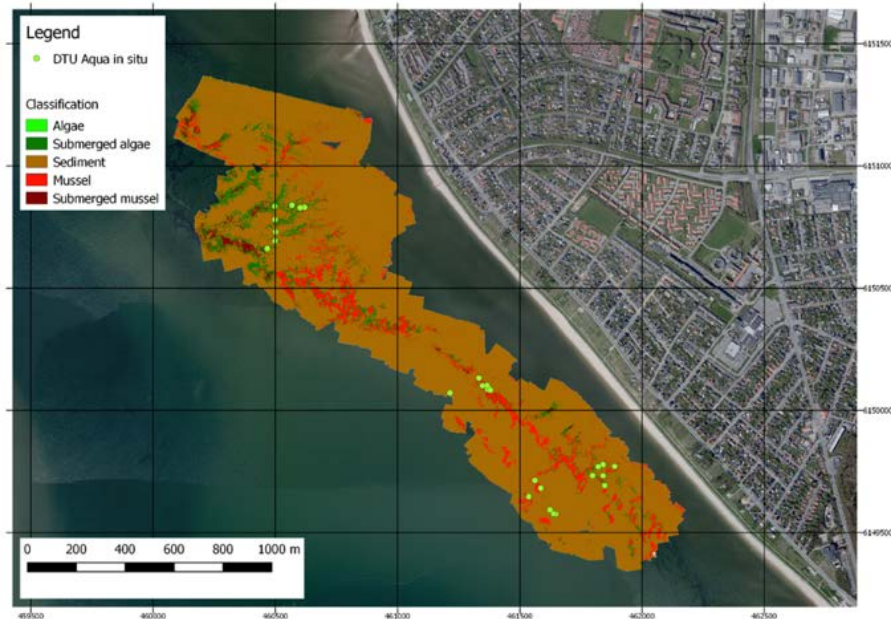
Der blev kortlagt et 1,23 km² stort område via 20 gennemførte flyvninger med en flyvehøjde på 90 m med en seks rotor-drone, hvor der samlet blev optaget i alt 4500 billeder med RGB-kamera (figur 5).



Figur 5. Orthorecteret og georefereret RGB kort af litorale muslingebanker ud for Sædding Strand i 2017 med drone. De grønne punkter viser hvor, der er indsamlet rammeprøver.

Den efterfølgende billedanalyse bestod i at generere et orthorecteret og georefereret RGB kort via en "Structure from Motion" (SfM) algoritme. Dette kort bruges herefter til at klassificere området ved først at gruppere kortet i såkaldte superpixler (nabopixels med lignende egenskaber grupperes sammen), hvorefter et mindre udvalgt testområde, hvor der manuelt identificeres områder på kortet som dækker fx muslinger, alger, bearbejdes. Herefter "uddannes" en SVM-klassifikationsalgoritme (Support Vector Machine) på netop dette datasæt, hvorefter SVM-klassifikationsalgoritmen bruges til at klassificere hele kortet i de forskellige klasser: muslingebanke, vanddækket muslingebanke, alger, vanddækkede alger og havbund (Figur 6). I den samlede arealberegning for muslingebankerne er det således kun områder klassificeret som havbund, som ikke indgår, da områderne med alger forventes at dække muslinger (jf. figur 9). Ud fra arealanalysen og den gennemsnitlige biomassetæthed (kg m⁻²) indsamlet via rammer estimeres biomassen af blåmuslinge-biomassen i området til 3.900 t og af stillehavsøsters til 500 t.

Det var ikke muligt at skelne mellem blåmuslinger og stillehavsøsters på billeder taget fra høj højde (90 m). Der blev derfor gennemført flyvninger i lavere højde (<20 m) for at få billeder med en større detaljeringsgrad. Imidlertid var det heller ikke muligt at adskille blåmuslinger og stillehavsøsters fra hinanden på disse billeder, da farvesignalet var sammenfaldende for de to arter selv ved ultrahøj billedopløsning.



Figur 6. Klassifikationskort af litorale muslingebanker ud for Sædding Strand i 2017 med drone. Klassifikationen er inddelt i følgende kategorier: Lysegrønne og mørkegrønne er henholdsvis områder med alger og vanddækkede alger. Rød og bordeaux er henholdsvis områder med muslinger og vanddækkede muslinger. Brune områder er havbund. De grønne cirkler viser, hvor der er indsamlet rammeprøver.

Forsøgene med droner til kortlægning af muslingebestande i tidevandsområder har vist, at droner kan bidrage til en mere effektiv og systematisk bestandsmonitoring af muslinger. Data fra droneflyvninger kan geolokaliseres med stor præcision og det er muligt via billedbehandlingsanalyser at estimere bankearealerne. Dette giver en meget høj præcision af lokalisering af bankerne og bankearealer, hvilket medfører en større sikkerhed i biomasseestimerne, om end denne stadig vil være påvirket af usikkerhederne ved indsamling af relativt små rammeprøver til opskalering til bankeniveau. Imidlertid har forsøgene vist, at anvendelse af drone-teknologi har en række udfordringer, der skal adresseres for at anvendelsen er effektiv og rentabel. Således bør kortlægning af større områder fortrinsvis gennemføres med fastvingede droner i stedet for rotor-baserede systemer, da fastvingede droner har en længere rækkevidde. Ligesom andre sensor-systemer, der kan kortlægge 3D-strukturer vil være en mulighed for optimering i stedet for anvendelse af RGB-kamera. Derudover har det også vist sig, at det ikke er muligt at adskille forekomster af stillehavsøsters på blåmuslingebanker fra blåmuslingerne selv på billeder med ultrahøj opløsning.

2.7 Sammenligning af bestandsestimat for litoral banke via GIS-metode og billedanalyse

Forsøgene med droner har kortlagt et område på 1,23 km² i området omkring Sædding strand nord for Esbjerg. Da estimering af den samlede biomasse for bankerne er baseret på arealkortlægning, kan metoden ikke ekstrapoleres til andre banker. Der er derfor foretaget en sammenligning af bestandsestimerne estimeret vha. GIS-metode 1, dog med den ændring, at arealet af bankerne anvendes i stedet for arealet for produktionsområdet. Resultaterne viser, at biomassen estimeret ud fra GIS-metode 1 er cirka 2,5 gang mindre end estimerne bestemt ud fra billedklassificeringsanalysen (Tabel 2).

Beregningsmetode	Blåmusling (t)	Stillehavsøsters (t)
GIS-metode 1	1.600	190
Billedklassificeringsanalyse	3.900	500

Tabel 2. Sammenligning af bestandsestimater for blåmusling og stillehavsøsters i et afgrænset område i Ho Bugt kortlagt med droner ved brug af henholdsvis GIS-metode 1 og billedklassificeringsanalyse.

I andre områder med forekomster af litorale banker, er de litorale banker identificeret på orthofotos fra fly, hvorefter der er indsamlet rammeprøver til estimering af bestanden af blåmuslinger og stillehavsøsters i disse områder. Det har ikke været muligt at foretage egentlige billedanalyser til identifikation af arealer kun dækket af litorale muslingebanker, hvorfor der er blevet anvendt en mere operationel metode, hvor der lægges en bufferzone på 400 m rundt om de indsamlede rammeprøver på de litorale banker, hvorefter bestandene estimeres indenfor områder for henholdsvis ramme- og sugestationer (jf. GIS-metode 4). Der fremkommer således et samlet estimat (sugestationer + rammestationer) for hvert produktionsområde, som herefter kan summeres til et samlet bestandsestimat for hele området indenfor øerne (Tabel 1).

2.8 Opsummering af erfaringer med bestandskortlægning og beregning af bestandsestimater

Bestandsestimering af epifaunale arter i Vadehavet er fortsat udfordret af, at de anvendte metoder er ressourcekrævende og forbundet med en vis usikkerhed, om end dette projekt har vist, at anvendelse af droner kan optimere og præcisere kortlægning af arealerne af de litorale banker. Dette vil kunne gøres endnu mere effektivt ved anvendelse af fastvinge-droner med lang rækkevidde, ligesom anvendelsen af kortlægning med sensorer, der kan kortlægge bankernes 3D-struktur potentielt vil kunne optimere og effektivisere kortlægningen yderligere. Implementering af dette vil imidlertid kræve en yderligere forsknings- og udviklingsindsats.

Estimering af den samlede bestand ved anvendelse af GIS-metode 4, hvor områder omfattet af henholdsvis suge- og rammestationer adskilles og biomasseestimererne beregnes separat for hvert område har vist sig for nærværende at være den bedste metode til estimering af den samlede bestand af blåmuslinger og stillehavsøsters i et område, der omfatter både litorale og sublitorale banker. Det er derfor DTU Aquas anbefaling at anvende denne metode til bestandsestimering af blåmuslinger og stillehavsøsters i Vadehavet indtil der er dokumentation for en mere velegnet metode. Dette betyder således også, at bestandsmonitoringen i Vadehavet fortsat vil være mere ressourcekrævende sammenlignet med andre Natura 2000 områder, da særligt kortlægning af de litorale banker i felten og efterfølgende dataanalyser er tidskrævende.

2.9 Udarbejdelse af statistisk bestandsmodel for blåmusling

DTU Aqua har udviklet en statistisk model til estimering af blåmuslingebestanden (inklusive usikkerhed) i Limfjorden. Modellen baserer sig på data fra DTU Aquas bestandsmonitoring og er en geostatistisk model, der direkte inddrager bestandens rumlige struktur. I dette projekt er det blevet undersøgt, om det er muligt at udvikle en tilsvarende model til estimering af bestanden af blåmuslinger i Vadehavet. For at kunne udvikle en geostatisk model kræver det et solidt datagrundlag indsamlet over en årrække, som kan bruges til at validere modellen. DTU Aqua har siden 1980'erne foretaget bestandsmonitoring af blåmuslingebestanden i Vadehavet, som er blevet afrapporteret til ministeriet. Imidlertid er det ikke alle data, der har været tilgængelige

elektronisk og dermed har det ikke været muligt på forhånd at vurdere kvaliteten af tidligere indsamlede data. Der er derfor lagt en stor indsats i dette projekt i at gøre tidligere tiders bestandsdata elektroniske samt foretage kvalitetssikring af data. Data er generelt kendetegnet ved at indeholde få data indsamlet med skib (skrab eller sug) og i høj grad indsamling af ramme- og grabprøver. De relativt små prøver, som indsamles ved rammer og grab vurderes til ikke at være egnet til at indgå som valideringsdata for en statistisk model. Det har derfor ikke været muligt at opsætte en statistisk model for estimering af blåmuslingebestanden i Vadehavet, da frekvensen og mængden af input data fra tidligere togter ikke er tilstrækkelige til at kunne understøtte en sådan model.

2.10 Forekomst af blandede banker af blåmuslinger og stillehavsøsters

Blåmuslinger og stillehavsøsters varierer i deres rumlige fordeling i Vadehavet (Figur 7). Der er således meget stor forskel på, hvilken art der dominerer bankerne i de forskellige områder. I Ho Bugt op langs kysten nord for Esbjerg, langs den østlige side af Langli og i området ved Fanø Bugt findes der tætte banker, hvor blåmusling er den dominerede art, men hvor mange relativt små individuelle stillehavsøsters <10 cm har etableret sig. Ved den nordlige ende af Rømø ud for skydeområdet og i områder syd for Rømødæmningen forefindes rev af stillehavsøsters, hvor blåmuslingerne sidder ovenpå/mellem stillehavsøsters. Der er således tale om to forskellige biogene habitater og hvor forekomsten af stillehavsøsters med kommerciel interesse (individuelle og ensartede) er vidt forskellig, hvilket vil have betydning for et eventuelt fiskeri af stillehavsøsters, der kan forventes at være forskelligt i afhængighed af område.



Figur 7. Sammenklumpede stillehavsøsters (øverst, venstre). Stillehavsøstersrev ved Rømø (øverst, højre). Blåmuslingebanke (nederst, venstre) og zoom af blåmuslingebanken, hvor der ses forekomster af mindre individuelle stillehavsøsters (nederst, højre) Foto: Pernille Nielsen.

I områderne omkring Esbjerg, Langli og Fanø, hvor bankerne kan karakteriseres som blåmuslingebanke vil det være en fordel at kunne sortere fangsten ombord således, at bifangst af blåmuslinger kan genudlægges eller alternativt at blåmuslinger og stillehavsøsters kan landes hver for sig. I områderne omkring Rømø vil fangsten i højere grad indeholde ukurante forekomster af stillehavsøsters som fx store individer, deforme skaller og sammenklumpede forekomster, som ikke umiddelbart kan afsættes til humant konsum. De få gennemførte forsøg på udnyttelse af

ukurante stillehavsøsters har ikke været succesfulde, da eksisterende metoder anvendt for fx blåmuslinger ikke umiddelbart har kunne anvendes på de ukurante forekomster af stillehavsøsters. Igangsætning af et fiskeri i områder, hvor der er forekomster af mange ukurante stillehavsøsters vil derfor være udfordret af, at de vil være et affaldsproblem fremfor en indtægt, indtil der er udviklet metoder til håndtering af de ukurante stillehavsøsters, så de kan afsættes.

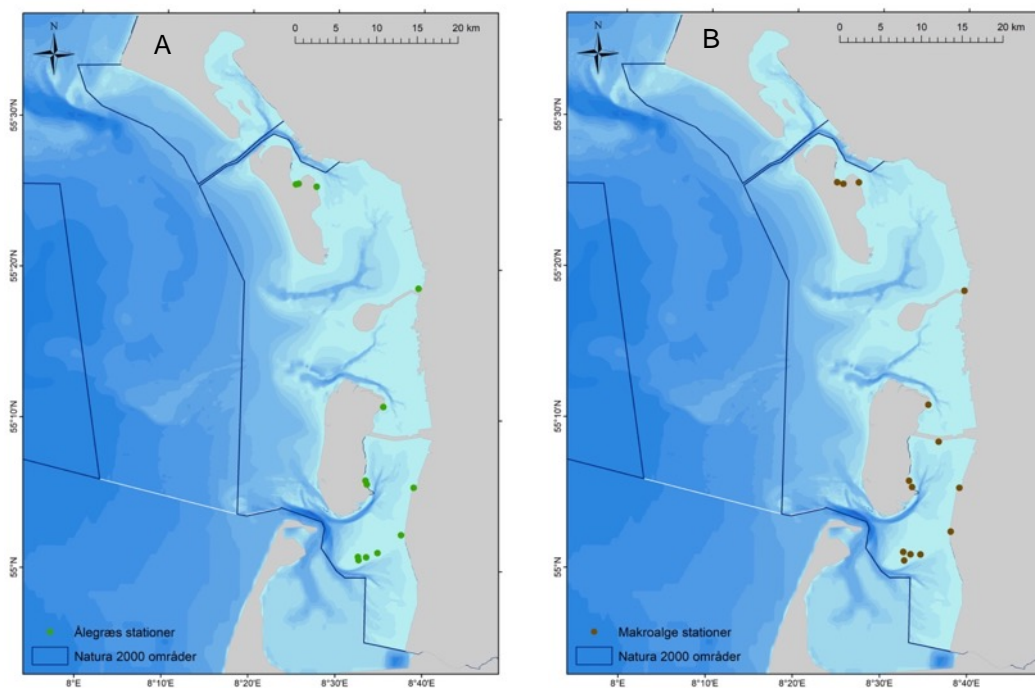
3. Natur og miljøhensyn i relation til muslingefiskeri

I forbindelse med fiskeri af muslinger og stillehavsøsters i Natura 2000 områder er der en række beskyttelseshensyn, som skal tilgodeses. Dette omfatter fx udpegede arter og fugle for Natura 2000 området, men også de udpegede økosystemkomponenter jf. muslingepolitikken. I de efterfølgende afsnit vil der være en generel gennemgang og screening af, hvilke arter fiskeriet potentielt kan have en indvirkning på, eventuel screening af tilgængelige data samt erfaringer ved forvaltning af muslingefiskeri i andre Natura 2000 områder. Afsnittene vil således ikke indeholde egentlige konklusioner omkring specifikke forhold vedrørende fiskeri i Vadehavet, men en generel gennemgang og screening af, hvilke forhold der skal tages højde for i relation til udarbejdelse af en forvaltningsplan for fiskeri af muslinger og stillehavsøsters i områder indenfor øerne i Vadehavet.

3.1 Eksisterende miljødata

I forbindelse med den nationale overvågning (NOVANA-programmet) er der i en årrække tilbage til 1980'erne indsamlet en række miljødata i Natura 2000 området i Vadehavet. I dette projekt er der indhentet data fra Miljøstyrelsen for forekomsten af makroalger, ålegræs og bundfauna i perioden 2005-2015. Ålegræs, makroalger og bundfauna udgør sammen med blåmuslinger økosystemkomponenterne i muslingepolitikken (Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, 2013), som er en del af forvaltningen af fiskeri af muslinger og østers i Natura 2000 områder.

I Vadehavet forekommer der både almindelig ålegræs (*Zostera marina*) og dværg ålegræs (*Zostera noltii*). I perioden 2005-2015 er der foretaget monitoring af ålegræs på 18 forskellige transekter, hvoraf 14 transekter er monitoreret regelmæssigt (3-8 gange) og seneste monitoring er foretaget i 2014-2015. Placeringen af disse ålegræstransekter kan ses i figur 8A. Ålegræstransekterne findes typisk i områder, hvor der er for lavvandet til, at der kan forekomme fiskeri af muslinger og stillehavsøsters.



Figur 8. Fordeling af transekter for monitoring af ålegræs (A) og makroalger (B) i miljøovervågningsprogrammet NOVANA i Natura 2000 området i Vadehavet.

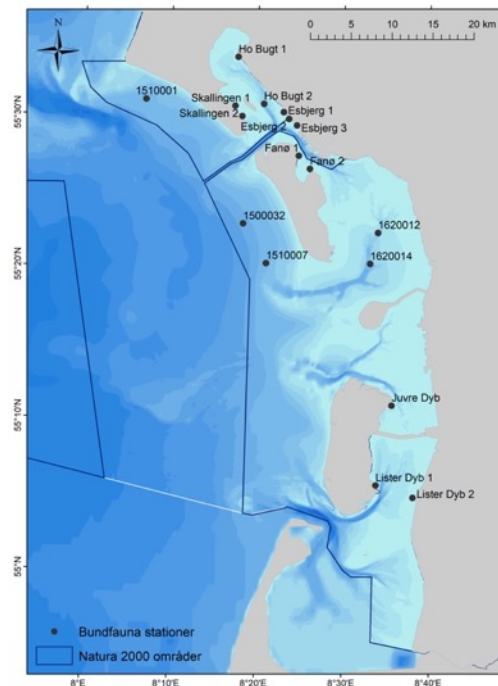
I perioden 2005-2015 er der monitoreret makroalger på 22 transekter, hvoraf 14 transekter er monitoreret regelmæssigt (3-8 gange) og sidste monitoring i 2014-2015. Placeringen af de 14 makroalge-transekter er vist i figur 8B. Ligesom for ålegræs er transekterne generelt placeret i områder, hvor det er for lavvandet til, at der kan forekomme fiskeri af muslinger og stillehavsøsters. Imidlertid er der ofte en betydelige forekomst af makroalger (hovedsageligt klørtang) på de litorale banker af blåmuslinger og stillehavsøsters (Figur 9), hvorfor fiskeri af banker med store forekomster af makroalger vil have en direkte effekt på de associerede makroalger.



Figur 9. Billede af blåmuslingebanke ved Langli, hvor store dele af banken er dækket af klørtang (venstre). Nogle steder er forekomsten af klørtang så tæt, at man ikke kan se blåmuslingerne nedenunder (højre). Foto: Pernille Nielsen

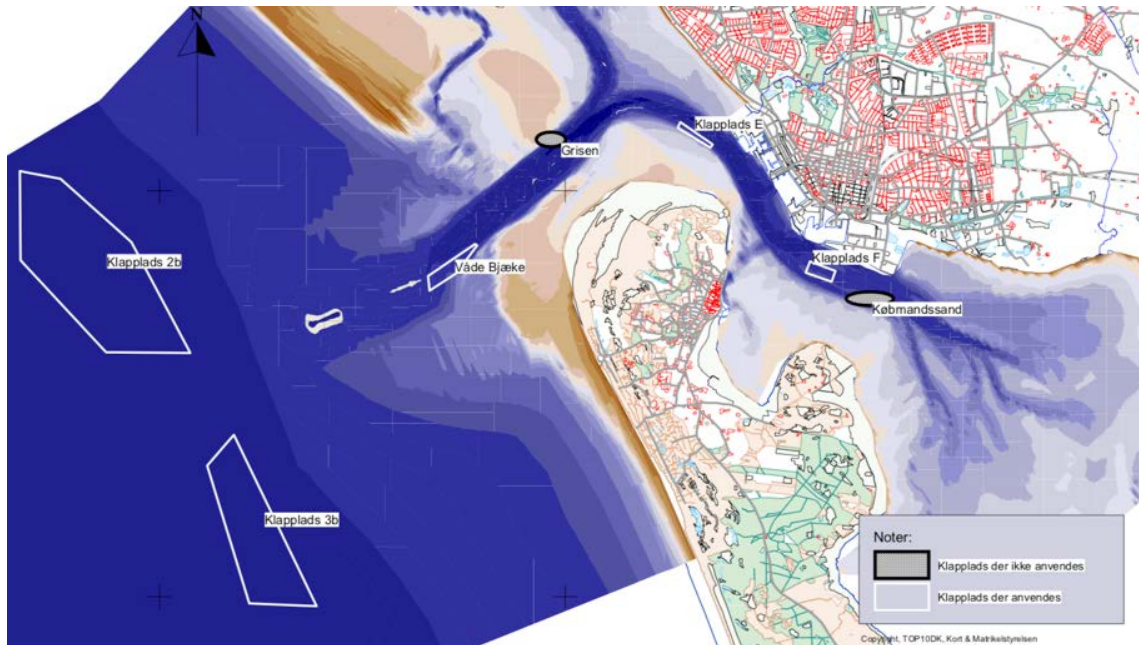
Der er udlagt en række stationer til monitoring af bundfauna i Vadehavet, som i perioden 2005-2015 er blevet monitoreret med varierende frekvens. Bundfaunastationerne er udlagt som et

stationsnet i et givent område, hvorfor stationerne angivet i figur 10 dækker over en række stationer, som er blevet puljet under et fælles stationsnavn. I perioden 2005-2015 er der ikke blevet identificeret forekomster af rødlistede bundfaunaarter i Vadehavet.



Figur 10. Fordeling af stationer for monitoring af bundfauna i miljøovervågningsprogrammet NOVANA i Natura 2000 området i Vadehavet. Stationer angivet med stednavne dækker over et stationsnet dækkende et større område. Punkterne dækker over 63 stationer i alt.

Udover miljødata for ålegræs, makroalger og bundfauna, er der også blevet indhentet data for klapning i området i perioden 2013-2016. I Vadehavet er der syv klapplader, hvoraf følgende har været i anvendelse: 2b og 3b, som begge ligger lige udenfor Natura 2000 området, mens E og F ligger indenfor øerne (Figur 11).



Figur 11. Placeringen af klappladser i og udenfor Natura 2000 området i Vadehavet. Hvide kasser er klappladser, der anvendes, mens de gråskraverede områder ikke anvendes. Klapplad 2b og 3b ligger lige udenfor Natura 2000 området, mens resten af klappladserne ligger indenfor (TOP100DK. Kort og Matrikelstyrelsen).

Der er klappet materiale fra de forskellige havne i området, hvoraf Esbjerg havn er den største bidragsyder (>98%). Samlet for hele perioden 2013-2016 er der samlet for klapplad E og F klappet 1.480.034 m³ og 2.673.583 m³ for klapplad 2b og 3b.

Klaphing i Vadehavet foregår både inden- og udenfor øerne og ofte i områder, hvor der er forekomster af muslinger og østers i umiddelbar nærhed. Hvorvidt klaphingen har en betydning for udviklingen af de enkelte bestande af muslinger og østers i Vadehavet er ikke undersøgt i denne rapport.

3.2 Udpegede habitater og arter

Natura 2000 området N89 omfatter en lang række fuglebeskyttelsesområder (F49, F51, F52, F53, F55, F57, F60, F65 og F67) og habitatområder (H78, H86, H90 og H239), men det er kun fuglebeskyttelsesområde F57 og habitatområde H78, der omfatter selve Vadehavet. De resterende fuglebeskyttelses- og habitatområder inkluderer terrestriske områder, og inddrages derfor ikke yderligere i denne rapport.

3.3 Muslingespisende fugle

For fuglebeskyttelsesområde F57 indgår 35 arter i udpegningsgrundlaget (Miljø- og Fødevareministeriet 2016), heraf anses to arter (edderfugl og sortand) for at være muslingespisende dykænder. Ifølge de seneste reviderede måltal for gunstig bevaringsstatus er måltallet for edderfugl 23.348 og for sortand 200.000 for F57 (Petersen et al. 2016).

Inden igangsætning af et evt. fiskeri af blåmuslinger skal der afsættes tilstrækkeligt med føde til de muslingespisende fuglearter på udpegningsgrundlaget. Ifølge tidligere beregninger af fødebehovet for edderfugle, strandkade og sølvmåge i Vadehavet er det estimeret, at der skal

være 36.915 t til rådighed for disse tre fuglearter (Lauersen & Clausen 2008). Med opdateringen af måltallene for dykænder samt opgørelse af antal fugledage forventes det, at mængden af muslinger afsat til dykænder vil være væsentlig ændret i forhold til tidligere beregninger, især fordi der ikke tidligere har indgået et fødebehov til sortand. Sortand befinder sig langt overvejende udenfor rejelinjen, altså vest for øerne, men kommer ind i dybene imellem øerne en gang imellem, specielt i fældningsperioden i juli/august (pers. kom. IK, Petersen, Institut for Bioscience, Århus Universitet). Det er således nødvendigt, at Miljøministeriet foretager nye beregninger af fødebehovet for de muslingespisende dykænder samt strandskade på udpegningsgrundlaget. I de tidligere beregninger har den totale mængde af muslinger afsat til fugle kun inkluderet blåmuslinger. Imidlertid udgør hjertemuslinger også en væsentlig andel af føden hos edderfugl og strandskade (Bregnballe & Laursen 2016). Nye beregninger for fødebehovet af muslinger allokert til muslingespisende fugle i Vadehavet kan derfor med fordel inkludere både blåmuslinger og hjertemuslinger for strandskade og edderfugle samt fødebehovet for sortænder i den periode, hvor de befinder sig indenfor øerne. Derudover kan det overvejes, om det er muligt at inddele Vadehavet i delområder - fx muslingeproduktionsområderne - hvis fuglene er meget stedspecifikke og dermed overvejende har et prædationstryk på muslingebestandene i bestemte områder.

3.4 Andre beskyttede arter

I udpegningsgrundlaget for H78 forekommer der 10 arter: 4 pattedyrarter og 6 fiskearter, hvoraf bæklampret kun lever i ferskvand. Af de fem marine fiskearter; havlampret, flodlampret, stavsild, laks og snæbel er laks og snæbel de eneste to arter, som ikke tidligere er blevet konsekvensvurderet i forbindelse med muslinge- og østersfiskeri i andre Natura 2000 områder. Vurderingerne for fiskearterne har hidtil været, at muslinge- eller østersfiskeri ikke har kompromitteret udpegningsgrundlaget. Det samme er gældende for de fire pattedyr; gråsæl, spættet sæl, marsvin og odder. Det er derfor DTU Aquas formodning, at et evt. fiskeri af muslinger og stillehavsøsters i Vadehavet vil kunne gennemføres uden at kompromittere de beskyttede marine arter på udpegningsgrundlaget for H78, om end dette skal endelig verificeres ved udarbejdelse af en konsekvensvurdering baseret på et specifikt ansøgt fiskeri i Vadehavet.

3.5 Beskyttede habitater

Følgende marine habitater er en del af udpegningsgrundlaget for H78: sandbanke (1110), vade-flade (1140), bugt (1160), rev (1170), flodmunding (1130), lagune (1150) og vadegræssamfund (1320). Heraf er det kun de tre første, der potentielt vil blive påvirket af fiskeri af muslinger og stillehavsøsters, da flodmunding, lagune og vadegræssamfund alle befinder sig i områder, der ikke vil være omfattet af fiskeri, mens rev er beskyttet via en nultolerance, hvorfor udpegede rev vil være beskyttet af en bufferzone. Hvor stor påvirkning et fiskeri af muslinger og stillehavsøsters vil have på habitattyperne sandbanker, vade-flader og bugt afhænger af, hvordan fiskeriet gennemføres. Imidlertid er der i muslingepolitikken fastsat en maksimal acceptabel grænse på 15% kumuleret arealpåvirkning af et Natura 2000 område.

3.6 Miljøeffekter ved fiskeri af muslinger og østers

Fiskeri af muslinger og østers kan foregå ved anvendelse af forskellige redskaber alt efter målart. Helt overordnet kan muslinger kategoriseres som enten infaunale arter, fx hjertemuslinger, trugmuslinger (*Spisula* spp.) og knivmuslinger (*Ensis* spp.), som lever nedgravet i sedimentet, eller som epifaunale arter, fx blåmuslinger og stillehavsøsters, der lever ovenpå sedimentet. Fiskeri af infaunale arter foregår ofte ved enten mekanisk eller hydraulisk fiskeri, hvor redskaberne på forskellig vis "graver" (>30 cm) i bunden og derved fanger de nedgravede muslinger, hvorimod epifaunale muslingearter fiskes via mekanisk fiskeri med en skraber, som skraber i

sedimentoverfladen (<5 cm). Imidlertid er det ikke kun målartern, men også givne lokale forhold, der afgør hvilken fiskerimetode, der vil blive anvendt. For eksempel fiskes hjertemuslinger i Vadehavet og Limfjorden med forskellige redskaber. I Vadehavet fiskes hjertemuslingerne med suger, mens de fiskes med skraber i Limfjorden. Dette skyldes, at hjertemuslingerne i Vadehavet ligger nedgravet, mens nogle forekomster af hjertemuslinger i Limfjorden kravler op på eller lige i overfladen, hvorved de bliver tilgængelige for fiskeri med skraber. I nedenstående afsnit gennemgås kort de forskellige fiskerimetoder/redskaber og deres dokumenterede overordnede miljøeffekter ved fiskeri af blåmuslinger, hjertemuslinger, stillehavsøsters og knivmuslinger i Vadehavet. Fiskeriernes potentielle miljøeffekt er vurderet i forhold til deres betydning for de fire økosystemkomponenter i muslingepolitikken: Blåmusling, bundfauna, makroalger og ålegræs.

Mekanisk fiskeri med skabere, hvor muslingerne fanges ved at skrabe henover bunden udgør næsten al dansk muslingefiskeri. Fiskeri af blåmuslinger foregår således med skrabere af forskellig størrelse og vægt alt efter område, og hvor hvert fiskefartøj fisker med 2-4 skrabere. Effekter af muslingefiskeri med skraber omfatter fjernelse af fast substrat i form af muslinger, skaller og sten (Frandsen et al. 2015), hvilket har betydning for den associerede fauna og flora. I Limfjorden er det vist, at muslingefiskeri medfører en længerevarende (>4 måneder) reduktion i forekomsten af fx svampe, pighuder, koraldyr, bløddyr, krebsdyr og søpunge (Dolmer et al. 2001). Imidlertid vil effekterne af et fiskeri være habitatspecifikke, og effekterne vil fx være mindre udtalte i mere udsatte og sandede omgivelser (Kaiser et al. 2006). Udover den direkte påvirkning af muslingeskraberen, vil fiskeriet også medføre øget resuspension af fx partikler fra bunden, som kan have betydning for lysforholdene eller lægge sig på bladene, og dermed ændre vækstbetingelserne for ålegræs og makroalger. Derudover kan gentaget fiskeri i det samme område over en årrække potentielt føre til ændringer af sedimentstrukturen, og dermed have betydning for bundfaunaen og ålegræsset (Robinson et al. 2005, Mercaldo-Allen & Goldberg 2011).

Hydraulisk fiskeri benytter stråler af enten vand eller luft til at trænge ind i og fluidisere sedimentet ned til dybder på 30 cm eller mere (Sewell et al. 2007), mens nogle sugere desuden er forsynet med tænder for at øge penetrationen i havbunden. Knivmuslinger, trugmuslinger og hjertemuslinger er de mest almindelige arter, der fiskes med hydraulisk fiskeri. Fangsten sorteres via riste/tromler ombord på skibet, og skaller, sten og ikke-målartern genudlægges umiddelbart herefter. Fiskeriet foregår ofte i områder med sandet og/eller mudrede sedimenter, der spænder fra højenergiområder fx tidevandområder med mobile sedimenter til beskyttede områder med stabilt sediment. De potentielle miljøeffekter og gendannelsestider varierer derfor mellem områder og er afhængig af de lokale forhold. Fx vil stabiliteten af sedimentoverfladen, tidevandsforhold eller vindforhold gældende ved tidspunktet for fiskeri have betydning for, hvor lang tid sporene efter sugeren kan detekteres og varierer fra timer til år i de afrapporterede undersøgelser (e.g. Sewell et al. 2007). Undersøgelser af den umiddelbare effekt af hydraulisk fiskeri på infaunaen har vist op til 30% reduktion i antallet af arter og 50% reduktion i antallet af individer, mens genetableringen af arter varierer fra 14-56 dage (Sewell et al. 2007). Undersøgelserne viser således tydeligt, at de potentielle miljøeffekter ved hydraulisk fiskeri i et område vil være stedspecifikke. Imidlertid kan det antages, at der vil være en generel nedgang i biomasse af målart og ikke-målartern, som sandsynligvis vil være mere udtalt i områder med stabile miljøforhold og med varieret artsrigdom, end i områder med mobile sedimenter. I områder med mobile sedimenter vil de naturlige sedimentforstyrrelser sandsynligvis have større indvirkning på udviklingen i området end det hydrauliske fiskeri. En anden parameter, som vil have betydning for miljøeffekterne ved hydraulisk fiskeri, er hvilke arter, der er tilstede og deres gendannelsestid. Gendannelsestiden er således længere for områder karakteriseret ved flere langlivede og stabile arter end områder med mere mobil fauna. Ligeledes vil gydning og larvenedslag også have en betydning for

gendannelsestiden, hvorfor fiskeri i rekrutteringsperioden sandsynligvis vil kunne forlænge gendannelsestiden (Sewell et al. 2007).

Håndindsamling (hand raking) hvor hjertemuslinger indsamles med en rive foregår i fx Holland og England. Håndindsamling foregår typisk i mindre områder i tidevandsområder, hvorfor miljøeffekterne ved håndindsamling ofte er meget lokale sammenlignet med skibsbaserede fiskerier. Imidlertid kan de afledte miljøeffekter stadig være omfattende, hvilket fx er vist i et studie fra England, hvor effekten af "hand raking" er undersøgt både i forhold til ikke-målarter og undermåls hjertemuslinger i tidevandsområder samt betydningen af størrelsen af det befiskede område i forhold til sedimentforstyrrelse og efterfølgende re-kolonisering. Hand raking førte til en tredobling i beskadiget undermåls hjertemuslinger sammenlignet med kontrol områder (ikke fiskede). I både små og store befiskede områder var der ændringer i artssamfundet i forhold til kontrolområder 14 dage efter den første forstyrrelse, men ikke efter 56 dage i de små områder, men forblev uændret/forstyrret i de store områder. Studiet viser desuden, at effekterne af hand raking kan være signifikant inden for et år, men ikke derudover, om end samfund bestående af større langlivede arter sandsynligvis kan være påvirket udover et år (Kaiser et al. 2001).

Elektofiskeri har principielt været forbudt i hele EU siden 1998 undtagen i forbindelse med videnskabelig forskning. Imidlertid har specielt det hollandske fiskeri af tunger, rødspætter og hesterejer haft tilladelse til elektrofikseri, ligesom der er foregået ulovligt elektrofikseri af knivmuslinger i havet omkring Skotland siden 2004 (Murray et al. 2016). Dog er elektrofikseri siden februar 2018 blevet den eneste lovlige metode til kommerciel fangst af knivmuslinger i Skotland (<https://www.scotsman.com/news/environment/row-over-irresponsible-trial-of-electrofishing-for-clams-1-4712330>). Elektrofikseri foregår ved, at prober, som genererer et elektrisk felt, trækkes langsomt over havbunden fra et fiskefartøj. Det elektriske felt får knivmuslingerne til at komme op af sedimentet, hvorefter de enten indsamles af en dykker eller en let skrabepose. Infauna og epifauna, der befinder sig indenfor det elektriske felt, vil også blive påvirket af strømmen. Der er foretaget få undersøgelser af de afledte miljøeffekter af elektrofikseri af knivmuslinger (Woolmer et al. 2011, Murray et al. 2016), men de få undersøgelser viser fx, at det elektriske felt inducerer midlertidige adfærdsændringer som fx kontraktion af foden hos kniv- og trugmuslinger, samt at eremitkrebs er stillesiddende og at adfærdsændringerne varede maksimalt 8 minutter. Imidlertid kan ikke-målarter, der er bedøvet af det elektriske felt, være sårbare over for prædation i flere minutter, før de kommer sig, ligesom de knivmuslinger, der har haft en så kraftig udskydning af foden, at de ikke er i stand til at trække den ind igen, vil dø (Murray et al. 2016). Effekterne ved den fysiske indvirkning af fiskeredskaberne på havbunden er minimale, og dermed har elektrofikseri en mindre effekt på miljøet end de andre fiskemetoder. Murray et al. (2016) konkluderer derfor, at elektrofikseri er yderst selektiv, giver et produkt af høj kvalitet med få skader, ingen bifangst og der er næsten ingen indvirkning på det fysiske miljø. Netop den høje effektivitet har vækket bekymring for, at elektrofikseri vil medføre overfiskeri, da elektrofikskede områder let ryddes helt for knivmuslinger (Fox 2017).

	Økosystemkomponent				Måltart
	Blåmusling	Makroalger	Bundfauna	Ålegræs	
Mekanisk fiskeri: Skraber	- Fjernelse og beskadigelse - Fjernelse af substrat	- Fjernelse og beskadigelse - Fjernelse af substrat - Udskygning v. resuspension	- Fjernelse og beskadigelse - Ændring af sedimentstruktur	- Fjernelse og beskadigelse af planter/rods kud - Udskygning v. resuspension - Ændring af sedimentstruktur	- Blåmusling - Stillehavsøsters
Hydraulisk fiskeri: Suger	- Beskadigelse	- Fjernelse og beskadigelse - Udskygning v. resuspension	- Fjernelse og beskadigelse - Ændring af sedimentstruktur	- Fjernelse og beskadigelse af planter/rods kud - Udskygning v. resuspension - Ændring af sedimentstruktur	- Hjertermusling - Knivmusling
Håndindsamling via hand raking	- Beskadigelse	- Fjernelse og beskadigelse	- Fjernelse og beskadigelse - Ændring af sedimentstruktur	- Fjernelse og beskadigelse af planter/rods kud, v. fiskeri i ålegræsbede	- Hjertermusling
Elektrofiskeri og skrab	- Fjernelse af substrat	- Minimal beskadigelse - Fjernelse af substrat	- Fjernelse og beskadigelse	- Minimal beskadigelse	- Knivmusling
Elektrofiskeri og dykker			- Beskadigelse		- Knivmusling

Tabel 3. Generelle afledte miljøeffekter der kan forekomme ved fiskeri af forskellige muslingearter med forskellige redskaber.

Fiskeri af muslinger og stillehavsøsters har uanset fiskerimetode afledte miljøeffekter (jf. tabel 3) om end med varierende intensitet både i forhold til den enkelte økosystemkomponent, men også mellem fiskerimetoder. Imidlertid vil regulering af fiskeriet i høj grad kunne reducere miljøeffekterne, som det fx er tilfældet ved implementeringen af muslingepolitikken, hvor der er indført en tilladt kumulativ arealpåvirkning for hver af økosystemkomponenterne på maksimalt 15% i Natura 2000 områder. Tidsperioden for, hvor lang tid fiskeriets arealpåvirkning akkumuleres over, afhænger af gendannelsestiden for hver økosystemkomponent og varierer for hvert Natura 2000 område alt efter miljøforholdene. Derudover vil udlægning af beskyttelseszoner omkring ålegræsforekomster samt særligt følsomme habitater sikre, at disse arter ikke påvirkes af et fiskeri. Ligeledes vil fx regulering af, hvornår fiskeriet foregår, være med til at minimere forstyrrelse af fugle. Forvaltningen kan således gøre brug af en lang række reguleringsmuligheder for at reducere miljøeffekterne ved fiskeri af muslinger og stillehavsøsters i Vadehavet. Konkret i forhold til den foreløbige screening af data fra det nationale overvågningsprogram (NOVANA) for ålegræs, makroalger og bundfauna, forefindes ålegræsset i områder, hvor det er for lavvandet til fiskeri af muslinger og stillehavsøsters vil kunne foregå med skib. Ved eventuel tilladelse til håndindsamling af stillehavsøsters i områder med ålegræs, kan det indgå i reguleringen, at fjernelse af stillehavsøsters kan være en fordel, da stillehavsøsters potentielt kan have en negativ indvirkning på udbredelsen af ålegræs (Shreffler & Griffin 2000, Kelly & Volpe 2007, Wagner et al. 2012).

Ifølge NOVANA-data for makroalger ligger de undersøgte transekter også i lavvandede områder, som generelt ikke vil være tilgængelige for fiskeri. Imidlertid viser feltundersøgelserne af litorale muslinge- og stillehavsøstersbanker foretaget af DTU Aqua, at der ofte er en kraftig forekomst af makroalger associeret til bankerne (Figur 9). Et fiskeri af disse banker vil således medføre en betydelig påvirkning af makroalgerne.

Der er ikke observeret rødlistede bundfaunaarter i NOVANA-datasættet for Vadehavet i perioden 2005-2015. Fiskeri af muslinger- og stillehavsøsters vil påvirke de bundfauna arter som er associeret med bankerne, og det kan forventes, at fastsiddende arter samt infauna vil blive påvirket mest, mens mobile arter som fx hesterejer, fisk og krabber hovedsageligt vil være i stand til at undslippe skraberen, men kun delvist sugereren. Denne antagelse er baseret på kvalitative observationer af DTU Aqua i forbindelse med forskellige monitoringsogter.

4. Forvaltningsplan

Fiskeri i beskyttede områder, som fx Natura 2000 områder og dermed i Vadehavet, fordrer, at en række betingelser opfyldes. Essentielt skal det kunne godtgøres, at udpegningsgrundlaget ikke påvirkes negativt af fiskeriet og derudover skal fiskeriet kunne udføres indenfor de konventioner for området, som Danmark har tiltrådt fx som udmøntet i Vadehavsbekendtgørelsen. Dernæst er det ud fra såvel et forvaltningsmæssigt som et erhvervsmæssigt synspunkt hensigtsmæssigt, at fiskeriaktiviteten kan fastholdes over en længere periode, fordi der er betydelige investeringer forbundet med at etablere det faglige grundlag for vurderinger af de miljø- og naturmæssige konsekvenser af et fiskeri. Samlet set udgør de biologiske forhold primært i form af bestandene af relevante muslingearter, de miljømæssige konsekvenser af et evt. fiskeri, de forvaltningsmæssige begrænsninger vedrørende miljø- og naturbeskyttelse og de kommercielle potentialer grundelementerne i en forvaltningsplan. Dertil kommer en vurdering af indsatsbehovet for løbende at vedligeholde den nødvendige viden til en kontinuerlig forvaltning. Nedenfor er opsummeret den viden, som er tilvejebragt i dette projekt, og som kan indgå i en forvaltningsplan. Selve udformningen af en forvaltningsplan er de forvaltende myndigheders - pt Fiskeripolitisk Kontor under Udenrigsministeriet - ressort.

4.1 Bestande af muslingearter

Et fiskeri af muslinger i Vadehavet vil kunne omfatte arterne hjertemuslinger, hvor der er et eksisterende fiskeri med varierende frekvens, blåmuslinger, som tidligere har været fisket, stillehavssters, som er en invasiv art, hvis fortsatte spredning eventuelt kan begrænses af et fiskeri og endelig knivmusling, hvor der ikke har været gennemført fiskeri tidligere.

Undersøgelserne viste, at der indenfor øerne er en bestand på 2.000 t hjertemuslinger, mens der udenfor øerne ikke er en bestand af relevant størrelse. Estimatet af størrelsen af hjertemuslingebestanden indenfor øerne er i overensstemmelse med hvad der tidligere er blevet monitoreret for sammenfaldende områder jf. figur 2, om end det seneste bestandsestimat dækker et større område end i de tidligere monitoringer, da det også inkluderer områder, hvor der for nærværende ikke kan gives tilladelse til fiskeri af hjertemuslinger. Der har gennem de seneste 5 år været praktiseret et fiskeri på 5-352 t hjertemuslinger årligt i Nordsøen, hvilket også omfatter områder udenfor Natura 2000 området. Det forventes, at det fortsat vil være muligt at tillade et fiskeri af hjertemuslinger indenfor øerne i henhold til muslingepolitikken, men størrelsen af et fiskeri vil afhænge af bestandsstørrelsen og hvorvidt hjertemuslinger skal indgå i beregningerne af fødebehovet for de muslingespisende fugle. Et kontinuert fiskeri af hjertemuslinger over en længere årrække kræver regelmæssig monitorering af bestanden, da hjertemuslinger er en relativt kortlivet art. Monitoreringen kan mest hensigtsmæssigt foregå som i denne undersøgelse, og der er ikke umiddelbart muligheder for at effektivisere metoden ved brug af ny teknologi.

Bestanden af blåmuslinger er estimeret til at være ca. 78.500 t. Der har ikke været fisket blåmuslinger i den danske del af Vadehavet siden 2007 og der har ikke tidligere været foretaget systematiske undersøgelser af bestanden af blåmuslinger i en så stor del af Vadehavet som i nærværende undersøgelse. Der er derfor ikke et relevant historisk sammenligningsgrundlag for en vurdering af et fiskeri af blåmuslinger. Dette kan således udelukkende vurderes i forhold til de miljømæssige konsekvenser af et fiskeri, herunder om der er en tilstrækkelig bestand til at understøtte de muslingespisende fugle i udpegningsgrundlaget. I forbindelse med tidligere fi-

skeri i Vadehavet har der været afsat cirka 37.000 t blåmuslinger til de muslingespisende fuglearter, hvilket har inkluderet edderfugl, strandskade og sølvmåge. I forhold til tidligere beregninger, er der en række faktorer, der har ændret sig:

- i) måltal for edderfugl er reduceret fra 41.500 til 23.348 individer;
- ii) sortænder indgår nu med 200.000 individer, om end de i langt overvejende grad befinder sig udenfor øerne;
- iii) der er indført fugledage for de to arter, og dermed arternes tidlige tilstedeværelse i området;
- iv) der er til DTU Aquas kendskab ikke opgjort nye måltal for strandskade, men generelt har bestanden i Europa været faldende (Bregnballe & Laursen 2016);
- v) sølvmåge er ikke en del af udpegningsgrundlaget;
- vi) fødebehovet har tidligere kun inkluderet blåmuslinger, om end strandskade og edderfugl fouragere på hjertemuslinger.

Der er således en række ukendte faktorer, der afgør mængden af muslinger, der skal afsættes til de muslingespisende fuglearter, og det har derfor ikke været muligt at estimere, hvor store mængder muslinger, der skal reserveres i henhold udpegningsgrundlaget for F57. Ligeledes er der i de tidligere vurderinger ikke taget højde for en eventuel stedspecifik tilknytning af fuglene til et bestemt område, men en generel antagelse for hele Vadehavet.

Monitering af bestanden af blåmuslinger i et så stort område, som omfattet af denne undersøgelse, kræver en betydelig indsats. Det giver for nærværende imidlertid mest mening at vurdere bestanden i hele den danske del af Vadehavet for dels at sikre, at der er føde til fuglene på tværs af opdelinger i fiskeriområder, dels at sikre, at bestanden ikke er så klumpet fordelt, at selv fiskeri i et meget afgrænset område vil kunne påvirke den samlede bestand indenfor øerne markant. Blåmuslinger skal monitoreres med korte mellemrum, fordi bestandenes udvikling over tid erfaringsmæssigt er meget dynamisk i danske kystnære område. Monitering på niveau af hele Vadehavet er en betydelig opgave, der kræver ressourcer både pga. af dets størrelse, men også fordi specielt kortlægningen af de litorale banker er meget ressourcekrævende. Der er i denne undersøgelse undersøgt nye metoder, herunder brug af droner, som potentielt optimerer kortlægningen både i forhold til ressourceforbrug og usikkerheder. De nye metoder vil kunne øge præcisionen i bestandsestimaterne og reducere tidsforbruget, men kræver stadig udvikling, for at kunne blive fuldt implementeret.

Stillehavsøsters er en invasiv art, og der skal som sådan ikke tages hensyn til bestandens størrelse ved fiskeri. Principielt skal der igangsættes foranstaltninger til begrænsning af invasive arter i beskyttede områder som Natura 2000. Moniteringen i denne undersøgelse estimerer en bestand på ca. 72.000 t, hvilket er mindst en faktor 10 højere end de seneste undersøgelser foretaget i 2005-2007, hvor bestanden kun blev undersøgt i delområder og estimeret til 1.100-6.300 t. Der er derfor ikke tale om direkte sammenlignelige tal, men et forsigtigt skøn er, at den samlede bestand i Vadehavet som minimum nok var mindst dobbelt så stor i perioden 2005-2007. Bestanden af stillehavsøsters er koncentreret omkring Rømø, men der er også fundet ikke ubetydelige forekomster i Ho Bugt og omkring Fanø. Bestandene i de nordlige områder er endnu ikke sammenvoksede i egentlige sammenhængende rev og stillehavsøsters ligger her enkeltvis mellem blåmuslinger. Omkring Rømø er billedet det modsatte. Her sidder enkelte, ofte små, blåmuslinger på mere eller mindre sammenvoksede stillehavsøsters. Stillehavsøsters kan monitoreres med samme metoder som blåmuslinger og fortrinsvis samtidig med, men der er ikke tilsvarende biologiske eller forvaltningsmæssige behov for at monitorere bestanden af stillehavsøsters med samme hyppighed som for blåmuslinger, fordi den ikke er omfattet af beskyttelsesmæssige hensyn.

Knivmuslinger er ikke monitoreret i denne undersøgelse. Det er ikke sandsynligt, at der kan etableres et fiskeri af knivmuslinger indenfor øerne i Vadehavet, og sikkert heller ikke i områder udenfor, da elektrofiskeri ikke er tilladt i EU. Derudover er det ifølge Vadehavsbekendtgørelsen kun tilladt at fiske hjertemuslinger i de tre mindre områder i området ved Grådyb (Langli Sand, Hamborg Dyb og Fanø Sandende) indenfor Natura 2000 området i Vadehavet.

4.2 Natur og miljø

Der er i dette projekt indsamlet informationer om økosystemkomponenterne ålegræs, makroalger og bundfauna som sammen med blåmuslinger er hjørnestene i muslingepolitikken. Sammen med informationer om beskyttede arter som fugle og havpattedyr er der hermed et grundlag for at udarbejde konsekvensanalyser af et evt. fiskeri. Især beskyttede, muslingespisende fugle har betydning for udøvelse af et fiskeri. Det har ikke været muligt at estimere den mængde af muslinger, som skal afsættes til fugle, da en række faktorer har ændret sig siden seneste beregning (jf. afsnittet om muslingespisende fugle). Det er således et behov for at få foretaget nye beregninger af, hvor stort fødebehovet er for de muslingespisende fugle på udpegningsgrundlaget og med opdaterede måltal for de enkelte arter. Derudover vil det være en mulighed at inkludere hjertemuslinger i fødebehovet, da strandskade og edderfugl potentielt fouragerer på denne art.

De fleste fiskearter og alle pattedyrarterne på udpegningsgrundlaget har indgået i andre konsekvensvurderinger for muslinge- eller østersfiskeri i Natura 2000 områder, hvor vurderingerne har vist, at fiskeriet ikke har en betydende effekt på arternes bevaringsstatus, men der har i nogle tilfælde været behov for særlige beskyttelsestiltag for at sikre dette som fx afstand til sælkolonier. DTU Aqua forventer ikke, at et fiskeri af muslinger og stillehavsøsters vil have betydende effekt på de udpegede arter for H78 om end den endelige analyse vil være baseret på et konkret ansøgt fiskeri, og vil inkludere eventuelle specifikke anbefalinger for de enkelte arter.

Med en fuld konsekvensanalyse vil det kunne afgøres, hvor der kan foregå fiskeri uden at kompromittere udpegningsgrundlagene for F57 og H78 samt økosystemkomponenterne som defineret i muslingepolitikken. For stillehavsøsters vil det primære spørgsmål være om et fiskeri kan foregå uden at skade andre økosystemkomponenter. Tætte banker af stillehavsøsters kan forme sammenhængende rev, som kan være substrat for både makroalger, blåmuslinger og anden bundfauna, men som vil udelukke ålegræs. I det omfang, der ikke tidligere har været hårdbundshabitater i de områder, hvor stillehavsøstersrevene har etableret sig, kan revene betegnes som "kunstige" i den forstand, at der ikke tidligere har været tilgængeligt substrat for fx fastsiddende makroalger. For blåmuslinger gælder, at stillehavsøsters konkurrerer med blåmuslinger om plads og føde, hvorfor stillehavsøsters potentielt har en effekt på forekomsten af blåmuslinger. Hvorvidt effekten er positiv eller negativ er ikke entydig. Hvis stillehavsøsters overtager områder, hvor blåmuslinger ellers ville have etableret sig, vil en fjernelse af stillehavsøsters ved fiskeri potentielt være gavnligt for blåmuslingerne. Hvis stillehavsøstersrev derimod øger forekomsten af blåmuslinger i et område, hvor blåmuslingerne ikke ville have etableret sig uden revene, vil effekten af et fiskeri af stillehavsøsters have en negativ effekt på forekomsten af blåmuslinger. Det vil således være en konkret vurdering, om fiskeri af stillehavsøsters vil påvirke blåmuslingerne negativt eller positivt alt efter de lokale forhold i det ansøgte fiskeri.

I denne rapport er der foretaget en analyse af de forskellige fiskerimetoder. Af de analyserede metoder vil suge-metoden umiddelbart have flest skadelige effekter på bunden efterfulgt af skraberen. Effekten af elektrofiskeri af knivmuslinger er ikke konkret undersøgt, da dette fiskeris juridiske status er tvivlsom. Umiddelbart vurderet er det mindre skadeligt for bunden end andre

typer muslingefiskeri, ligesom der er en lav grad af bifangst. Imidlertid har det en række andre effekter på de primære målarter, herunder en øget risiko for overfiskeri pga. høj effektivitet. En konkret vurdering må afvente om fiskeriet bliver godkendt i EU.

5. Referencer

- Bregnballe T, Laursen K (2016) Ny bekendtgørelse for Vadehavet: Vurdering af ændringernes mulige negative påvirkninger på fuglene. Århus Universitet, 19 s.
- Dolmer P, Kristensen T, Christiansen M, Petersen M, Kristensen PS, Hoffmann E (2001) Short-term impact of blue mussel dredging (*Mytilus edulis* L.) on a benthic community. *Hydrobiologia* 465:115–127
- Fox CJ (2017) To Develop the Methodology to Undertake Stock Assessments on Razor Fish Using Combinations of Video Monitoring and Electrofishing Gear. *Scottish Marine and Freshwater Science*, 8(6):1-93
- Frandsen RP, Eigaard OR, Poulsen LK, Tørring D, Stage B, Lisbjerg D, Dolmer P (2015) Reducing the impact of blue mussel (*Mytilus edulis*) dredging on the ecosystem in shallow water soft bottom areas. *Aquat Conserv* 25: 162–173
- Kaiser MJ, Broad G, Hall SJ (2001) Disturbance of intertidal soft-sediment benthic communities by cockle hand raking. *Journal of Sea Research*, 45(2):119-130
- Kaiser MJ, Clarke KR, Hinz H, Austen MCV, Somerfield PJ, Karakassis I (2006) Global analysis of response and recovery of benthic biota to fishing. *Mar Ecol Prog Ser* 311:1–14
- Kelly J, Volpe J (2007) Native eelgrass (*Zostera marina* L.) survival and growth adjacent to non-native oysters (*Crassostrea gigas* Thunberg) in the Strait of Georgia, British Columbia. *Botanica Marina*. 50(3):143–150
- Kristensen PS (1998) Hjertemuslinger (*Cerastoderma edule*) på fiskebankerne omkring Grådyb i Vadehavet 1998. DFU-rapport 55-98
- Kristensen PS, Pihl NJ, Borgstrøm R (2005) Blåmuslingebestanden i det danske Vadehav efteråret 2004. DFU-rapport 141-05
- Kristensen PS, Pihl NJ (2006) Blåmuslinge- og stillehavsøstersbestanden i det danske Vadehav efteråret 2006. DFU-rapport 167-06
- Lauersen K, Clausen P (2008) Muslingeædende fugle og blåmuslinger i Vadehavet. DMU-notat
- Mercaldo-Allen R, Goldberg R (2011) Review of the ecological effects of dredging in cultivation and harvest of molluscan shellfish. NOAA technical memorandum NMFS-NE-220
- Miljø- og Fødevareministeriet (2016) Natura 2000-plan 2016-2021 Vadehavet - Vadehavet med Ribe Å, Tved Å og Varde Å, H86 Brede Å, H90 Vidå med tilløb, Rudbøl Sø og Magisterkogen og F57 Vadehavet Natura 2000-område nr. 89 Habitatområde H78, H86 og H90 Fuglebeskyttelsesområde F57. Miljø- og Fødevareministeriet, Naturstyrelsen. ISBN: 978-87-7091-784-1
- Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (2013) Målsætninger og forvaltningsprincipper for muslingeskrab og øvrig muslingeproduktion i Natura 2000 områder. <https://fiskeristyrelsen.dk/erhvervsfiskeri/muslinger-og-oesters/muslingepolitikken/>
- Munch-Petersen S, Kristensen PS (1987) Assessment of the stocks of mussels in the Danish Wadden Sea. ICES. Shellfish Committee. C.M. 1987/K: 13. pp 21
- Murray F, Copland P, Boulcott P, Robertson M, Bailey N (2016) Impacts of electrofishing for razor clams (*Ensis* spp.) on benthic fauna. *Fisheries Research* 174: 40-46
- Petersen IK, Clausen P, Nielsen RD, Laursen K (2016) Tilvejebringelse af måltal for dykænder i seks danske Fuglebeskyttelsesområder. Notat fra DCE Nationalt Center for Miljø og Energi. Aarhus Universitet, Institut for Bioscience
- Robinson JE, Newell RC, Seiderer LJ, Simpson NM (2005) Impacts of aggregate dredging on sediment composition and associated benthic fauna at an offshore dredge site in the southern North Sea. *Marine environmental research* 60: 51-68

Scheiffarth G, Frank D (2005) Shellfish Eating-Birds in the Wadden Sea – What can we learn from current monitoring programs? In: Blew, J. and Südbeck, P. (eds.), Wadden Sea Ecosystem No. 20: 185-200. Common Wadden Sea Secretariat, Trilateral Monitoring and Assessment Group, Joint Monitoring Group of Migratory Birds in the Wadden Sea. Wilhelmshaven, Germany

Sewell J, Harris R, Hinz H, Votier S, Hiscock S (2007) An Assessment of the Impact of Selected Fishing Activities on European Marine Sites and a Review of Mitigation Measures. Report to the Seafish Industry Authority (Seafish). Marine Biological Association of the UK, Plymouth and the University of Plymouth, members of the Plymouth Marine Sciences Partnership (PMSP). ISBN: 0 903941 69 4

Shreffler D, Griffin K (2000) Ecological interactions among eelgrass, oysters, and burrowing shrimp in Tillamook Bay, Oregon. Tillamook County Performance Partnership

Wagner E, Dumbauld B, Hacker S, Trimble A, Wisheart L, Ruesink J (2012) Density-dependent effects of an introduced oyster, *Crassostrea gigas*, on a native intertidal seagrass, *Zostera marina*. Mar Ecol-Prog Ser. 468:149–160

Woolmer A, Maxwell E, Lart W (2011) SIPF C0083 - Effects of electrofishing for *Ensis* spp. on benthic macrofauna, epifauna and fish species. Seafish Report SR652. pp. 49

6. Bilag 1

Afprøvning af drone-teknologi til bestandsmonitoring af muslinger

Som en del af projektet skulle DTU Space gennemføre en række forsøg for at vurdere i hvilken grad og i givet fald hvordan droner kan anvendes til en systematisk bestandsmonitoring af muslinger. Formålet var at undersøge om droner er en effektiv og stabil metode til kortlægning af blåmuslinge- og stillehavsøstersbestanden i Vadehavet med efterfølgende verificering vha. skrab- og rammeprøver. Antagelsen var, at ved anvendelsen af droner kan større områder omfattende både blottede tidevandsflader og eventuelt muslingebanker på lavere vanddybder kortlægges fra lav højde og på relativt kort tid.

I den oprindelige projektplan var det alene meningen af gennemføre drone-flyvninger over et mindre område for at kunne lave "proof-of-concept" for forskellige målemetoder. På foranledning af Fiskeripolitisk kontor, Udenrigsministeriet blev projektplanen imidlertid ændret til at gennemføre kortlægning med almindeligt farve-kamera (RGB) af et større område med henblik på et biomasse-estimat for østers og blåmuslinger i området. Kortlægningen af området, der var betydeligt større end hvad der var nødvendigt til "proof-of-concept", fik den konsekvens, at der ikke var tilstrækkelig tid til at gennemføre "proof-of-concept" for målinger med multi-/hyperspektralt kamera og laser (LiDAR: Light Detection And Ranging).

Anvendt udstyr

Følgende udstyr i form af drone-platform og sensor-pakker (nyttelaster) blev anvendt til projektet:

Drone-platforme:

- DJI s900 (seks rotor-drone)
- DJI Mavic (fire-rotor drone)

Nyttelaster:

- Fotogrammetri (farve-kamera, RGB)
- LiDAR (Light Detection And Ranging)
- Præcis positionering vha. GNSS (Global Navigation Satellite Systems: navigations-satellitter)

Gennemførte aktiviteter

Som udgangspunkt blev der gennemført indledende flyvninger over Vadehavet i lav højde og med fotogrammetrisk RGB-kamera som nyttelast mhp. det grundlæggende "proof-of-concept". De resulterende data blev brugt til test af billedanalysen og efterfølgende inspektion af stillehavsøsters og blåmuslinger m.m. i tæt samarbejde med DTU Aqua. Der blev ligeledes gennemført kortlægning fra jorden af frekvensspekret m.m. til senere brug som referenceværdier ("ground truth") til multi-/hyperspektrale billeder. Disse data blev dog ikke anvendt, da anvendelsen af multi-/hyperspektralt kamera som tidligere nævnt blev nedprioriteret.

Næste skridt var kortlægning af et mindre område fra høj højde ligeledes med fotogrammetrisk RGB-kamera som nyttelast. Selve flyvningen viste sig dog ikke at kunne anvendes til adskillelse af blåmuslinger og stillehavsøsters, men data til andre formål blev dog indsamlet, herunder detektering af sandorme. Den efterfølgende databehandling resulterede i en database af sandorme, der efterfølgende blev brugt til "proof-of-concept" på automatisk detektering og optælling af sandorme i alle billederne.

Som en del af aktiviteterne blev der gennemført en løbende optimering af både udstyr og procedurer. Således blev det bl.a. indført at anvende et polarisationsfilter (cirkulær polarisering) til minimering af refleksioner af sollys i vandoverfladen. Derudover blev opmålingsproceduren optimeret ved at indføre flyvninger med en mindre drone (DJI Mavic) med henblik på markering af området inden flyvning til dataindsamling. Denne metode blev introduceret, fordi det viste sig at være vanskeligt at sætte koordinater på det område, der skulle opmåles, for en operatør stående på stranden. Med DJI Mavic blev området overfløjet med video live-feed hvilket muliggjorde markering af koordinaterne.

Der blev gennemført en egentlig kortlægning af et større område med henblik på et biomasseestimat for stillehavsøsters og blåmuslinger. Opmålingen blev gennemført med fotogrammetrisk RGB-kamera som nyttelast.

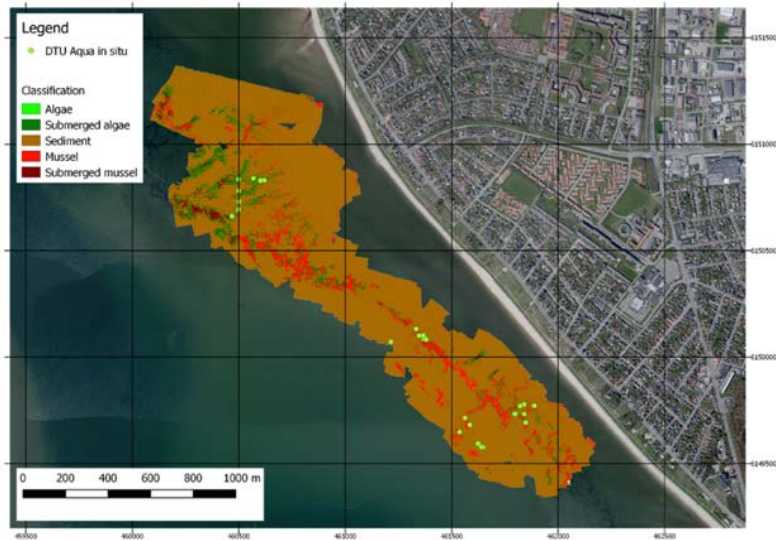
Endelig blev der gennemført en flyvning med LiDAR-nyttelasten over en sandbanke med henblik på "proof-of-concept". På grund af blæst og problemer med positionerings-nyttelasten var data dog meget støjfyldte, men resultatet var dog en punktsky, der viser sandbanken. På grund af prioriteringen af kortlægning af et større område med RGB-kamera blev der imidlertid ikke gennemført yderligere flyvninger med LiDAR-nyttelasten.

Resultater

Illustrationen herunder viser resultatet af kortlægningen af et 1,23 km² stort område med henblik på estimering af biomasse for muslinger i området. For at fremstille dette datasæt blev der gennemført 20 flyvninger, hvor der blev optaget i alt 4500 billeder med RGB-kameraet. Flyvehøjden var 90 m. De grønne markeringer viser hvor DTU Aqua har indsamlet prøver in-situ.



Illustrationen herunder viser analysen af de indsamlede data, hvor de røde markeringer er muslinger, bordeaux vanddækkede muslinger, mens lysegrøn og mørkegrøn er hhv. alger og vanddækkede alger, som dækker over blåmuslinger og stillehavsøsters. I analyserne til biomasseestimering indgår således de fire nævnte områder, og det er således kun de brune områder (sediment) som ikke indgår. Ud fra analysen er estimeres biomassen for blåmuslinger i området til 3.867 t og 500 t stillehavsøsters. Dette estimat er baseret på DTU Aquas in-situ målinger af massekoncentrationen for muslinger (kg/m²) og antagelsen om, at alle områder klassificeret som muslinger har denne koncentration.



Sammenfatning og perspektiver for fremtidig anvendelse af drone-teknologi

Samlet set har forsøgene med droner vist, at denne teknologi kan bidrage til en mere effektiv systematisk bestandsmonitoring af muslinger. Data fra droneflyvninger kan geolokaliseres med stor præcision, hvorved det sikres, at det er de præcis samme områder, som kortlægges ved gentagende årlige monitoringskampagner.

Forsøgene har dog også vist, at anvendelse af drone-teknologi har en række udfordringer, der skal adresseres for at anvendelsen er effektiv og rentabel. Således bør kortlægning af større områder fortrinsvis gennemføres med fastvingede droner i stedet for rotor-baserede systemer, da fastvingede droner har en længere rækkevidde.

"Proof-of-concept" for anvendelse af multi-/hyperspektralt kamera og LiDAR som oprindelig planlagt, blev ikke gennemført. Et naturligt næste skridt for anvendelsen af drone-teknologi til systematisk bestandsmonitoring af muslinger vil derfor være, at gennemføre tests med disse sensortyper samt at anvende en fastvinget drone til optimering af kortlægningsproceduren for større områder.

DTU Aqua
Institut for Akvatiske Ressourcer
Danmarks Tekniske Universitet

Kemitorvet
2800 Kgs. Lyngby
Denmark
Tlf: 35 88 33 00
aqua@aqua.dtu.dk

www.aqua.dtu.dk