

Effekter af blåmuslingefiskeri på bundfauna



DTU Aqua-rapport nr. 305-2015
Af Grete E. Dinesen, Paula Canal-Vergés,
Pernille Nielsen, Kristian Filrup,
Kerstin Geitner og Jens Kjerulf Petersen

Effekter af blåmuslingefiskeri på bundfauna

DTU Aqua-rapport nr. 305-2015

Af Grete E. Dinesen, Paula Canal-Vergés, Pernille Nielsen, Kristian Filrup, Kerstin Geitner og Jens Kjerulf Petersen

Den Europæiske Fiskerifond:
Danmark og Europa investerer i bæredygtigt fiskeri og akvakultur

Ministeriet for Fødevarer,
Landbrug og Fiskeri



Den
Europæiske
Fiskerifond

Kolofon

| | |
|----------------------|---|
| Titel | Effekter af blåmuslingefiskeri på bundfauna |
| Forfattere | Grete E. Dinesen, Paula Canal-Vergés, Pernille Nielsen, Kristian Filrup, Kerstin Geitner og Jens Kjerulf Petersen |
| DTU Aqua-rapport nr. | 305-2015 |
| År: | December 2015 |
| Reference: | Dinesen G. E., Canal-Vergés P., Nielsen P., Filrup K., Geitner K. og Petersen J. K. DTU Aqua-rapport nr. 305-2015. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. 31 pp. |
| Udgivet af: | DTU Aqua, Jægersborg Allé 1, 2920 Charlottenlund, aqua@aqua.dtu.dk , www.aqua.dtu.dk/ |
| Download: | www.aqua.dtu.dk/publikationer |
| ISSN: | 1395-8216 |
| ISBN: | 978-87-7481-223-4 |

Forord

Denne undersøgelse er gennemført med støtte fra Fornyelsesfonden for så vidt angår indsamling af data i 2013 samt de indledende dataanalyser og med støtte fra den Europæiske Fiskeri Fond hvad angår prøver fra 2014 og færdiggørelse af dataanalyserne og udført af Dansk Skaldyrcenter, DTU Aqua, der i 2013 opererede som en erhvervsdrivende fond og i 2014 var en sektion under DTU Aqua.

Uden det store arbejde udført af teknikerne Finn Bak, Pascal Barreau, Adrianna Irujo, Lars Kyed Andersen og Helge Boesen havde det ikke været muligt at gennemføre denne undersøgelse.

Forfatterne

Nykøbing Mors, April 2015

Indhold

| | |
|--------------------------------|----|
| Resumé | 7 |
| Summary..... | 9 |
| 1. Indledning | 11 |
| 2. Materialer og metoder | 13 |
| 3. Resultater | 17 |
| 4. Diskussion..... | 27 |
| Referencer | 31 |

Resumé

I Limfjorden er det demersale fiskeri domineret af fiskeri med bundskrabende redskaber efter almindelig blåmusling (*Mytilus edulis*) og europæisk østers (*Ostrea edulis*). Agerø-området blev lukket for fiskeri i 1989, mens der i de tre tilstødende bredninger, Kås, Thisted og Visby, fortsat drives fiskeri efter blåmuslinger.

For at belyse mulige effekter af muslingefiskeri i Limfjorden, har vi undersøgt udviklingen af bundfaunaens biodiversitet, artssammensætning og individtæthed, samt biotisk koefficient i henholdsvis det lukkede og de tre befiskede områder ved hjælp af et datasæt, der strækker sig over de seneste 25 år. Desuden har vi undersøgt bestandsudviklingen af fiskeriets målart, almindelig blåmusling, efter fiskerilukningen i Agerø-området.

Analyserne af infaunaen (dvs. dyr der lever i havbunden) i de fire undersøgte områder viste tendens til et fald i artsantal og biodiversitet (Shannon Wiener Indeks, H') over de seneste 10 år i de fire undersøgte områder, mens der ikke var forskel imellem det fiskerilukkede område ved Agerø og de tre befiskede områder, Kås, Thisted og Visby bredninger. Ligeledes gav artsammensætningen og den biotiske koefficient (BC) ikke umiddelbart nogen indikation af, at opportunistiske arter er mere dominerende i de befiskede områder. I stedet er værdien af den biotiske koefficient faldet i alle områder i perioden fra 2005 til 2011.

Den manglende forskel i artssammensætning og biotisk koefficient imellem Agerø og de tre andre områder, hvor der jævnligt skrubes efter muslinger, er en indikation af, at muslingefiskeriet ikke er den væsentligste parameter, som bestemmer andelen af opportunistiske arter, og at fiskeriet ikke er den væsentligste eller eneste presfaktor, som påvirker bundfaunaen i Limfjorden. Andre presfaktorer som eutrofiering, iltsvind og stigende havtemperatur kan have bidraget væsentligt til de observerede forskelle.

Analyser af epifaunaen (dvs. dyr der lever på havbundens overflade) viste, at der var forskel på artssammensætningen i Agerø sammenlignet med i Visby Bredning. Dværgkonk, *Nassarius reticulatus*, dominerede i Agerø, mens både dværgkonk og blåmusling dominerede i Visby Bredning. De to arter bidrog samtidig mest til forskellen imellem de to områder, dels ved at dværgkonken var hyppigst ved Agerø, dels ved at blåmuslingen var fraværende i ringprøverne indsamlet ved Agerø. Sidstnævnte understøttes af bestandsovervågningen af blåmuslinger, der viser, at blåmuslingen er forsvundet fra området ved Agerø.

Konklusionerne for epifauna er ligesom for infauna, at der i den undersøgte periode ikke er observeret en positiv udvikling ved Agerø, som kan tilskrives lukning af fiskeri, hvilket indikerer, at tilstanden for både epi- og infauna i Limfjorden i væsentlig grad er styret af andre forhold. Eutrofiering, perioder med iltfattige forhold, klimatiske ændringer (f.eks. øget havtemperatur) samt øget prædation af blåmuslinger (f.eks. fra krabber, søstjerner og fugle) udgør andre miljøvariable som potentielt har været betydningsfulde for den udvikling i bundfaunaen, som er dokumenteret i denne undersøgelse.

Summary

The Limfjord, Denmark, is a transitional sea connecting the euhaline North Sea in the west with the mesohaline Kattegat to the east. It comprises a series of shallow (<12 m) coastal sub-basins, i.e. broads, some of which receive riverine input and emissions from surrounding agricultural uplands. Since the 1980s, the demersal fishery in the Limfjord has been dominated by bottom dredging for wild stocks of blue mussels (*Mytilus edulis*) and European oysters (*Ostrea edulis*). Since 1989, bottom fisheries have been banned in the sub-basin near the Agerø, but remained open in the three adjacent broads: Kås, Thisted and Visby.

Effects of the mussel fishery in the Limfjord were investigated based on analyses of benthic faunal diversity (Shannon Wiener Index, H'), species composition and abundance and the Biotic Coefficient (BC) in the closed and the fished areas using data series spanning the past 25 years. In addition, population development of the target species, *M. edulis*, was assessed in the Agerø after the fishery's closure.

Infaunal analyses showed a general decline in species numbers and diversity (H') in the four investigated areas, and there was no clear difference between the closed and open areas. The biotic coefficient (BC) similarly declined in all four areas between 2005 and 2011, and neither the BC measure nor the results of the species composition analysis supported the hypothesis that opportunistic species were more dominant in fished than in closed areas.

The lack of differences in infaunal species composition and the biotic coefficients between the Agerø and the three fished areas indicates that bottom dredging for mussels is not the most important driver controlling benthic faunal diversity and abundance in the Limfjord. Eutrophication, i.e. high nutrient loadings, oxygen depletions, i.e. frequent hypoxia events and climate change, i.e. increasing seawater temperatures as well as an increase in blue mussel predation by crabs, starfish and birds act as potentially important drivers of the benthic faunal responses identified in this survey.

The epifaunal analyses of the Agerø (closed) and the Visby Broad (open) as well as the blue mussel population survey in the Agerø both indicate that *M. edulis* has disappeared from the fishery-closed area, but dominates the epifauna in the areas open to mussel dredging together with the scavenging netted dog whelk (*Nassarius reticulatus*). The latter species was, however, more abundant in the Agerø area. These results contradict management expectations that closure of mussel dredging activities alone would result in an increase in *M. edulis* populations and improve benthic faunal diversity and abundance.

1. Indledning

Fiskeri med bundsløbende redskaber har i mange år været anset for at være en trussel mod havbundens dyreliv og artsdiversitet de steder, hvor fiskeriet foregår jævnligt (Thrush & Dayton 2002). Effekten på infauna og epifauna af fiskeri med bundsløbende redskaber er dokumenteret i en række studier (f.eks. Lambert et al. 2011, Gislason et al. 2014). Fiskeriet i Limfjorden er domineret af fiskeri efter blåmuslingen, *Mytilus edulis* L. 1758, og den europæiske østers, *Ostrea edulis* L. 1758, hvor der anvendes skrabende redskaber. Landingerne har i enkelte år oversteget 100.000 ton, men har i de senere år ligget lavere, på mellem 30.000-40.000 ton.

Studier af mulige påvirkning af fiskeri i Limfjorden (i den sydlige del af Løgstør Bredning) har vist en effekt på bundlevende dyr (infauna og epifauna) i forbindelse med fiskeri efter 3-4 år gamle muslinger (Dolmer et al. 2001, Dolmer 2002). Umiddelbart efter fiskeriet blev der fundet signifikant færre arter på muslingebankerne end uden for bankerne, men 40 dage senere var denne forskel ikke længere målbar (Dolmer et al. 2001). Lige efter fiskeriet med et skrabende redskab steg artsdiversiteten uden for muslingebankerne på det sandede substrat. Efter syv dage var forskellen udlignet (Dolmer et al. 2001). Undersøgelserne viser samlet, at fiskeriet reducerer forekomsten af infauna (børsteorme og muslinger), samt en række epifauna-organismer (f.eks. søanemoner, søpindsvin, søpunge og havsvampe). Omvendt ses organismer som hesterejer og slangestjerner i højere tætheder i områder, hvor der er fisket muslinger, sandsynligvis pga. en øget forekomst af føde eller forbedrede bundforhold for disse arter (Dolmer et al. 2001).

Studier af langtidseffekter af fiskeri efter muslinger er heller ikke entydige. Dolmer (2002) viste således en effekt efter 4 år på epifauna vest for Mors, men ikke i Løgstør Bredning. I et andet studie, af Hoffmann og Dolmer (2000), kunne der ligeledes ikke ses nogen langtidseffekt af muslingefiskeriet. I disse studier af langtidseffekterne har man sammenlignet artssammensætningen i et område, hvor der fiskes muslinger, med artssammensætningen i et tilstødende område, der er lukket for muslingefiskeri. En sammenligning af DKI (Dansk Kvalitets Indeks, et diversitetsindeks for bundfauna), viste et bedre indeks niveau for Nibe Bredning sammenlignet med Løgstør Bredning (Petersen et al 2008), hvilket indikerer forekomst af en mere artsrig faunasammensætning med flere følsomme arter i Nibe Bredning. Årsagerne til denne forskel var ikke entydige, idet der er forskel i fiskeriintensitet, iltsvindsforekomst og bund- og dybdeforhold i de to bredninger. Der er således stadig mangel på studier af langtidseffekter af muslingefiskeri.

I denne rapport er et 25-35-årigt datasæt fra Kås, Visby og Thisted Bredning blevet analyseret med det formål at undersøge effekter af skrab efter muslinger på bundfauna. Datasættet har givet mulighed for at sammenligne bundfauna fra et område, der i 1989 blev lukket for muslingefiskeri, Agerø-området (data indsamlet i perioden 1991-2013), med tre områder, hvor der jævnligt bliver skrabt efter muslinger, nemlig Kås Bredning, Thisted Bredning og Visby Bredning (data indsamlet i perioden 1978-2013). Derudover er data for forekomst af blåmuslinger inddraget i undersøgelsen for at belyse mulige effekter af skrabning på mållarten. Helt præcist ønskes disse to hypoteser be- eller afkræftet:

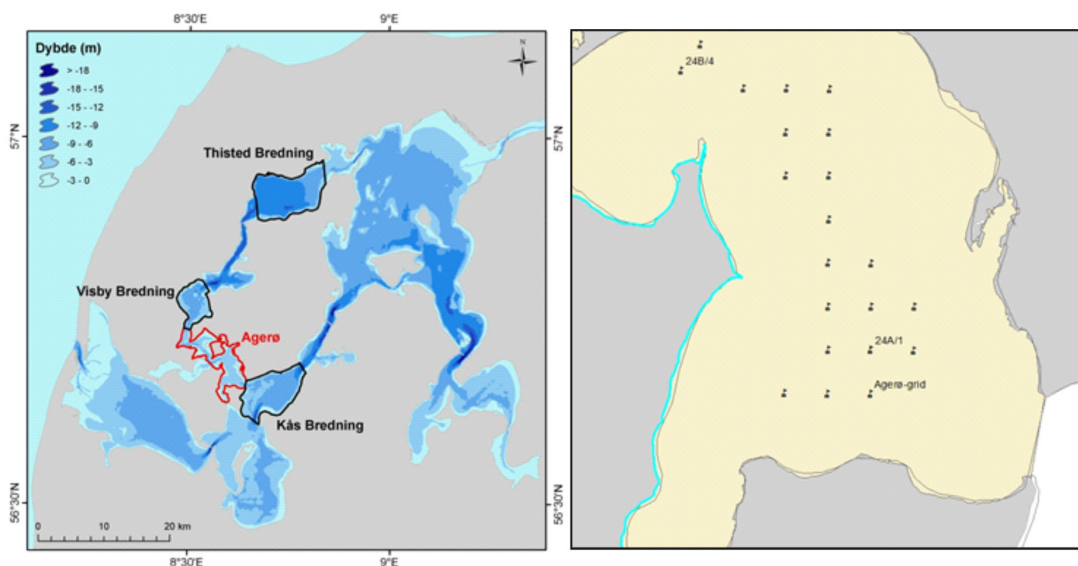
1. Fiskeri efter muslinger med skrabende redskaber har en negativ effekt på den øvrige bundfauna, og ved at fjerne denne presfaktor bør der over tid kunne observeres ændringer af bundfaunaen ved Agerø f.eks. i form af højere artsdiversitet med forekomsten af flere følsomme arter og individer.
2. Vedvarende skrab af *Mytilus edulis* vil påvirke bestanden negativt.

2. Materialer og metoder

For at undersøge effekten af muslingefiskeriet i Limfjorden er flere datasæt blevet analyseret.

2.1 Infauna

Samarbejdet mellem amterne omkring Limfjorden og efterfølgende de regionale miljøcentre har i en årrække monitoreret infaunaen i Limfjorden, herunder i de fire områder, Agerø samt Kås, Thisted og Visby bredninger (figur 2.1). For Agerø dækker dette datasæt perioden fra foråret 1991 til og med foråret 2005, undtagen fra foråret 2002 til foråret 2005 hvor der ikke er indsamlet data. I perioden fra 1992 til 1995 blev der indsamlet både forår og efterår, mens der efterfølgende kun blev indsamlet prøver om foråret. Mellem 1992-97 blev der hvert år taget 10 prøver på hver af fire forskellige stationer i det lukkede område ved Agerø. Efter 1997 blev prøverne taget i et stationsnet (grid) med i alt 20 stationer, hvor der kun er indsamlet en enkelt prøve fra hver (figur 2.1). Alle prøver ved Agerø er taget med en HAPS-corer sampler med et areal på 0,0143 m².



Figur 2.1. Til venstre er vist de fire undersøgte lokaliteter i Limfjorden: Agerø, Kås Bredning, Thisted Bredning og Visby Bredning. Til højre er vist den sydlige del af Agerø med prøvestationer før og efter 1997. De to markeringer mærket 24A/1 og 24B/4 er amtets stationer fra før 1997.

I Kås, Thisted og Visby bredninger er der blevet indsamlet prøver siden 1978. Fra foråret 1978 til foråret 1983 blev prøverne taget med en Van Veen grab (0,1 m²). I efteråret 1983 skiftedes grabben ud med en HAPS-corer sampler (0,0143 m²), og efterfølgende blev der indsamlet 20 prøver årligt. Fra foråret 1984 frem til 1995 blev der taget 10 HAPS-prøver på den samme station både forår og efterår, dog med undtagelse af 1985, hvor der ikke blev indsamlet prøver. I 1996 og 1997 blev der kun indsamlet prøver om foråret. Fra 1998-2002 samt i 2005 blev der ligesom ved Agerø indsamlet prøver i et grid, hvor der på hver af de 20 enkelt-stationer blev taget én HAPS-prøve. Det oparbejdede data materiale indeholder oplysninger om arter, antal individer, og desuden er vådvægt af de enkelte arter bestemt for de fleste år (undtaget 1996 og 1997). Dansk Skaldyrcenter (DSC, DTU Aqua) har endvidere i efteråret 2011 og foråret 2013

indsamlet HAPS-prøver ved Agerø og i Kås, Thisted og Visby bredninger, dels 10 prøver på én punkt-station i hver bredning, og dels 20 enkelt-prøver i et stations-grid. Samtlige prøver blev sigtet i felten (maskestørrelse: 1 mm) og overført til 80% ethanol. I laboratoriet er alle individer identificeret til laveste taksonomiske niveau (til artsniveau hvor muligt) og talt (dvs. vådvægten blev ikke målt).

Med data fra disse fire områder er det muligt at sammenligne udviklingen og mulige ændringer over tid i et område der har været lukket for muslingskrab siden 1989, Agerø, med tre områder hvor der jævnligt skræbes efter blåmuslinger, Kås, Visby og Thisted Bredninger. Derfor blev infauna en analyseret fra efteråret 1983 frem til foråret 2005 med henblik på, om muligt, at detektere en udvikling i faunasammensætning og mængde. For hver enkel HAPS-prøve udregnedes Shannon-Wiener diversitetsindeks givet ved:

$$H = \sum_{i=1}^s -(P_i \times \ln(P_i))$$

Hvor, P_i , er proportionen af en given art i forhold til alle individer i prøven, s , er antal arter og summen er taget over alle arter fra art nummer 1 til s . Desuden blev antallet af individer samt antallet af arter i hver HAPS-prøve registreret. For hver af de fire lokaliteter blev det testet om der var forskel i diversitetsindekset de to indsamlingsmetoder imellem (én station med 10 prøver modsat 20 grid stationer med en prøve). Samme forhold blev testet mellem forskellig årstid for prøveindsamlingen, forår og efterår, med Sigmastat 3.5.

En såkaldt biotisk koefficient blev udregnet, for hver af de 10 (evt. 20) HAPS-prøver der udgjorde en samlet indsamling på de respektive lokaliteter. Koefficienten blev udregnet på baggrund af AMBI-indekset, som er et indeks baseret på en kategorisering af bundfauna arterne ud fra hvor modstandsdygtig den er overfor mekanisk forstyrrelser og/eller eutrofiering (Borja et al. 2001). Arter kategoriseres med en værdi fra 1-5, hvor 1 karakteriserer arter der har relativt lange generationstider, producerer få afkom og trives i stabile miljøer uden pludselige ændringer, mens 5 karakteriserer arter der har korte generationstider, producerer et stort antal afkom og som kan overleve i omgivelser der ofte er udsat for forstyrrelse, f.eks. i form af iltsvind og/eller fiskeri med bundslæbende redskaber.

Det biotiske indeks er givet ved: $((0 \times 1) + (1,5 \times 2) + (3 \times 3) + (4,5 \times 4) + (6 \times 5)) / 100$, og beregningen kan antage værdier mellem 0-6, hvor 0 er højeste diversitet og 6 er laveste diversitet, mens 7 betegner et område fuldstændigt blottet for liv. Diagrammer der viser diversitetsindeks, antal arter, antal individer, biotiske koefficienter og vådvægt blev udført i Sigmaplot 12.5.

En tæthed, defineret som individer per $0,1 \text{ m}^2$, blev udregnet for hver enkel art eller laveste taksonomiske niveau i hver HAPS-prøve, og derefter anvendt i en similaritets-analyse. For at opnå relativ lige vægtning af betydningen af henholdsvis individantal og artsantal, blev abundansdata transformeret til fjerde-rod. Baseret på de transformerede data, blev der først udført Bray-Curtis similaritets-analyser (med en dummy værdi på 0,1 for arter der var fraværende i de enkelte prøver, for at reducere antallet af 0-værdier i datasættet). For hvert Bray-Curtis similaritetsindeks, blev der konstrueret multidimensionale (MDS) diagrammer blev konstrueret for at visualisere ændringer i tid og mellem lokaliteterne. Baseret på hvert enkelt Bray-Curtis similaritetsindeks blev der desuden foretaget en statistisk test (ANOSIM) for at evaluere graden og signifikansen af de mulige forskelle. For at afgøre hvilke arter der bidrager mest til forskellene i tid og mellem områderne, blev der desuden foretaget en SIMPER analyse vha. et indeks baseret på den Euclidean afstand mellem prøverne. Samtlige multivariate analyser og tilhørende diagrammer

er udarbejdet ved brug af software programmet PRIMER 6 (v.6.1.15 & Permanova+ v 1.05, PRIMER-E Ltd., U.K.).

2.2 Epifauna

Fra 1997 til 2002 har DTU Aqua flere steder ved Agerø og i Visby Bredning i september indsamlet ringprøver af faunen, der lever på havbunden (også kaldet epifaunaen). I 2000 og 2001 blev der desuden indsamlet prøver i maj. På baggrund af placeringen af amternes overvågningsstationer ved Agerø og i Visby Bredning, blev der udvalgt en række positioner, enten med samme placering eller nær ved disse. I 1997 blev der indsamlet data fra 10 ringprøver, hver med et areal af 0,24 m². Fra 1999 til 2002 blev der indsamlet 30 ringprøver under hver indsamling. Dansk Skaldyrcenter (DSC, DTU Aqua) har i efteråret 2011 indsamlet ringprøver fire steder ved Agerø og et sted i Visby Bredning. Epifauna arterne er blevet registreret som værende til stede eller fraværende. Det er derfor ikke muligt at undersøge mulige forskelle ud fra et Shannon-Wiener diversitetsindeks eller andre tilsvarende indeks baserede på antallet af individer. I stedet blev mulige forskelle undersøgt vha. multivariate analyser med de samme metoder som er anvendt for infaunaen (se metodebeskrivelse ovenfor). Eneste forskel er, at present-absence (P/A, svarende til 1/0) data svarer til en transformation hvor man alene belyser forskelle i antallet af arter (men ikke antallet af individer). Idet samtlige registrerede værdier udgør enten 1 (til stede) eller 0 (fraværende), er data ikke korrigeret med en dummy-værdi.

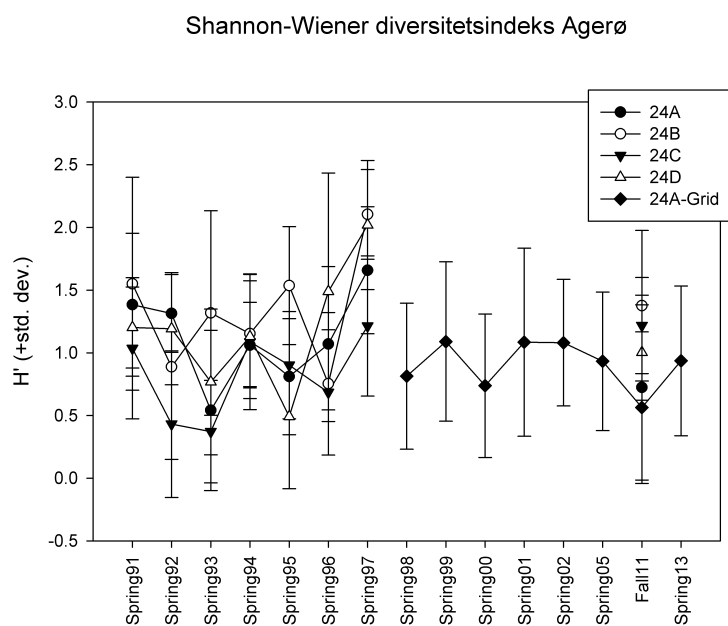
2.3 Bestand af blåmuslinger

DTU Aqua har siden 1993 udført årlige fiskeriundersøgelser-togter hvor der er foretaget prøveskrab af blåmuslinger på en række stationer fordelt over hele Limfjorden. For hvert prøveskrab er vægten af muslinger blevet registreret og data er blevet anvendt til at udregne en bestandstæthed i form af vægt i kg per m². Bestandstætheden for hvert prøveskrab anvendes til at modellere blåmuslingernes fordeling i Limfjorden. I ArcMap modelleres vha. interpolationen IDW (inverse distance weighting), med en cellestørrelse på 100x100 m og med bidrag (input) fra de 12 nærmeste prøveskrab. Modellens resultat (output) for hver enkelt celle udgør derfor en estimeret tæthedsværdi (kg/m²). I området omkring Agerø er der udelukkende foretaget bestemmelse af bestanden af blåmuslinger i 1989, 2008 og 2014.

3. Resultater

3.1 Infauna - diversitet

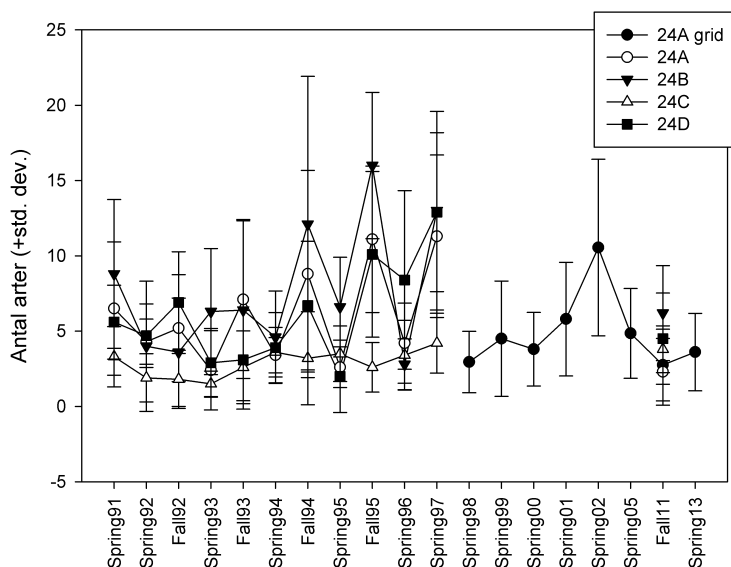
Som tidligere nævnt blev der i årene 1991-1997 indsamlet bundprøver fire forskellige steder ved Agerø (på stationerne 24A, 24B, 24C og 24D), hvorefter man overgik til at indsamle prøverne i et stations-grid der lå tæt ved stationen 24A. Dansk Skaldyrcenter (DSC, DTU Aqua) har i efteråret 2011 og foråret 2013 desuden indsamlet ved de fire stationer samt i stations-grid'et ved Agerø.



Figur 3.1. Gennemsnit af diversitetsindekset i 10 eller 20 HAPS-prøver per station på henholdsvis 4 stationer eller i et grid i området omkring Agerø i perioden 1991-2013.

Sammenlignes diversitetsindekset for de fire stationer ved Agerø er der ikke en tydelig udvikling over tid (figur 3.1). De fire stationer er forskellige, men der er ikke en markant tendens imod lavere eller højere diversitet over tid. Derimod er der en tendens imod højere diversitetsindeks i efteråret på alle stationer. For antallet af arter gælder det samme mønster (figur 3.2). Igen synes der at være en vis årstidsvariation, men nogen tydelig udvikling over tid synes der ikke at være.

Antal arter Agerø

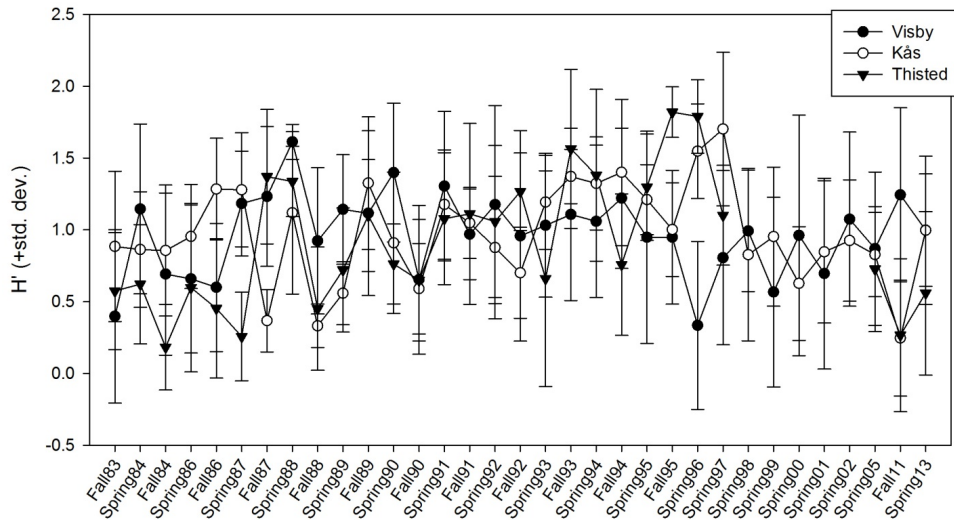


Figur 3.2. Gennemsnit af antallet af arter i 10 eller 20 HAPS-prøver per station, ved Agerø, i perioden 1991-2013.

I de følgende analyser, hvor infaunaen ved Agerø er sammenlignet med infaunaen i Kås, Thisted og Visby bredninger, er data fra stationen 24A samt grid'et blevet benyttet, fordi 24A ligger tæt ved stations-grid'et og de to stations-områder dermed udgør en sammenlignelig referencestation med data tilbage til 1991.

I Kås, Thisted og Visby bredninger, hvor der jævnligt skræbes efter muslinger, er prøvetagningerne foretaget med HAPS-corer siden efteråret 1983. Sammenligner man de tre områder i perioden 1983-2013, er der heller ikke her en tydelig udvikling i biodiversitet over tid (figur 3.3). Generelt er artsdiversiteten, udtrykt ved Shannon-Wiener diversitetsindekset, lav ($H' < 2.5$). Der har været betydelige udsving i artsdiversiteten, men over en 30-årig periode er der ikke umiddelbart sket en ændring af diversiteten i de tre bredninger, der skiftevis har haft de højeste og laveste diversitetsværdier.

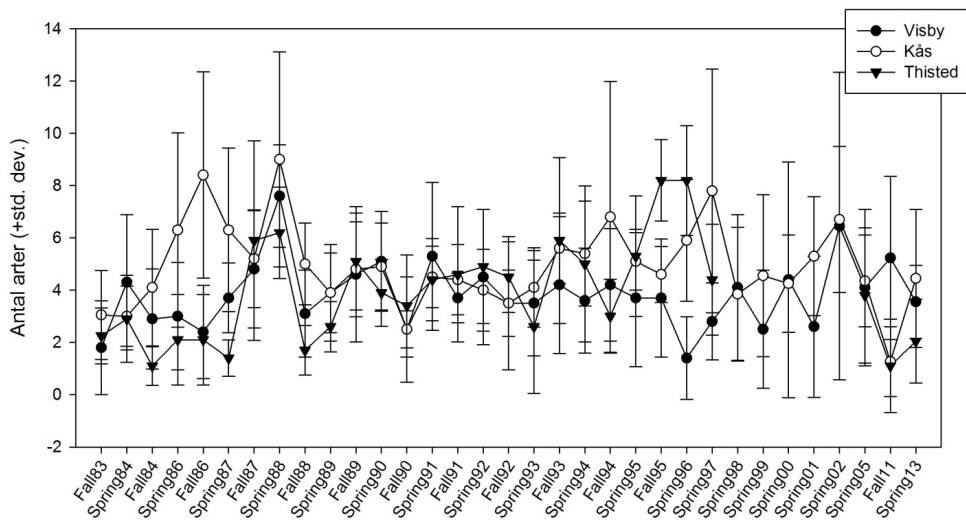
Shannon-Wiener diversitetsindeks



Figur 3.3. Gennemsnit af diversitetsindekset i 10 eller 20 HAPS-prøver per station i Kås, Thisted og Visby bredninger i perioden 1983-2013. Bemærk at der ikke er data fra Thisted Bredning i årene 1998-2002.

For antallet af arter er det overordnede mønster det samme (figur 3.4). Antallet af arter er nogenlunde konstant over en 30-årig periode i de tre bredninger, Visby, Kås og Thisted.

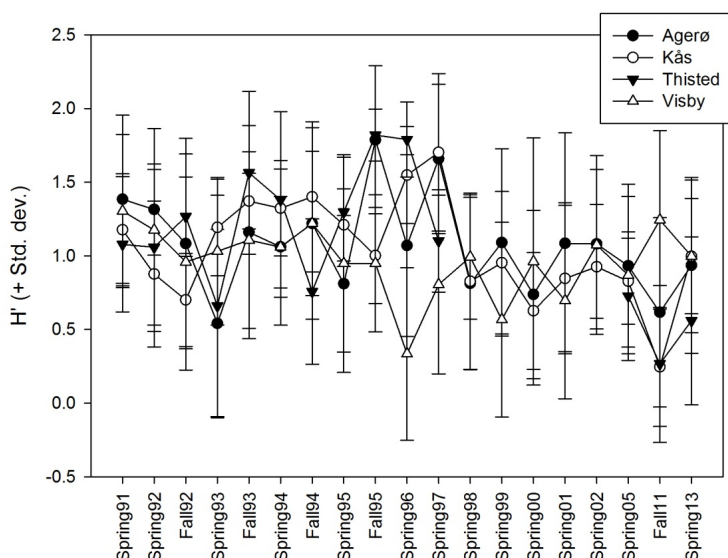
Antal arter



Figur 3.4. Gennemsnitligt antal arter i 10 eller 20 HAPS-prøver per station i Kås, Thisted og Visby bredninger i perioden 1983-2013. Bemærk at der ikke er data fra Thisted Bredning i årene 1998-2002.

I perioden 1991-2013 er der data fra både et fiskeri-lukket område (Agerø) og tre jævnlige skrabe områder (Kås, Thisted og Visby Bredning). Dermed er det muligt at sammenligne om skrabe efter muslinger har en effekt på infaunaen over en længere periode. Udviklingen i diversitet peger ikke umiddelbart på, at muslingeskrab skulle have indflydelse på diversiteten over en længere periode (figur 3.5).

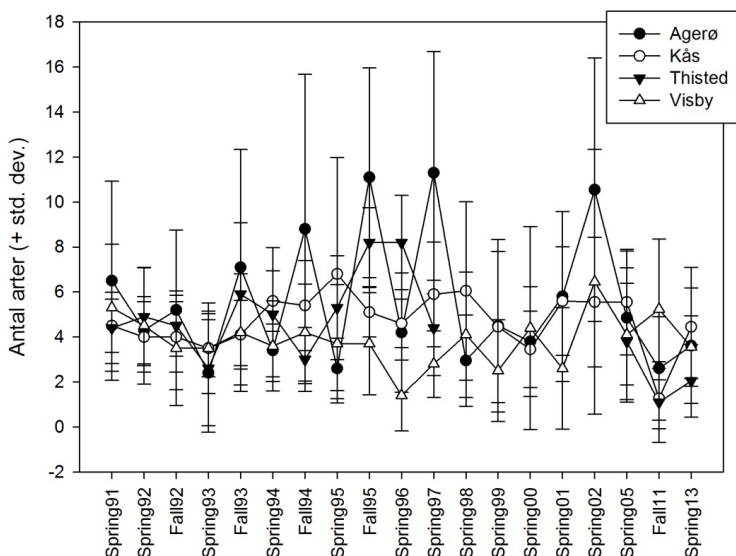
Shannon-Wiener diversitetsindeks alle stationer



Figur 3.5. Gennemsnit af diversitetsindekset i 10 HAPS-prøver per station, ved Agerø, i Kås, Thisted og Visby bredninger, i perioden 1991-2013. Bemærk at der ikke er data fra Thisted Bredning i årene 1998-2002.

Fra efteråret 1995 til foråret 1997 er der sket en stigning i diversitet, men udover denne korte periode er diversiteten konstant i alle fire områder. Ingen af de fire områder viser en forbedring eller en forværring af diversiteten over en tyveårig periode, og antallet af arter er også i store træk konstant over den samme periode (figur 3.6).

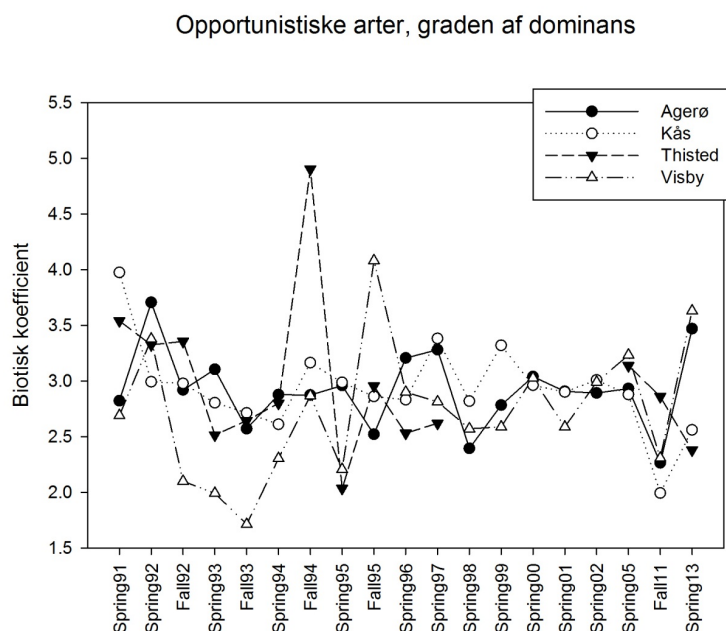
Antal arter



Figur 3.6. Gennemsnitligt antal arter i 10 HAPS-prøver per station ved Agerø, i Kås, Thisted og Visby bredninger i perioden 1983-2013. Bemærk at der ikke er data fra Thisted Bredning i årene 1998-2002.

Antallet af arter forbliver nogenlunde konstant henover en tyveårig periode, og ingen af de fire områder skiller sig væsentlig ud. Hverken det lukkede område omkring Agerø eller de skrabe

Kås, Thisted og Visby Bredning. For at få et overblik over, om forstyrrelser har formet økosystemerne forskellige steder i fjorden, er det nyttigt at se på det biotiske indeks, som giver et billede af om forholdsvis hyppige, opportunistiske arter trives, enten på grund af eutrofiering, skrabe-aktivitet eller af andre årsager. Figur 3.7 giver et indblik i hvor stor en del af de lokale faunasamfund der udgøres af opportunistiske arter.



Figur 3.7. Den biotiske koefficient for samtlige arter identificeret i 10 eller 20 HAPS-prøver per station per indsamling i perioden 1991-2013 i Agerø, Kås, Thisted og Visby bredninger.

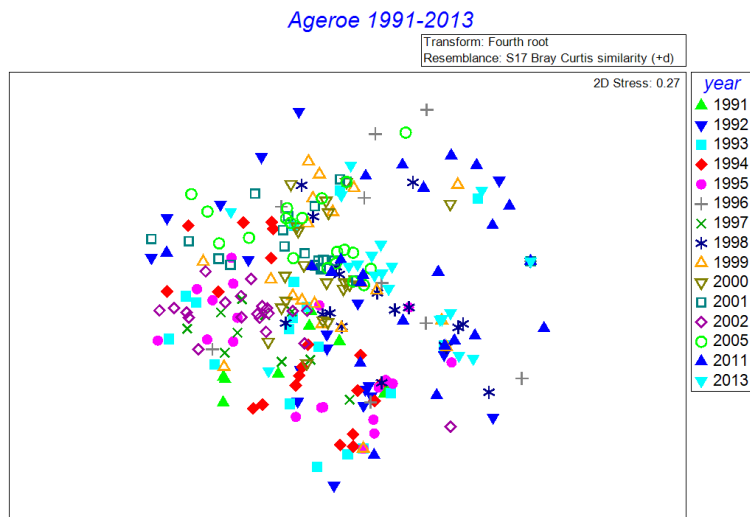
Der forekommer en del variation, blandt andet i Thisted og Visby bredninger, men overordnet set er der ingen tydelig udvikling i negativ eller positiv retning over en tyveårig periode. Dog er det bemærkelsesværdigt, at alle fire områder har en lavere biotisk koefficient i efteråret 2011 sammenlignet med foråret 2005, når tre ud af fire områder i samme periode oplevede et fald i diversitet og antallet af arter. I foråret 2013 er den biotiske koefficient betydelig højere ved Agerø og Visby i forhold til i Kås og Thisted bredninger.

3.2 Infauna - artsammensætning

Diversitetsindeks og antal arter i et område afslører ikke om sammensætningen af infaunaen ændrer sig over tid, hvorimod det biotiske indeks giver et indblik i andelen af opportunistiske arter. Ved at anvende multivariate statistiske analyser, er det muligt at undersøge forskelle i artssammensætningen forskellige steder i fjorden, samt undersøge om der sker ændringer over tid forskellige steder i fjorden.

Et to-dimensionalt MDS (multi dimensional scaling) diagram for Agerø området, baseret på Bray-Curtis similaritetsindeks af artssammensætning og abundans af infauna viser ikke en udvikling over tid (figur 3.8). Man skal dog være opmærksom på, at de mange punkter, der hver repræsenterer en HAPS-prøve, giver en relativ høj stress værdi (>0,2), hvilket gør en visuel tolkning usikker.

Tilhørende statistiske tests, i form af ANOSIM analyser, og ligeledes baseret på Bray-Curtis similaritetsindeks af artssammensætningen og abundans på de fire stationer ved Agerø området i årene 1991-1997+2011+2013 viste, at der var større forskel imellem stationerne end indenfor den enkelte stationer ($p < 0,0001$). Desuden viste det sig, at der var større forskel imellem årstiderne, forår og efterår, end imellem årene indenfor den samme årstid ($p < 0,0001$).

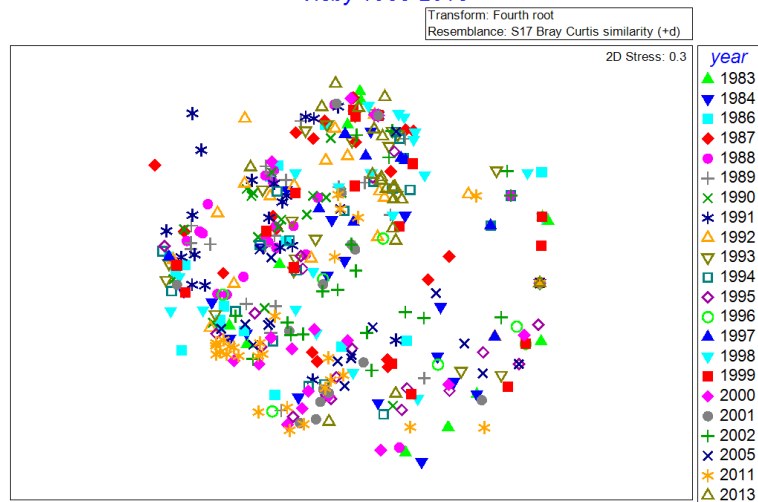


Figur 3.8. MDS diagram over artssammensætning og abundans af infauna fra Agerø over tid (1991-2005 samt 2011 og 2013).

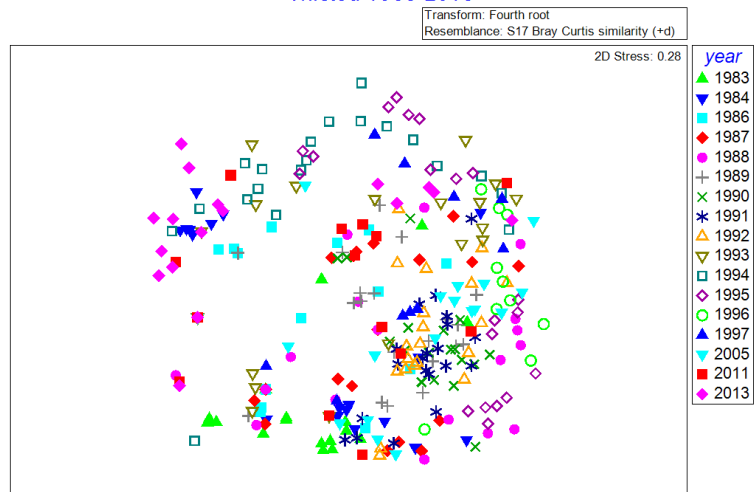
Ved Agerø, for perioden 1991-2013, viser ANOSIM analyser af data fra station 24A og stationsgrid'et, at der var større variation imellem årstider og prøvemethode (punkt versus gridindsamling) end indenfor hver af de to indsamlingsmetoder. Udviklingen over tid viser ikke en klar trend. Der er stor forskel i artssammensætningen og antallet af individer i begyndelsen af 1990'erne samt imellem de to sidste år 2011 og 2013 i forhold til i perioden før frem til 2005.

I Kås, Thisted og Visby bredninger, viste ANOSIM analyserne ens resultater for alle tre områder, med en større variation imellem årstider og prøvemethode end mellem år og områder ($p < 0,05$). For Kås Bredning viser MDS-diagrammet dog en mulig forandring i artssammensætningen fra perioden før 2005 i forhold til årene 2011 og 2013.

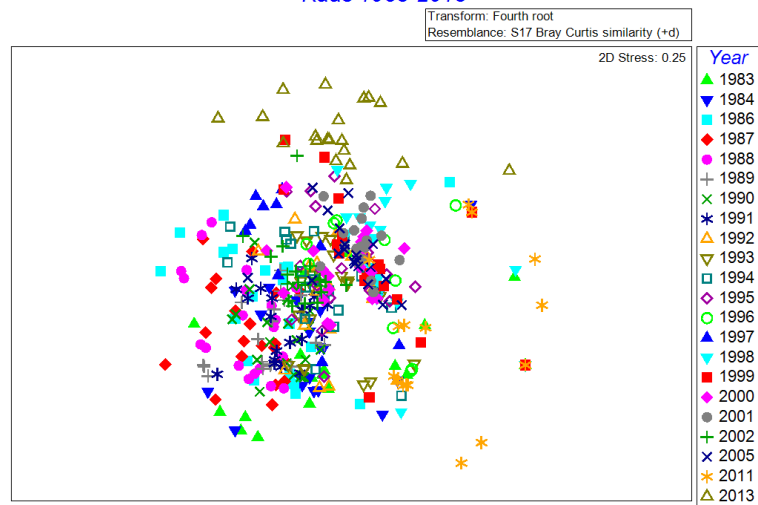
Visby 1983-2013

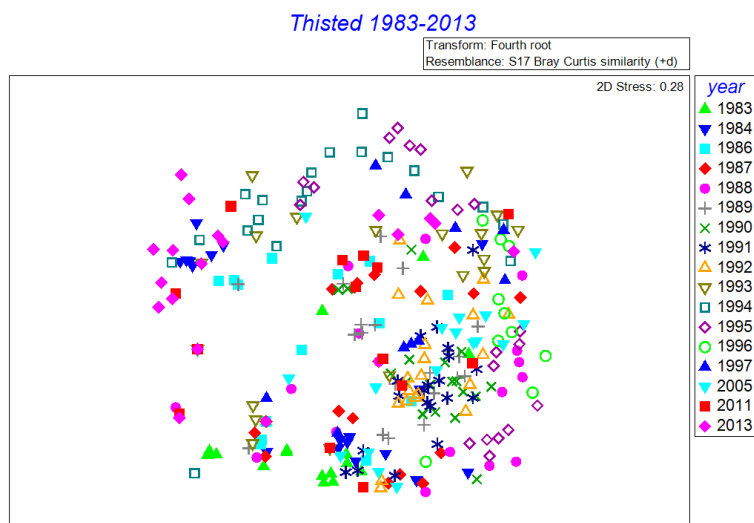
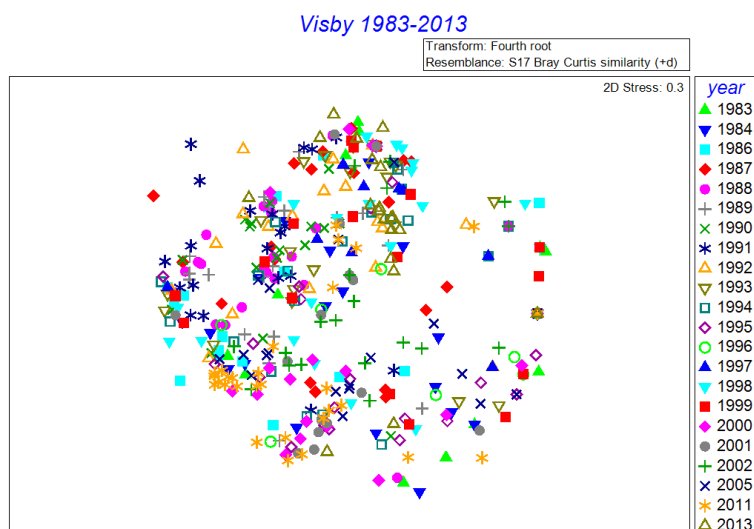


Thisted 1983-2013



Kaas 1983-2013





Figur 3.9. MDS diagrammer over artssammensætning og abundans af infauna fra Kås, Visby og Thisted over tid (1983-2005 samt i 2011 og 2013).

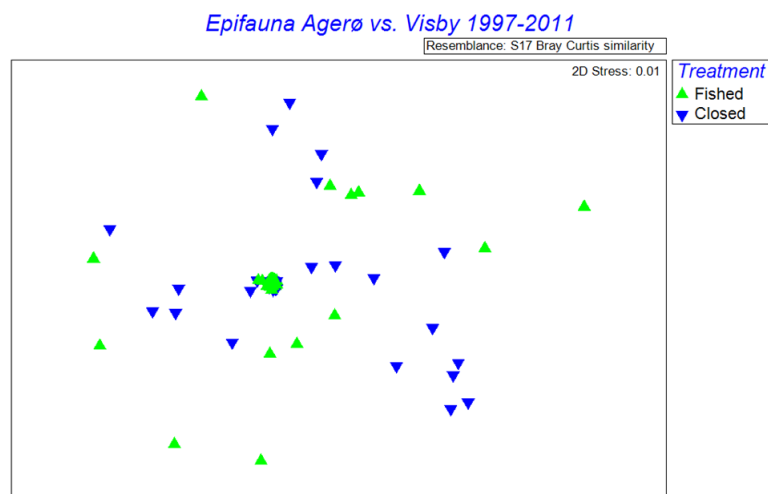
De fleste prøver, der er indsamlet i efteråret 2011 og foråret 2013, adskiller sig tilsyneladende fra de resterende prøver indsamlet i tidligere år i Kås Bredning. Igen er stress-værdien i MDS diagrammet for høj (>0,2) til en visuel tolkning på basis af prøve-punkternes indbyrdes placering.

En ANOSIM analyse af alle områder i både forår og efterår 1991-2011 viser ikke overraskende, at der er større forskel imellem områderne ($p < 0,0001$) end imellem årene indenfor de enkelte områder, og det samme er gældende for prøvemethode og årstid ($p < 0,0001$). Lidt overraskende viser en ANOSIM analyse, at for kategorierne 'Fisket' og 'Lukket' område er der større forskel indenfor kategorierne end imellem dem ($p > 0,05$). En klar trend i udvikling over tid ses ikke, men der er betydelige forskelle i artssammensætning og abundans i begyndelsen af 1990'erne og igen i imellem 2011 og 2013 og de foregående år.

3.3 Epifauna - artssammensætning

En 1-way ANOSIM analyse af epifaunaens artssammensætning i ringprøverne indsamlet af DTU Aqua i perioden 1997-2002 og af DSC i 2011 ved Agerø (station 24A), og i Visby Bredning (station 20) viste ingen forskel imellem årstider ($p > 0,05$). En 2-way ANOSIM analyse af forskelle i artsforekomst mellem områderne på tværs af årene og imellem årene på tværs af områderne var begge signifikante ($p \leq 0,001$) men med lave r -værdier (Global $R \leq 0,35$), hvilket betyder, at der reelt ikke er forskel i artssammensætningen (figur 3.10).

En SIMPER analyse, baseret på Euclidean distance, viste, at de arter, der bidrog mest til ligheden mellem prøver i Visby Bredning, var *Mytilus edulis* (tilstede i 57% af prøverne) og dværgkonken, *Nassarius reticulatus* (L. 1758) (tilstede i 45% af prøverne). For Agerø bidrog *N. reticulatus* (tilstede i 75% af prøverne) mest til ligheden mellem prøverne i dette område. SIMPER analysen viste desuden, at de samme to arter bidrog mest til forskellen imellem de to områder, dvs. henholdsvis *M. edulis* (average squared distance: 0,57) og *N. reticulatus* (average squared distance: 0,53). Mens *M. edulis* forekommer i epifauna-prøverne fra Visby Bredning, både som voksen (gennemsnitligt antal individer: 0.24 m^{-2}) og som spat (gennemsnitligt antal individer: 0.08 m^{-2}), er arten ikke fundet i prøverne ved Agerø i perioden fra 1997 og frem. Af denne analyse fremgår det, at mens blåmuslingerne forekommer relativt hyppigt i det befiskede område, er de fraværende fra det område som er lukket for fiskeri. Sammenligner man med HAPS-prøverne, var den gennemsnitlige abundans af *M. edulis* $8,7$ individer m^{-2} i Visby Bredning mens den kun var $4,0$ i Agerø i perioden fra 1991-2011. I Thisted Bredning var den gennemsnitlige abundans $12,3$, mens der i Kås Bredning kun blev fundet $1,1$ individer m^{-2} .

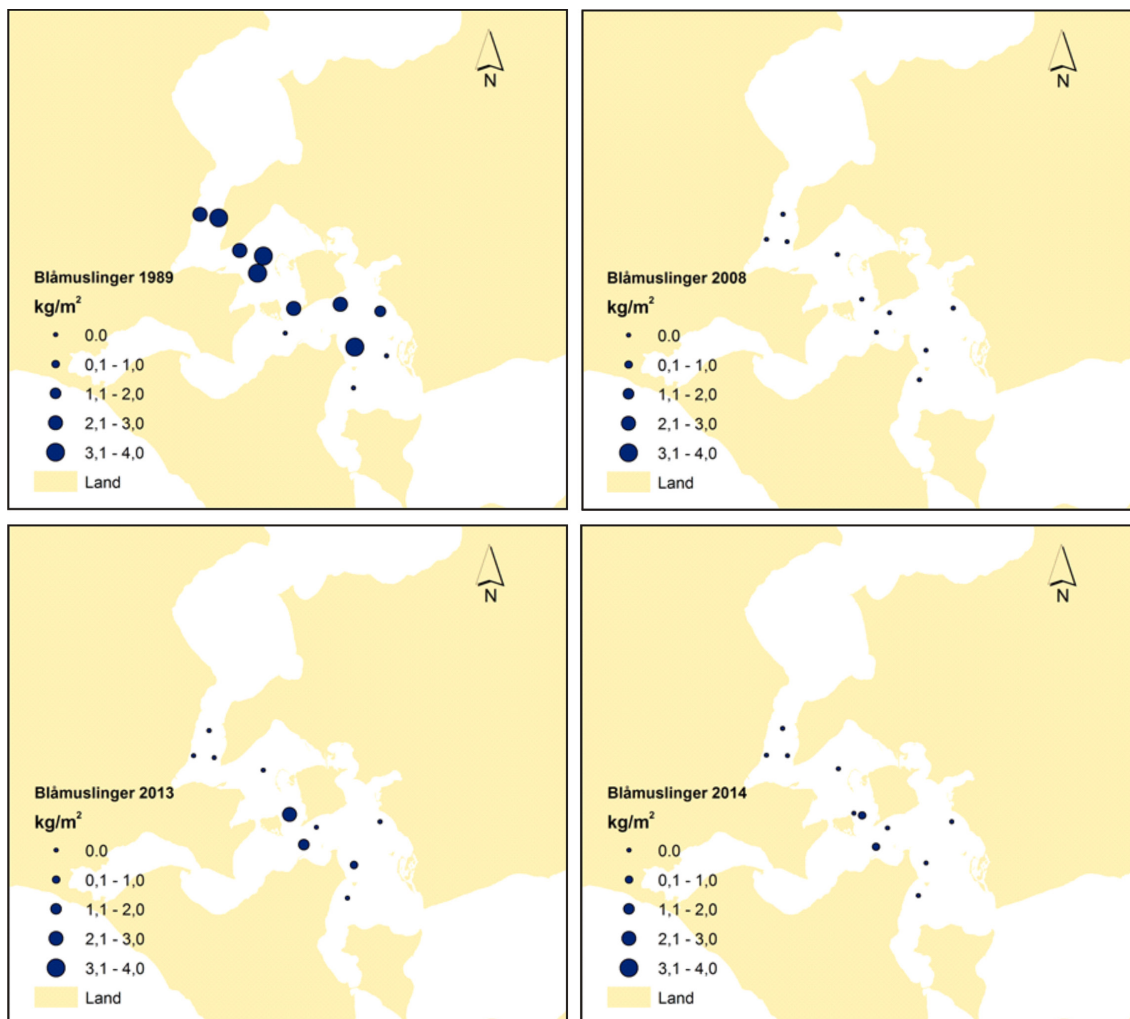


Figur 3.10. MDS diagram for ringprøver med tilstede-fraværende (P/A) data fra Agerø og Visby bredninger 1997-2011. Den lave Stress-værdi indikerer at diagrammet giver et reelt billede af prøvernes indbyrdes ligheder og forskelle.

Den parvise del af 2-way ANOSIM analysen af ringprøverne viste dog at år 2011 var signifikant forskelligt fra de øvrige år (parvise r -værdier $\geq 0,62-0,84$, $p \leq 0,05$). En SIMPER analyse af denne forskel viste at *M. edulis* ikke blev fundet i de to bredninger, Agerø og Visby, i 2011.

3.4 Bestanden af blåmuslinger

Bestanden af *Mytilus edulis* i området omkring Agerø er blevet estimeret i 1989, 2008, 2013 og 2014 (figur 3.11). I 1989, da fiskeriet blev lukket i Agerø-området, var den estimerede bestand af *M. edulis* på ~30.000 ton, mens den i 2008 var på ~0 ton. Bestanden var ligeledes meget lav i 2013 og 2014, henholdsvis på <3 ton og <1 ton. I 2008 dominerede tøffelsneglen, *Crepidula fornicata*, med en forekomst på 5 ud af 10 undersøgte stationer, mens dværgkonken, *Nassarius reticulatus* dominerede epifaunaen i 2014.



Figur 3.11. Bestandsestimater af blåmuslinger, *Mytilus edulis*, i området ved Agerø i 1989, 2008, 2013 og 2014.

4. Diskussion

4.1 Infauna - diversitet

Biodiversitet og antal arter ved Agerø er hverken steget eller faldet eller udviser et klart mønster over en periode på 20 år. En enkelt station (24B) havde de største værdier af både diversitetsindeks og antal arter. Da de regionale miljømyndigheder overgik til at indsamle prøver i et stations-grid, var der en svag tendens til at værdierne blev lavere, men dog stadig indenfor, hvad der var observeret tidligere i området omkring Agerø. I 2011 var diversitetsindeks og antal arter, efter 6 år uden data, stort set uændrede i forhold til udviklingen generelt i området omkring Agerø. Det kan anføres, at en enkelt punkt-station, og senere et stations-grid, i en del af området omkring Agerø ikke repræsenterer den fulde diversitet i hele området, men da skift i diversitet mellem de fire lokaliteter ved Agerø var ens over en periode på 6 år, kan det antages, at et sådant delområde er en god indikation for hele området omkring Agerø.

Undersøgelser har tidligere påvist, at skrab efter muslinger har en umiddelbar negativ effekt på bundfaunaen (Hoffman & Dolmer 2000) og gentaget fiskeri må forventes at påvirke bundfaunaen mere permanent. Imidlertid viste denne analyse, at for artsdiversitet og antal arter var det ikke tilfældet. At dømme fra generelle beskrivelser af reetablering af bundfauna efter fysisk påvirkning er en periode på >20 år mere end tilstrækkeligt til at genetablere biodiversiteten af infauna samfund på skalsandbund (Newell et al. 1998), med mindre sedimentforholdene er blevet væsentligt mere homogene (Trush & Dayton 2002). Der er ikke et datasæt fra Limfjorden, der kan anvendes til at afgøre, hvordan infauna-samfundet skulle have set ud, hvis der ikke havde været en fiskeripåvirkning alene og klart adskillelig fra andre antropogene påvirkninger.

Ser man på diversiteten og antallet af arter i de tre andre områder, der er data fra, viser det samme mønster sig. Der sker ikke hverken en klar stigning eller et fald i diversitet eller antallet af arter over en periode på næsten 30 år. Det er dog bemærkelsesværdigt, at Visby Bredning har et relativt højere diversitetsindeks og antal af arter i forhold til de to andre områder i 2011 men ikke i 2013.

Sammenligningen imellem alle fire områder viser en tendens til et fald i diversitet og antal af arter over de seneste 10 år, men det er tilfældet for både det lukkede område ved Agerø og de tre skrabe områder. Igen adskiller Visby Bredning sig ved at have markant højere diversitet og antal arter i forhold til de tre andre områder i 2011 men ikke i 2013. Den biotiske koefficient giver ikke umiddelbart nogen indikation af, at opportunistiske arter dominerer, og værdien af koefficienten er den samme eller faldet lidt i alle områder i perioden 1991-2011. I 2013 er koefficienten øget lidt i tre af de fire bredninger, i Agerø, Kås og Visby bredninger. Koefficienten bygger først og fremmest på kategorisering af arter på baggrund af deres respons på eutrofiering, men det må formodes, at de egenskaber, der giver en fordel ved eutrofiering, i høj grad også er en fordel ved jævnlige skraber. Den manglende forskel i biotisk koefficient mellem Agerø og de tre andre områder, hvor der jævnlige skraber efter muslinger, er en indikation af, at muslingefiskeriet ikke er den væsentligste parameter for andelen af opportunistiske arter. Derimod er det nok mere sandsynligt, at eutrofiering og iltsvind spiller en væsentlig rolle i forekomsten af ikke-følsomme arter.

4.2 Infauna - artssammensætning

Selvom der tilsyneladende ikke er sket en nævneværdig udvikling og der ikke er en egentlig forskel i diversitet og antallet af arter mellem det lukkede område ved Agerø og de befiskede Kås, Thisted og Visby bredninger, er det dog nødvendigt at analysere arts- og individualsammensætningen i de fire områder. Artssammensætningen kan være undergået en udvikling i retning af mindre arter, der på grund af deres levevis er mindre udsatte ved skrab efter muslinger. De multivariate analyser giver mulighed for at belyse om der er sket en udvikling i sammensætningen af de individuelle arter eller om en art er blevet mere eller mindre dominerende over tid. ANOSIM analyserne for de fire områder viste, at der indenfor det enkelte område var forskel på om prøverne var taget i et stations-punkt eller i et stations-grid, og om de var indsamlet om foråret eller om efteråret. Da alle indsamlinger i stations-grid'et er foretaget om foråret, kan det være vanskeligt at adskille disse to faktorer. Det mest sandsynlige er, at den mest betydende forskel er årstidsvariation. En ANOSIM analyse, af faktorerne 'fiskeri-lukket' (Agerø) og 'befisket' (Kås, Visby og Thisted bredninger) viste, at der ikke var forskel mellem infaunaen over en periode på 20 år fra 1991. Den manglende forskel mellem 'lukket' og 'fisket' illustrerer, at forholdene for dyrelivet i Limfjorden er komplekse og at fiskeri ikke er den eneste eller væsentligste presfaktor for bundfauna. Andre presfaktorer, såsom eutrofiering og iltsvind kan have bidraget væsentligt til de observerede forskelle.

Der blev ikke observeret en klar trend i udvikling over tid på de indsamlede lokaliteter. Dog var der en tendens til, at de fleste af prøverne taget i Kås Bredning i 2011 skilte sig ud fra de resterende prøver fra samme sted. Hvad dette skyldes kan ikke umiddelbart forklares. Ved Agerø blev der ikke observeret en tidlig udvikling gennem de seneste 20 år. Prøver fra de forskellige år fordelte sig tilfældigt i forhold til hinanden.

4.3 Epifauna - artsammensætning

Analyser af epifaunaen viste, at der var forskel på artssammensætningen ved Agerø sammenlignet med Visby Bredning. Dværgkonken, *Nassarius reticulatus* dominerende ved Agerø, mens både dværgkonken og blåmuslingen dominerede i Visby Bredning. Det var samtidig disse to arter, der bidrog mest til forskellen imellem de to områder, sandsynligvis fordi der i dværgkonkens tilfælde var flere observationer ved Agerø end i Visby Bredning. Blåmuslingers, *Mytilus edulis*, bidrag til forskellen bestod i at de blev observeret i 57% af prøverne i Visby (i 20% af prøverne var der desuden spat fra blåmusling), mens de til sammenligning slet ikke blev observeret ved Agerø. I HAPS-prøverne var abundansen af blåmuslinger desuden også højere i både Thisted og Visby Bredning i forhold til ved Agerø. Selvom dette er interessant bør man notere sig, at en HAPS-prøve, med dens begrænsede areal, ikke er velegnet til at indsamle større epifauna arter, som f.eks. blåmuslinger.

Ligesom for infaunaen viste et MDS diagram ikke en udvikling over tid i de to områder, hvilket indikerer, at tilstanden for bundfaunaen i fjorden er uændret i den undersøgte periode, både nede i sedimentet og på overfladen af sedimentet. Udover de ringprøver der blev taget af Dansk Skaldyrcenter i efteråret 2011 er der ikke blevet indsamlet prøver siden 2002, og der kan ikke siges noget om udviklingen af epifauna i de to områder i den mellemliggende periode.

Data fra bestandsovervågningen af blåmuslinger understøttede den generelle observation, at blåmuslingerne stort set forsvundet fra området ved Agerø og i dag kun forekommer sporadisk.

4.4 Hypoteser og konklusioner

Hypotese 1, at ved at fjerne presfaktoren 'blåmuslingefiskeri' i Limfjorden vil der over tid kunne observeres positive ændringer i diversitet og forekomst af følsomme arter af infauna, kan på det foreliggende grundlag afvises. Der var ikke signifikante forskelle i antallet af arter eller diversiteten i det 'lukkede' område i forhold til de befiskede. Multivariate analyser viste ingen klar udvikling i artssammensætning af bundfaunaen over den tyveårige periode, hvorfra der eksisterer data fra Agerø-området. Der var ingen tydelige tidsmæssige trends i det eksisterende datasæt, hvor der dog mangler indsamlinger i nogle af de mellemliggende år, i 1985, 2003-2004, 2006-2010 og 2012. Der er dog ikke tvivl om, at de fire områder adskiller sig fra hinanden og at der eksisterer en del variation både imellem og indenfor de forskellige delområder i Limfjorden.

Manglen på en egentlig baseline undersøgelse (fra 1988/1989) ved Agerø og i de øvrige områder udgør en usikkerhed i forhold til at konkludere endegyldigt om muslingeskrabs potentielle langtidseffekter. Det er ikke sandsynligt, men dog en mulighed, at bundfaunaen ved Agerø gennemgik en genopretning i perioden mellem fiskeriet blev lukket i 1989 og de første prøver blev taget i foråret 1991. Alternativt er genopretningstiden længere end 20 år eller effekten af skrab udgør en varig uoprettelig skade. Fra undersøgelser af effekter af råstofindvinding (Newell et al. 1998), der medfører en større forandring af havbunden end muslingeskrab, er der dokumenteret gendannelsestider for de mest følsomme bundtyper (skalsandbund) på op til 10 år, mens andre bundtyper har kortere gendannelsestider, og for Limfjorden er den estimeret tid op imod 4 år. Endvidere er udviklingen i diversitet og antallet af arter relativt ensartet i de fire områder, hvilket peger på, at andre faktorer har en større effekt på de to variable end muslingeskrab.

Der er indikationer på, at hypotese 2 kan afkræftes. Ringprøver indsamlet ved Agerø indeholdt ingen blåmuslinger over en femårig periode, mens der i Visby Bredning i samme periode blev registreret blåmuslinger i 57% af prøverne. I HAPS-prøverne i perioden 1991-2011 var abundansen af blåmuslinger i både Thisted og Visby bredninger højere end ved Agerø. Endelig blev der ikke fundet blåmuslinger i området ved DTU Aqua's bestandsmonitoring 20 år efter lukningen af området omkring Agerø. Disse resultater indikerer en sammenhæng mellem skrab og forekomst af *M. edulis*. Man kan forestille sig, at en muslingebanke udgør et passende substrat til fasthæftning af larver. Er der ikke alt for høj tæthed, for eksempel som resultat af et skrab, udgør det samtidig et miljø hvor chancen for overlevelse efter settling er høj på grund af en relativ lav konkurrence. Skrubes der ikke over en længere periode, kommer en banke til at bestå af større og større individer i et tætpakket system, der ikke levner nysettlet spat plads og føde til at overleve, og måske degenererer banken efter en vis periode, efterhånden som de voksne muslinger dør. Om situationen er sådan ved Agerø kræver det yderligere undersøgelser at fastslå, men det tyder på, at forekomsten af blåmuslinger er mindre end i hvert fald i Visby Bredning. Udviklingen er uheldig eftersom muslingebanker ofte udgør en vis beskyttelse for rogn og fiskeyngel og er associeret med en række bundfauna arter som sammen med blåmuslingerne fungerer som føde for fisk og fugle samt større mobile bunddyr som f.eks. krabber og søstjerner.

Referencer

- Borja A., Franco J. & Pérez V. (2000): A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* **40**(12): 1100-1114.
- Christoffersen, M., Poulsen L. K., Geitner K., Aabrink M, Kristensen P. S., Holm N. & Dolmer P.(2011): Konsekvensvurdering af fiskeri på blåmuslinger i Lovns Bredning 2011/2012. DFU rapport Nr. 243-2011.
- Dolmer P., Christoffersen M., Poulsen L. K., Geitner K., Aabrink M., Larsen F., Kristensen P. S. & Holm N. (2011): Konsekvensvurdering af fiskeri på blåmuslinger i Løgstør Bredning 2011/2012. DFU rapport Nr. 244-2011.
- Dolmer P. & Hoffmann E. (2004): Østersfiskeri i Limfjorden – sammenligning af redskaber. DFU-rapport nr. 136-04.
- Eigaard O. R., Frandsen R. P., Andersen B., Jensen K. M., Poulsen L. K., Tørring D., Bak F. & Dolmer P. (2011): Udvikling af skånsomt redskab til fiskeri af blåmuslinger. DTU Aqua-rapport nr. 238-2011.
- Gislason H., Dalskov J., Dinesen G.E., Egekvist E., Eigaard O., Jepsen N., Larsen F., Poulsen L.K., Sørensen T.K. & Hoffmann E. (2014): Miljøskånsomhed og økologisk bæredygtighed i dansk fiskeri. DTU Aqua Notat til NaturErhvervstyrelsen. DTU Aqua-rapport nr. 279-2014
- Hoffmann E. & Dolmer P. (2000): Fisk, fiskeri og bundfauna ved Agerø, Limfjorden. DFU rapport Nr. 74-00.
- Lambert G. I., Jennings S., Kaiser M. J., Hinz H. & Hiddink J. G. (2011): Quantification and prediction of the impact of fishing on epifaunal communities. *Marine Ecology Progress Series* **430**: 71-86.
- Newell R. C., Seiderer L. J. & Hitchcock D. R. (1998): The impact of dredging works in coastal waters: a review of the sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the sea bed. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* **36**: 127-178.
- Thrush S. F. & Dayton P. K. (2002): Disturbance to marine benthic habitats by trawling and dredging: Implications for Marine Biodiversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* **33**: 449-473.

DTU Aqua
Institut for Akvatiske Ressourcer
Danmarks Tekniske Universitet

Jægersborg Allé 1
2920 Charlottenlund
Denmark
Tlf: 35 88 33 00
aqua@aqua.dtu.dk

www.aqua.dtu.dk