



INDVANDRING OG BIODIVERSITET PÅ DET NYE STENREV VED LIVØ

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 405

2020



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

[Tom side]

INDVANDRING OG BIODIVERSITET PÅ DET NYE STENREV VED LIVØ

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 405

2020

Karsten Dahl
Helle Buur
Ole Gorm Norden Andersen
Cordula Göke
Denise Tonetta

Aarhus Universitet, Institut for Bioscience



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 405
Titel:	Indvandring og biodiversitet på det nye stenrev ved Livø
Forfattere:	Karsten Dahl, Helle Buur, Ole Gorm Norden Andersen, Cordula Göke og Denise Tonetta
Institution:	Aarhus Universitet, Institut for Bioscience
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	November 2020
Redaktion afsluttet:	November 2020
Faglig kommentering:	Peter Anton Støhr
Kvalitetssikring, DCE:	Signe Jung-Madsen
Sproglig kvalitetssikring:	Charlotte Hviid
Finansiel støtte:	Miljø- og Fødevareministeriet
Bedes citeret:	Dahl, K., Buur, H., Andersen, O.N., Göke, C. & Tonetta, D. 2020. Indvandring og biodiversitet på det nye stenrev ved Livø. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 60 s. - Videnskabelig rapport nr. 405 http://dce2.au.dk/pub/SR405.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Undersøgelsen viser, at de udlagte revstrukturer ved Livø er koloniseret med 135 forskellige dyr og alger efter lidt mere end 2 år med samlede biomasser på mellem 414 og 1096 g aske-fri tørvægt/m ² havbund. Det er ca. 11 gange højere biomasse end på den omgivende havbund. Der er også betydeligt højere indhold af bundfauna på revstrukturene end på den omgivende havbund. Søpindsvinet <i>Psammechinus miliaris</i> (tangborre) var tilstede i stort antal både på den omgivende havbund og på de nye revstrukturer. Det høje antal søpindsvin medfører med stor sandsynlighed et betydeligt græsningstryk på makroalgevegetationen. De sparsomme makroalgeforekomster der er observeret, skyldes derfor højst sandsynlig en kombination af dårlige lysforhold og et højt græsningstryk fra søpindsvin.
Emneord:	Stenrev, naturgenopretning, makroalger, hårbundfauna, infauna, biodiversitet, søpindsvins græsning, <i>Modiolus modiolus</i> (hestemuslinger)
Layout:	Grafisk Værksted, AU Silkeborg
Foto forside:	Karsten Dahl
ISBN:	978-87-7156- 535-5
ISSN (elektronisk):	2244-9981
Sideantal:	60
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som http://dce2.au.dk/pub/SR405.pdf

Indhold

Sammenfatning	5
Summary	6
1 Forord	7
2 Indledning	8
3 Data og metode	12
Lokalitet og indsamlingstidspunkt	12
Prøvetagning	13
Laboratorie oparbejdning	14
Supplerende biologiske data	16
Vandkemiske data	16
GIS beregninger	17
4 Resultater	18
Karakterisering af vandmiljøet	18
Sedimentsammensætningen på den omgivende havbund	20
Arter på de nye revstrukturer og på den omgivende havbund	20
Biomasser i indsamlede prøver	28
Individttætheder af fauna organismer	32
Søpindsvin	34
Overordnet effekt af udlægning af stenrev	36
5 Diskussion	40
Tak til 45	
6 Referencer	46
7 Bilag	49

[Tom side]

Sammenfatning

Nye revstrukturer blev udlagt ud for Livø i Limfjordens Løgstør Bredning i marts 2017 og disse, samt den omliggende havbund, blev undersøgt med et stort kvantitativt indsamlingsprogram i juni 2019.

Undersøgelsen viste, at området for de nye revstrukturer både rummede eksisterende tætte småstenede revforekomster og områder udelukkende med sand.

Artsdiversiteten på den omliggende havbund var relativ høj (135 forskellige dyr og alger) og for faunaens vedkommende sammenlignelig, for så vidt angår artsantal, med tilsvarende studier fra revområder i Kattegat. Diversiteten på de nye revstrukturer var omtrent det halve med 64 identificerede arter. De lidt mere end to år gamle revstrukturer rummede mellem 414 og 1096 g askefri tørvægt / m² havbund, ca. 11 gange højere biomasser end den omliggende havbund og også betydelig højere indvidtal af bundfauna. Etableringen af rev var sket på bekostning af særligt muslingearter og nogle arter af gravende havbørsterorme. Den rødlistede art *Modiolus modiolus* (Hestemusling) blev også fundet omkring revene og nogle muslinger må formodes tabt ved etableringen. Én art, den fastsiddende kalkrørsorm *Spirobranchus triqueter*, var særligt dominerende både på hårdt substrat på den omliggende havbund, men i særdeleshed også på de nye revstrukturer. På de nye revstrukturer voksede kalkrørsormen ”skulder ved skulder” og vinkelret ud fra det faste substrat.

Der var store variationer i både biomasser og indvidtætheder mellem de enkelte prøver. Den samme store variation er set ved lignende undersøgelser på rev i Kattegat. På trods af variationerne fandt vi en signifikant positiv effekt af mængden af hårbund på biomasser af fauna på den omgivende havbund rundt om de nye revstrukturer. Endvidere faldt biomasse og artsantal signifikant med dybden på de nye revstrukturer.

Makroalger blev slet ikke fundet i sugepøverne på den omgivende havbund. Alger blev dog observeret og dokumenteret på omkring 4 m dybde. Der var makroalger tilstede på de nye revstrukturer, men samlet udgjorde de blot mellem 3 og 7% af den gennemsnitlige biomasse i de tre undersøgte dybdeintervaller (2,4-3m, 3,1-4m og 4,1-5m).

Søpindsvinet *Psammechinus miliaris* (tangborre) var tilstede i stort antal både på den omgivende havbund og på de nye revstrukturer. Det høje antal søpindsvin medfører med stor sandsynlighed et betydeligt græsningstryk på makroalgevegetationen. De sparsomme makroalgeforekomster der er observeret, skyldes derfor højst sandsynlig en kombination af dårlige lysforhold og et højt græsningstryk fra søpindsvin.

Summary

New reef structures were laid out near Livø in March 2017 and these, as well as the surrounding seabed, were investigated with a large quantitative field collection program in June 2019.

The study showed that the area of the new reef structures contained both existing dense pebble and small stone reef areas and areas exclusively with sand.

Species diversity on the surrounding seabed was relatively high and comparable to the fauna in terms of species numbers with similar studies from reef areas in the Kattegat. The slightly more than two year old reef structures contained approx. 11 times higher biomass than the surrounding seabed and also significantly higher individual numbers of bottom fauna. The establishment of reefs was at the expense of particular mussel species and some species of burrowing Polychaeta worms. The red-listed species *Modiolus modiolus* (Horse clam) was also found around the reefs and some are believed to be lost at the time of establishment. One species, the trapped limestone worm *Spirobranchus triqueter*, was particularly dominant both on hard substrate on the surrounding seabed, but in particular on the new reef structures. On the new reef structures, the limestone worm grew "shoulder by shoulder" and perpendicular to the solid substrate.

There were large variations in both biomass and individual densities between the individual samples. The same large variation was seen in similar studies on reefs in the Kattegat. Despite the variations, we found a significant positive effect of the existing hard bottom on biomasses of fauna on the surrounding seabed around the new reef structures. Furthermore, biomass and species numbers decreased significantly with the depth of the new reef structures.

Macroalgae were not found at all in the suction samples on the surrounding seabed. However, algae were observed and documented at about 4 m depth. Macroalgae were present on the new reef structures, but all together they accounted for only between 3 and 7% of the average biomass in the three depth intervals studied (2.4-3m, 3.1-4m and 4.1-5m).

The sea urchin *Psammechinus miliaris* (green urchin) was present in large numbers both on the surrounding seabed and on the new reef structures. The high number of sea urchins is likely to cause considerable grazing pressure on macroalgae vegetation. The sparse macroalgae occurrences observed therefore result from a combination of poor lighting conditions and high grazing pressure from sea urchins.

1 Forord

En studium i 2008 pegede på at etablering af større arealer med stenrev kunne være et effektivt virkemiddel til at forbedre miljøtilstanden i Limfjorden (Møhlenberg, et al, 2008). Rapporten byggede på en række antagelser, som krævede yderligere undersøgelser, før en endelig konklusion kunne drages.

Et større udredningsstudium blev værksat fra 2016 til 2020 finansieret af Miljø- og Fødevareministeriet. Projektet er gennemført med Limfjordsrådet som projektleder, og det faglige arbejde er udført af Århus Universitet, DHI, Dansk Skaldyrcenter ved DTU Aqua, og GEUS.

Projektet har haft en styregruppe bestående af Miljøstyrelsen og Limfjordsrådet.

Og der har været nedsat en følgegruppe med deltagelse af Limfjordens Fritidsfiskere, Danmarks Naturfredningsforening, LandboThy, AgriNord, Centralforeningen af Limfjordsfiskere, Limfjordssammenslutningen, Vesthimmerlands og Jammerbugt Kommune, Friluftsrådet og Foreningen Muslinge-erhvervet.

Programmet omfattede større målekampagner for en række centrale processer på stenede og mere sandede lokaliteter i Bjørnsholm Bugt. Der blev også udlagt stenrevs strukturer på et område ud for Livø, hvor detaljerede studier af biodiversitet på den omliggende havbund og de nye revstrukturer blev gennemført. Endelig er de mange resultater fra målekampagnerne brugt til en fornyet modellering af stenrevs mulige effekt som virkemiddel til forbedring af Limfjordens vandkvalitet.

Arbejdet er mundet ud i 5 rapporter med fokus på

- Forundersøgelser og anlæg
- Lys og sedimentomsætning
- Model af effekter ved forskellige revløsninger
- Effekter af nye revstrukturer på biodiversitet
- Samlet syntese

Dertil er der udarbejdet en række faglige tekniske notater og mindre rapporter, der har karakter af bilag.

Denne rapport omfatter undersøgelser af effekten på biodiversiteten ved at anlægge nye revstrukturer ud for Livø.

2 Indledning

Store dele af Limfjorden er udpeget som Natura 2000 områder. Det gælder også for Løgstør Bredning, som er fokusområde for denne undersøgelse. Her indgår en række af af Habitatdirektivets marine naturtyper i udpegningsgrundlaget; *sandbanker* (1110) *Mudder og sandflader* (1140) *Kystlaguner* (1150) *Bugte og vige* (1160 og *rev* (1170).

Miljøtilstanden i Limfjorden har i årtier været præget af høje næringssaltkoncentrationer, meget ringe sigt, årlige iltsvindshændelser og stadig mere begrænset udbredelse af ålegræs og makroalger. Samtidig er sten fjernet fra havbunden mange steder i Danmark, sandsynligvis også i Limfjorden, og brugt til havne eller blot utilsigtet taget op, når de er kommet i fiskeredskaber. Omfanget af stenfiskeriet i fjorden er dårligt belyst.

Revene finder man på dele af den bundtype, der kaldes ”grove sedimenter”. Stenene kan ligge spredt på en gruset eller sandet bund (blandet sediment) eller som helt tætte stenforekomster evt. stablet oven på hinanden med huler imellem. Rev findes typisk, hvor havbunden rejser sig fra den omliggende bund, men de kan også findes langs kanterne af de forhistoriske flodløb, eller hvor der findes gamle sunkne kystlinjer.

Der findes forskellige definitioner på stenrev, og metoderne der anvendes til opmåling og afgrænsning af revområderne, kan spille ind på revenes størrelse. Dahl et al., 2003 tog fx i deres definition udgangspunkt i den markant øgede biomasse på sten i forhold til den omgivende havbund, og definerede stenrev som områder med ned til 5% hårdt substrat, hvor betegnelsen hårdt substrat er defineret ud fra substratets funktion som habitat. I relation til udpegning af habitatdirektivets naturtype ”rev” i Natura 2000 områder, anvender Miljøstyrelsen en definition på rev, hvor et kerneområde skal have en stentæthed på 25% af bunden, og er det kriterium opnået, afgrænses det pågældende område, når stentætheden når 10% dækning. Har revet en mosaikstruktur med pletvis forekomst af stenbanker, defineres revområdet til at omfatte hele mosaikstrukturen.

I de senere år er der gennemført en række naturgenopretningsprojekter i Natura 2000 områder. Udgangspunktet har været at retablere rev i områder, hvor man har haft kendskab til, at disse tidligere har været tilstede, fx ved Læsø Trindel (Dahl et al 2009), hvor stenfiskeri kunne dokumenteres ud fra gamle søkort. Der er også lavet et restaureringsprojekt omkring Als og yderligere 2 projekter er vedtaget ud for Gilleleje og i Roskilde Fjord (Dahl et al, 2019 og 2020). Stenrevene er meget produktive habitater, men er også meget forskellige afhængige af det lys, der er tilstede på habitatet. På lavere vanddybde er tangskoven normalt helt dominerende. Her vokser algerne typisk i flere lag (Dahl et al, 2003). Med aftagende lys tynder det ud i algeskoven, og vegetationen bliver oftest ét-laget, og på dybere vand dominerer den fastsiddende fauna gradvist mere (Dahl et al, 2003, Dahl et al, 2005). Revene er ikke bare biologiske ”hot-spots” for makroalger og bunddyr. En række fiskearter er også tæt knyttet til dette habitat (Stenberg og Kristensen, 2015). Læbefisk lever hele deres livscyklus på revet, og for arter som torsk er ålegræsenge og tangskov særlig vigtig for ungfisk, da deres overlevelse her er markant større. Store torsk bruger også rev som spisekammer.

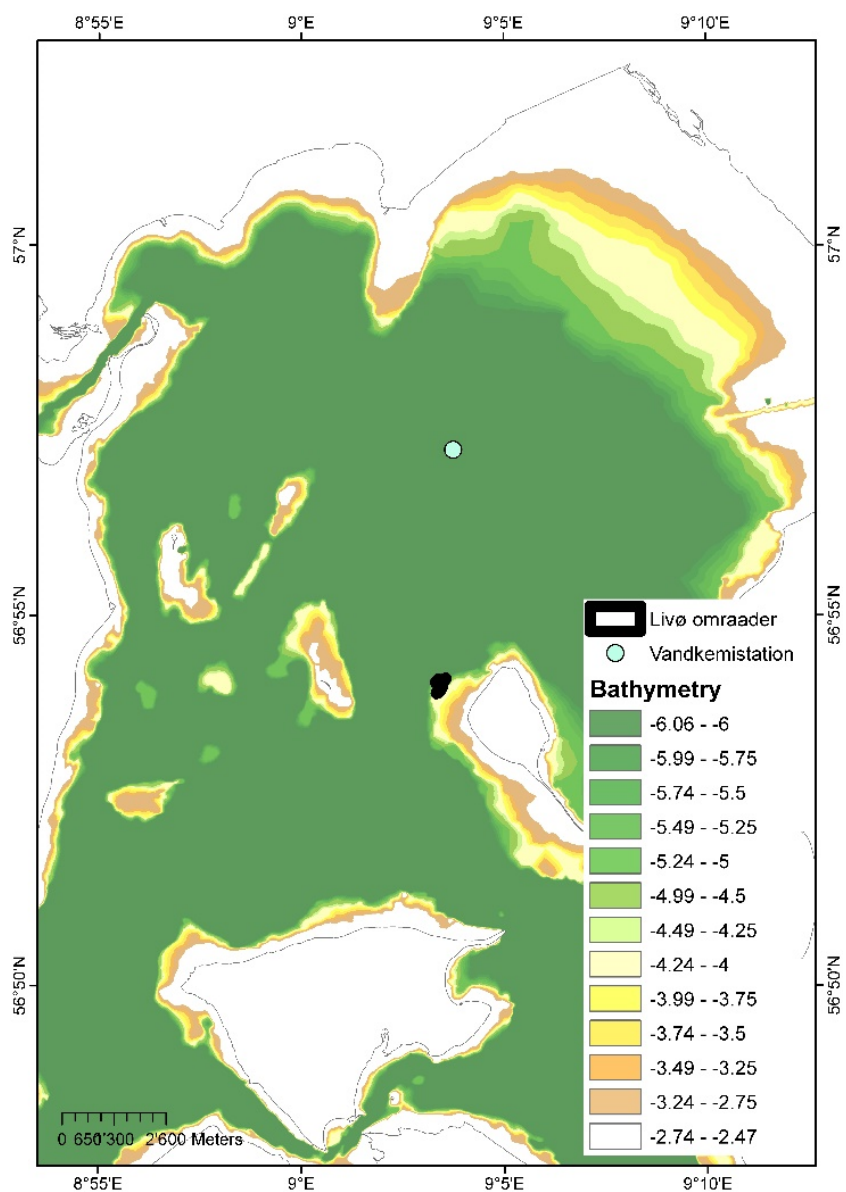
Det blev besluttet fra Miljø- og fødevareministeriet i 2015 at tilvejebringe et fagligt grundlag for at vurdere, om genetablering af stenrev i Limfjorden kan udgøre et supplerende virkemiddel, der på sigt kan reducere den interne næringsstofbelastning og samtidig forbedre både den økologiske tilstand og bevaringstilstanden, jf. Vandrammedirektivet og Habitatdirektivet.

Forudsætningen for at nye revstrukturer vil kunne fungere som et virkemiddel er, at iltproduktionen blandt de alger der koloniserer revet, er større end de koloniserende alger og dyrs eget iltforbrug, og at revets nettoiltproduktion også er større end den iltproduktion, der eventuelt fandt sted på den eksisterende bløde bund, før revet blev etableret.

Ud over at etablere et omfattende måleprogram for fysisk-kemiske og biologiske processer primært i Bjørnshom Bugt for at understøtte en modellering af effekter af nye stenrev, blev der også etableret nye revstrukturer Nord-vest for Livø i marts 2017.

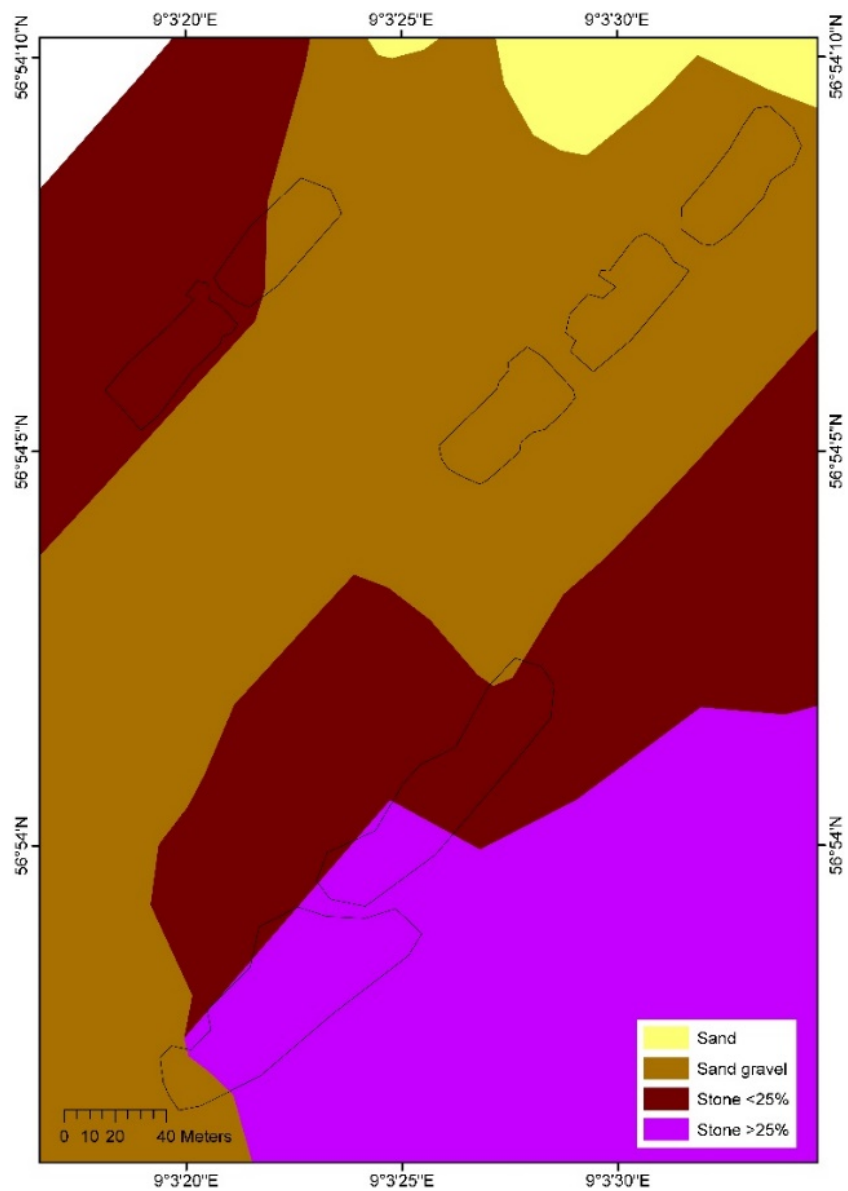
Denne rapport omhandler undersøgelser af den biologiske diversitet på de nye revstrukturer ved Livø to år efter revenes etablering, og dokumenterer samtidigt diversiteten på den omliggende havbund. Arbejdet dokumenterer, hvorledes indvandingen af nye arter er foregået over en 2-årig periode. Det er også dokumenteret, hvilke arter der i samme periode er kommet til på de udlagte sten og med hvilken biomasse og artsantal. Arbejdet omfatter endvidere et estimat på, hvilke arter der er gået tabt på den oprindelige havbund ved anlæg af de nye revstrukturer og deres biomasse og individantal. Endelig understøtter resultaterne konklusionen fra de fysiologiske makroalgestudier i (Stæhr et al, 2020), som viser, at det under de nuværende dårlige lysforhold, er svært at skabe de rette betingelser for, at nye stenrev kan have en positiv indvirkning på fjordens miljøtilstand

Figur 2.1. Løgstør Bredning med lokalitet for nyt stenrev Nord-vest for Livø samt eksisterende NOVANA vandkemistation



De nye revstrukturer blev udlagt N-V for Livø på egnede bundtyper. De mest lavvandede områder var kortlagt til at have den højeste stentæthed (>25%), en større del havde stentætheder <25% og resten var klassificeret som en sandet bund med mindre ralsten (figur 2.2). En del af området hvor stenene er udlagt falder i følge Miljøstyrelsens definition ind under naturtypen "rev" i henhold til Habitatdirektivet. Ifølge definitionen skal et kerneområde være tilstede med mere end 25% sten, og såfremt det er tilfældet, afgrænses revet, hvor stentætheden er ned til 10% af bundens areal. Billedet i figur 2.3 illustrerer netop en meget høj stentæthed iblandet skaller, og er taget ved station 2 mellem de udlagte marksten (jævnfør figur 3.1)

Figur 2.2. Kortlægning af havbundsoverfladens sedimentsammensætning i området for de 7 nye revstrukturer, som er angivet som selvstændige polygoner. Kilde:GEUS



Figur 2.3. Oprindelig havbund med småstenet stenrev på ca. 4 m dybde mellem de udlagte toppe af marksten.



3 Data og metode

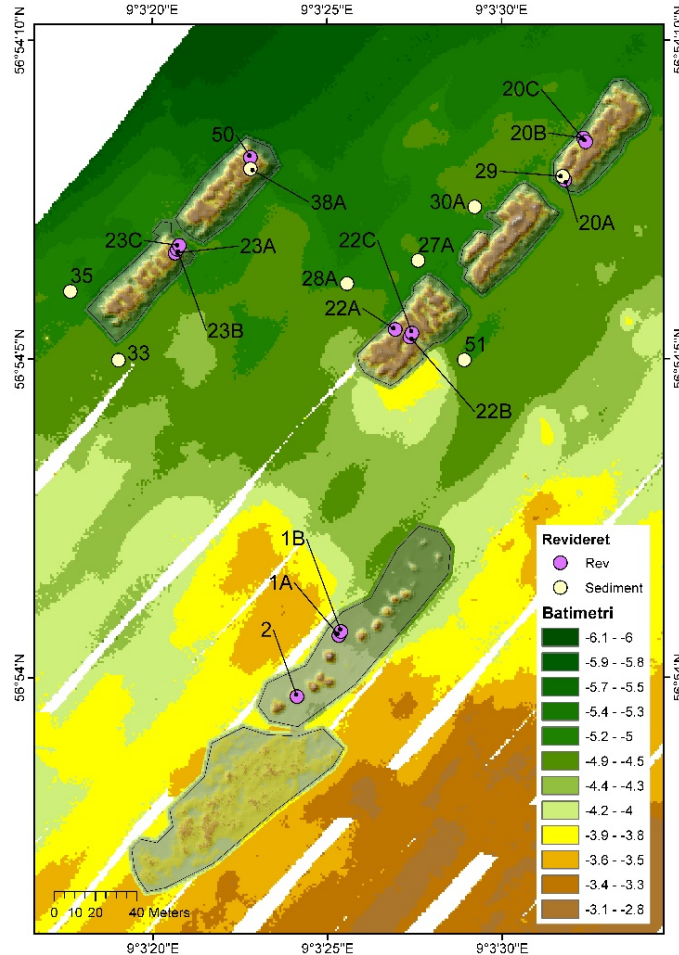
Lokalitet og indsamlingstidspunkt

Feltundersøgelse af artsdiversiteten på de nye revstrukturer ved Livø blev gennemført i perioden 17.-20. juni 2019. Undersøgelsen blev planlagt på baggrund af en kortlægning af de nye revstrukturer og de omgivende dybdeforhold. Planen var at indsamle data på de nye revstrukturer fordelt på tre dybdeintervaller fra de laveste revpartier til de dybeste og på den omliggende "sediment bund" i to dybdeintervaller. Forud for undersøgelsen var der udvalgt et net af mulige indsamlingsstationer, baseret på et tilgængeligt bathymetrisk kort over projektområdet med de nye revstrukturer.

Under feltarbejdet viste det sig, i overensstemmelse med GEUS's bundtypekortlægning, at der var områder af den omliggende sedimentbund, som havde karakter af småstenet stenrev. Dataindsamlingen og den efterfølgende databehandling blev derfor justeret til også at omfatte prøver fra disse. Revenes placering i forhold til en klassificering af havbundens sedimentsammensætning fremgår af figur 2.2.

Figur 3.1 viser den omtrentlige placering af de enkelte indsamlingsstationer på revstrukturerne og på den omgivende sedimentbund. Positionen blev taget på den opankrede motorbåd, men som det kan ses på figuren, er prøvetagningen på sedimentbunden i nogle tilfælde (station 38A og 29) foretaget ved en flytning af indsamlingsudstyret væk fra revet uden at flytte båden.

Figur 3.1. Indsamlingsstationer på de nye revstrukturer (her angivet som "rev") og den omgivende havbund (her angivet som "sedimenter"). Bathymetrien på den oprindelige havbund er opmålt af GEUS. Opmålingen af de nye revstrukturer er foretaget af entreprenørfirmaet VG.



Prøvetagning

Prøvetagningen blev gennemført fra Aarhus Universitets motorbåd, Marina, suppleret med en rib-båd, der stod for løbende transport af indsamlede prøver til Aarhus Universitets laboratorium i Rønbjerg.

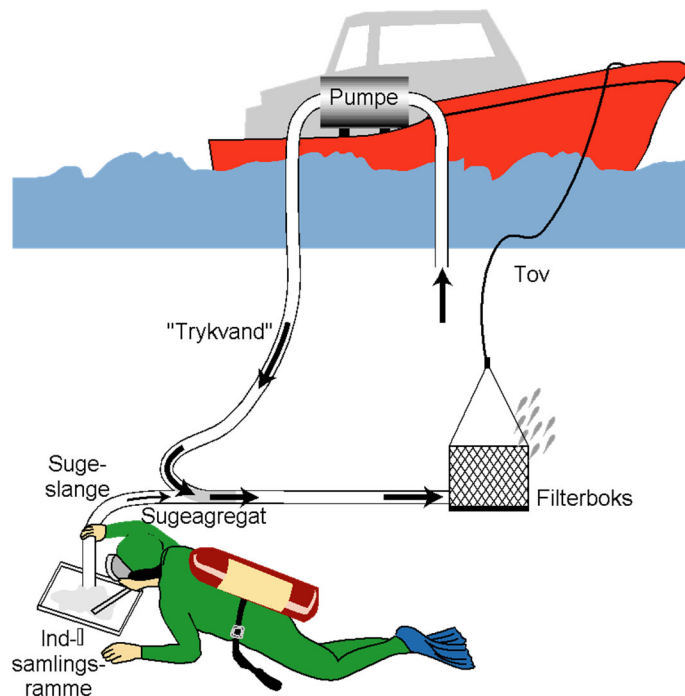
Dataindsamlingen blev foretaget ved dykning og med anvendelse af en "undervandsstøvsuger" monteret med 1 mm filterpose (figur 3.2). Udstyret sikrede en effektiv og skånsom indsamling. Der blev indsamlet 3-4 delprøver på hver station.

Indsamlingen på den omgivende havbund blev foretaget inden for en tilfældigt udlagt ramme med et areal på $1/6 \text{ m}^2$. Rammen blev anvendt, hvor bunden primært bestod af grus og sandede sedimenter, men også hvor bunden primært bestod af større ralsten med revkarakter. Inden sugningen blev påbegyndt, blev dækningen af "hård bund" bestående af stabile sten og skaller vurderet af dykkeren inden for den enkelte ramme. Stabile sten er vurderet og karakteriseret ud fra det biologiske indhold, der sidder på stenene (Dahl og Lundsten, 2018).

Der blev suget til ca. 13 cm dybde for at sikre, at større dybereliggende muslinger kom med i prøverne. I tilfælde af større sten inden for rammearealet, som ikke kunne suges, blev disse efter endt sugning indsamlet manuelt og anbragt i prøveposen.

Indsamlingen på de nye revstrukturer foregik inden for en udlagt fleksibel ramme på $0,1 \text{ m}^2$. Rammen blev udlagt på tilfældige sten, herefter blev dyr og makroalger suget op, mens de løbende blev løsnet fra stenens overflade med en spartel.

Figur 3.2. Skitse over indsamlingsudstyret populært omtalt som "undervandsstøvsugeren" (Tegnet af Britta Munter).



I alt blev der indsamlet og oparbejdet 41 prøver på det nye stenrev. Prøverne var fordelt på 14 prøver i dybdeintervallet 2,4-3 m, 13 prøver i intervallet 3,1-4 m og 14 prøver i det dybeste interval på 4,1-5 m. På den omgivende havbund blev der indsamlet og oparbejdet 14 prøver i dybdeintervallet 4,1-5 m og 16

prøver i dybdeintervallet 5,1-5,5 m. Detaljerede oplysninger om indsamlingspositioner og -dybder for de enkelte prøver fremgår af bilag 1 og 2.

Laboratorie oparbejdning

De indsamlede prøver blev løbende bragt til Rønbjerg laboratoriet. Prøver fra den omgivende havbund blev fraktioneret ved hjælp af sigter i en "ralfraktion" (>2 cm) bestående af sten og skaller, en grusfraktion (0,5-2 cm) og en sandfraktion (0,1-0,5 cm). Prøver blev herefter konserveret i 70% ethanol.

Efter oparbejdning af de første prøver indsamlet på sten, samt vurdering af hovedparten af sandfraktionens størrelse fra den omliggende havbund, blev der udtaget delprøver på 25% af det indsamlede materiale fra sten og fra sandprøverne.

Arter blev udsorteret og artsbestemmelse blev foretaget til højeste taksonomisk niveau og ud fra den samme taksonomiske referenceramme, som anvendes i NOVANA programmet. Alle fritlevende individer blev talt på det taksonomiske niveau, arterne var bestemt til. Den eneste afvigelse fra denne procedure var for *Spirobranchus triqueter* (trekantsorm). *S. triqueter* er en polychaeta (havbørsteorm), der hører til kalkrørsormene og som er kendetegnet ved at leve i et fastsiddende kalkrør.

S. triqueter var særdeles talrig på Livø lokalitetens sten, både på de nye revstrukturer og på de eksisterende sten og på tomme muslingeskaller på den omgivende havbund. På de nye sten sad polychaeten så tæt, at den voksede ud fra stenene og det var muligt at skrabe dem af.

På sten på den omgivende havbund var tætheden af *S. triqueter* mindre, og de voksede, som man normalt ser dem, hen over stenene. Her kunne polychaeterne ikke fjernes med en spatel. Biomasse og individantal på den omgivende havbund blev derfor bestemt på følgende måde:

På hver station blev arealet af *S. triqueter* estimeret på 2-7 tilfældigt udvalgte sten i prøven (samlet areal 430 cm²). Herefter blev alle *S. triqueter* optalt på alle de udvalgte sten (882 stk.) og antal orm / cm² polychaet dækning estimeret. Prøvens samlede areal dækket af *S. triqueter* på sten, muslinger og døde skaller blev herefter opgjort og omsat til samlet antal polychaeter vha. faktoren orm / cm² for den enkelte prøve. Figur 3.3 viser *S. triqueter* på sten fra en prøve.

Biomassen er bestemt som askefri tørvægt. For at beregne askefri tørvægt af hver udsorteret art, eller evt. højere taksonomisk gruppe per prøve, blev de først tørret i oven ved 105 °C i 24 timer, hvorefter de blev vejjet. Herefter blev prøven brændt ved 505 °C i 2 timer og så vejjet igen for bestemmelse af askevægt. Den askefri tørvægt blev beregnet ved at trække askevægt fra tørvægt. Ved delprøvetagning blev der korrigeret til den fulde prøvestørrelse ud fra delprøveandelen. Vægten blev målt med 0.0001g nøjagtighed for de enkelte arter. For meget små individer, hvor vægten ikke kunne bestemmes, blev 0,0001g anvendt som default.

Figur 3.3. Foto af *Spirobranchus triqueter* på sten indsamlet på den omgivende havbund.



For at bestemme biomassen for *Bryozoa* (mosdyr) tages udgangspunkt i det areal, mosdyrskolonierne dækker på tang/sten. Arealet skønnes på større sten og alger i ral- og revdelpøverne. Ved en undersøgelse ved Mejl Flak (Dahl et al, 2005), blev der lavet areal/vægtundersøgelser af mosdyr og den gennemsnitlige askefri tørvægt blev bestemt til $0,001923365\text{g}/\text{cm}^2$, som også benytttes til biomasseestimat ved Livø revundersøgelsen. På Livø var de mest almindelige arter *Electra pilosa* (pigget hindemosdyr) og *Membranipora membranacea* (glat hindemosdyr).

Ved bestemmelse af biomasse af *S. triqueter* på sten fra den omgivende bund måtte individ antal også estimeres. Den gennemsnitlige askefri individ biomasse af 4034 udtagende polychaeter fra prøver fra ralfraktionen blev beregnet og den samlede biomasse blev herefter estimeret baseret på ovenstående estimat af individantal.

Biomasser og antal blev tilslut korrigeret for:

- det samlede prøveareal, henholdsvis $1/6\text{m}^2$ på den omgivende havbund og $1/10$ på de udlagte sten.

den øgede arealflade, der er biologisk tilgængelig på store fritliggende sten, er sammenlignet med en flad sedimentbund. Faktoren for sten er estimeret til 2,5 under antagelse af, at 1/6 af stenene er i kontakt med eller så tæt placeret med andre sten, at fladen ikke udgør et biologisk substrat samt, at større huller mellem sten udgør 5% af overfaldearealet og, at der i disse huller er stærkt reducerede biomasser af flora og fauna. Samme faktor blev anvendt i forbindelse med naturgenopretningen af Læsø Trindel (Stenberg et al, 2015) og angivet som individ antal / m² for fritlevende fauna organismer og askefri tørvægt i gram / m² for alle bestemte taksonomiske grupper.

Identificerede arter blev karakteriseret i forhold til deres levevis, livsform, levested og habitat (tabel 3.1) med henblik på at beskrive mere overordnede forskelle mellem samfund indsamlet på henholdsvis den omliggende havbund og de nye stenstrukturer. Karakteriseringen er lavet på baggrund af ekspertviden om arternes levevis på baggrund af relevant litteratur eller søgning i relevante artsbaser.

Tabel 3.1. Karakterisering af arters levevis, livsform, levested og karakteristiske habitat.

Levevis	Livsform	Levested	Habitat
Fasthæftede alger	Alge	Alge	Blandet bund
Fasthæftede dyr	Enkeltdyr	Epifauna	Grus-sand
Fritlevende dyr	Koloni	Infauna	Mudder
Ukendt	Ukendt	Pelagisk	Pelagisk
		Ukendt	Sand
			Sand-lerblandet
			Sand-mudder
			Stenrev
			Ukendt

Supplerende biologiske data

Store mobile arter som *Homarus gammarus* (hummer), krabber og fisk kan ikke indsamles med "undervandsstøvsugeren" pga. flugtreaktion og størrelse og fisk forventes i bedste fald at blive registreret med lavere biomasser, end de er tilstede med på lokaliteten. For at kompensere for disse mangler med hensyn til en beskrivelse af arter på revstrukturer og den omgivende havbund, blev dykkerobservationer under den kvantitative indsamling medtaget. Derudover fik Limfjordsrådet i august 2018 og juni 2019 optaget video og billeder i området omkring de 3 rev. Disse optagelser er gennemset og analyseret for nye arter.

Vandkemiske data

Nord for Livø ligger NOVANA vandkemistationen (VIB3708-00001) (figur 2.1), hvorfra der foreligger en længere tidsserie med data. Prøverne er indsamlet hver 2.-3. uge med henblik på at bestemme koncentrationen af klorofyl, total kvælstof og total fosfor samt ilt, temperatur og salinitet. Data er præsenteret for den periode, hvor de nye revstrukturer er udlagt, fra marts 2017 til juni 2019. Yderligere CTD data fra perioden 2010 til 2020 blev analyseret med henblik på at vise dybdeprofiler af salinitet om sommeren og vinteren ved Livø Rev. CTD data omfattede dybdeprofiler af vandtemperatur, salinitet og ilt, mens vandprøver fra to dybder, overfladevand fra 0.6m og bundvand fra 7.3m, blev brugt til bestemmelse af klorofyl- og næringssaltkoncentration.

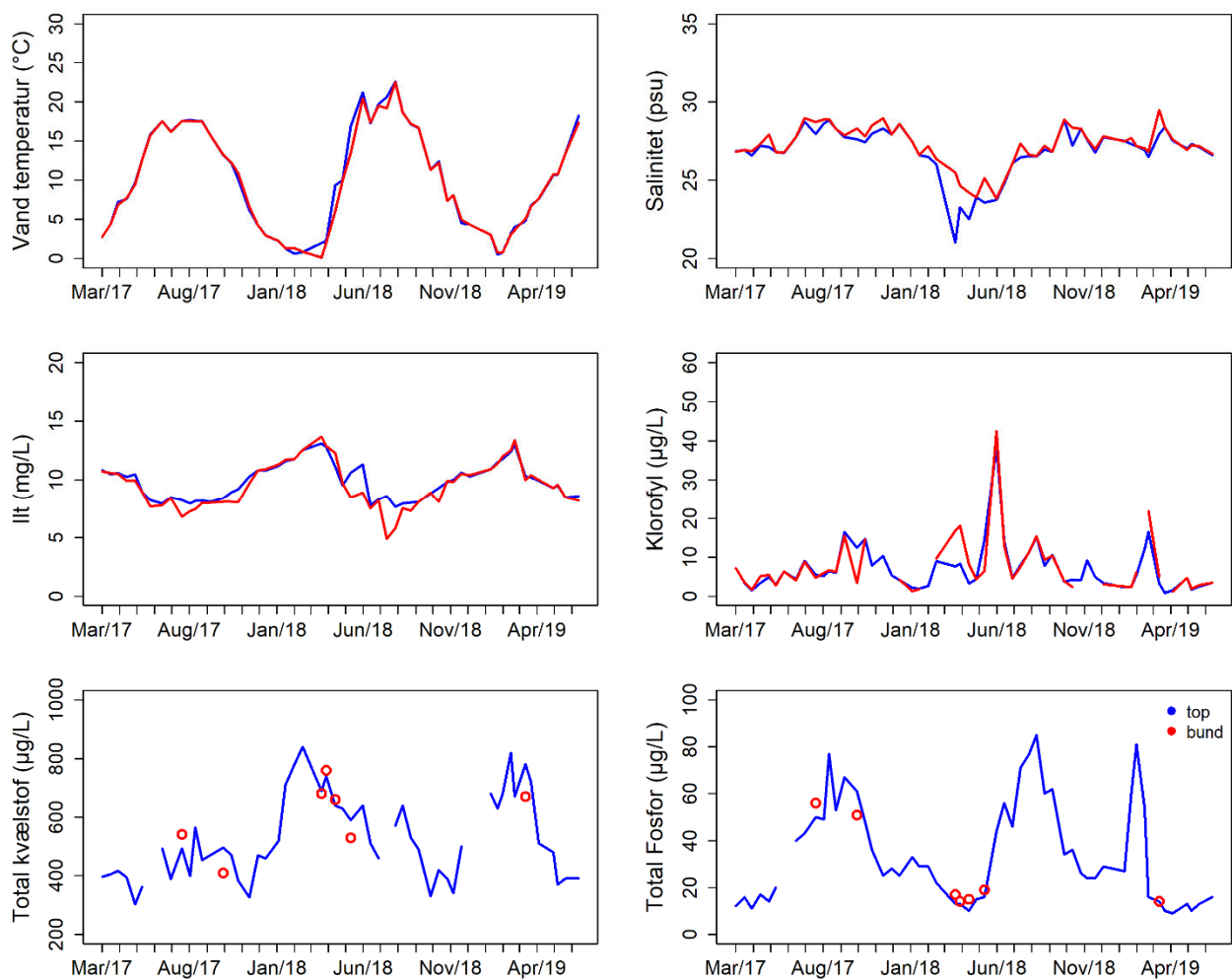
GIS beregninger

Der foreligger en bathymetrisk opmåling af havbunden, udført af GEUS som en del af projektet forud for etablering af de nye revstrukturer. Ved samme lejlighed blev overflade sedimentlaget karakteriseret (jævnfør figur 2.2). Yderligere er der lavet en bathymetrisk opmåling af de nye revstrukturer. For at beskrive projektets biologiske ændringer blev bathymetrierne inddelt i 1m-klasser, konverteret til polygoner og via ArcGIS "Identity" funktion kombineret med områdeafgrænsning og de oprindelige sedimentklasser.

4 Resultater

Karakterisering af vandmiljøet

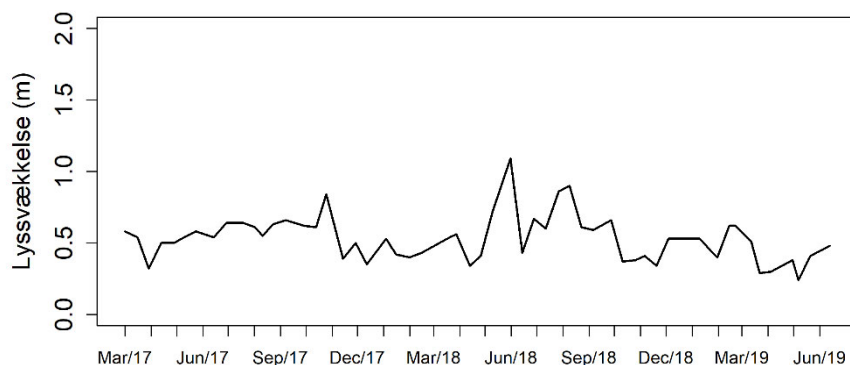
Data fra monitoringsstationen ved Livø viste en tydelig sæsonvariation i vandtemperatur, med høj temperatur om sommeren, hvor overfladevandet også var lidt varmere end bundvandet (Figur 4.1). Bundvandet var generelt mere salt end overfladevandet, og den lavere salinitet om vinteren kan tilskrives en afstrømning af ferskvand fra land (Figur 4.1). Iltkoncentrationen var nogenlunde den samme i hele vandsøjlen undtagen i juli 2018, hvor iltniveauet kun var omkring 4,9 mg/l i bundvandet. Den generelle opblanding i vandsøjlen kan også ses ud fra klorofylkoncentrationerne i vandsøjlen. Klorofylkoncentrationerne var omkring $7.26 \pm 6.46 \mu\text{g L}^{-1}$ og højere værdier blev fundet om sommeren og i efteråret. Juni 2019, hvor biodiversitetsundersøgelsen blev gennemført, var karakteriseret af lave total kvælstof og fosfor niveauer sammenlignet med vintermånederne. Næringssaltkoncentrationen var også nogenlunde den samme i hele vandsøjlen med en tydelig sæsonvariation, hvor den højeste kvælstofkoncentration typisk var i vintermånederne, mens fosforkoncentrationen var højest i sommermånederne. Lyssvækkelseskoefficienten i vandsøjlen var samlet set høj ($0.53 \pm 0.16 \text{ m}^{-1}$) (Figur 4.2), hvilket indikerer, at lystilgængeligheden på bunden var lav og at makroalgernes vækst var begrænset til lave vanddybder (Stæhr et al, 2020).



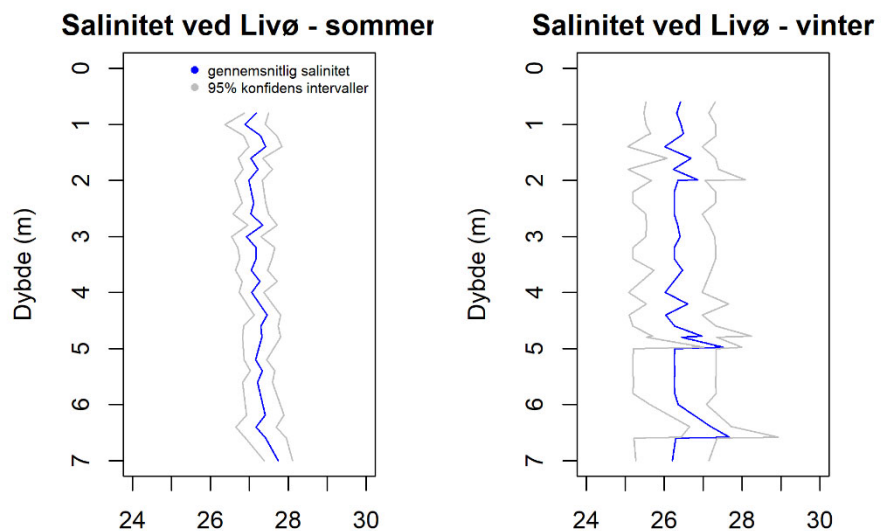
Figur 4.1. Figur 1. Månedlige værdier af vandtemperatur, salinitet, ilt, koncentrationen af klorofyl, total kvælstof og fosfor i overflade- (0,6 m) og bundvand (7,3 m) ved Livø i perioden marts 2017 til juni 2019. Total fosfor og kvælstof i bundvandet blev indsamlet færre gange og vises som røde cirkler i figuren.

Data, der viser dybdeprofilen for den gennemsnitlige saltholdighed over de sidste 10 år, viste en lidt højere saltholdighed om sommeren (27,2 psu) end om vinteren (26,4 psu), samt lidt højere saltholdighed i bundvandet (figur 4.3). Den gennemsnitlige årlige salinitet var 26,7 psu.

Figur 4.2. Lyssvækkelsen ved Livø i perioden marts 2017 til juni 2019.



Figur 4.3. Salinitetsprofiler ved Livø i sommerhalvåret og vinterhalvåret. Gennemsnitlig værdi med 95% konfidensinterval for periode 2010 – 2020.



Sedimentsammensætningen på den omgivende havbund

Den omliggende havbund ved de nye revstrukturer var meget variabel. Der var stationer, der havde karakter af stenrev med markante dækninger af mindre, men stabile sten, primært i ralfraktionen. De 4 rammer på station 51 havde dækninger af stabile sten mellem 85 og 94%. Også stationerne 28, 35 og til dels 33 havde høje stendækninger. På de tre sidste stationer var der generelt også en høj dækning af skaller, der i nogle tilfælde kan optræde som stabilt substrat. Andre stationer var alene præget af sandede sedimenter. Rammer med relativ høje stenforekomster forekom også på de dybeste indsamlinger. De enkelte stationers dybde og hårbundsprocent fremgår af bilag 2.

Arter på de nye revstrukturer og på den omgivende havbund

Der blev i alt fundet 64 forskellige faunaarter / taxa på de nye revstrukturer ved undersøgelsen med sugeprøver, færrest arter blev fundet på det lave dybdeinterval og flest på det dybeste (tabel 4.1). Der blev kun identificeret 12 taksonomisk forskellige makroalgearter. Artsantallet på den omgivende havbund var betydeligt større. Her blev der i alt identificeret 135 arter / taxa på de to dybdeintervaller - dog kun fauna. Det største artsantal på den omliggende havbund blev fundet i det laveste dybdeinterval. Det samlede artsantal (fauna + alger), der blev identificeret på både de nye revstrukturer og den omgivende havbund, var 168.

Tabel 4.1. Fordeling af fund af taxagrupper fordelt på dybder på rev og den omgivende havbund, samt i alt.

Tabel 11. Fordeling af fund af taxa-grupper fordelt på dybder på rev og den omgivende havbund, samt i alt.							
Klasse	Dybdeinterval/ Taxa antal	Nye revstrukturer			Omgivende havbund		Taxa i alt på rev og havbund
		2,4-3m	3,1-4m	4,1-5m	4,1-5m	5,1-5,5m	
Fauna							
	Anthozoa	0	1	1	2	2	4
	Arachnida	0	0	0	1	0	1
	Ascidacea	4	4	4	8	4	10
	Bivalvia	4	6	5	15	14	18
	Bryozoa	1	2	3	1	1	5
	Crustacea	8	10	11	18	11	25
	Echinodermata	2	2	2	2	2	2
	Gastropoda	3	5	4	14	14	20
	Hydrozoa	2	2	3	1	0	3
	Oligochaeta	0	0	2	0	0	1
	Nematoda	0	0	0	1	1	1
	Nemertea	0	0	0	1	1	1
	Polychaeta	12	12	15	47	38	59
	Polyplochophora	1	1	1	2	2	2
	Porifera	3	2	4	3	1	5
makroalger	I alt	40	47	55	116	91	157
	Chlorophyta	2	2	2	0	0	2
	Phaeophyta	3	3	2	0	0	3
	Rhodophyta	6	6	6	0	0	6
	I alt	11	11	10	0	0	11
Samlet artsdiversitet		51	58	65	116	91	168

Makroalge arter

I forbindelse med makroalgeundersøgelsen på det nye rev, blev der registreret 6 arter rødalger, 4 arter brunalger og 2 arter grønalger. Den flerårige brunalge *Fucus serratus* blev kun observeret på videoundersøgelsen. Arterne er registreret på alle dybder, med undtagelse af *Sargassum muticum*, og *Codium fragile* som ikke optrådte i prøverne fra 4,1-5 m (tabel 4.2).

Algesamfundet på det nye rev er domineret af mindre opportunistiske trådformede alger som *Ectocarpus siliculosus* og *Ceramium* (Figur 4.4) og *Polysiphonia fibrillosa*. Derudover var der også enkelte flerårige arter, hvis antal forventes at stige med tiden.

Figur 4.4 Stenrev med enkelte eksemplarer af større *Sargassum muticum*, samt trådalger som *Dasysiphonia japonica* og *Ectocarpus siliculosus*.



Tabel 4.2. Makroalger fordelt på dybdeintervaller på de nye revstrukturer. Algerne er opdelt på klasser og det er angivet, om der er tale om flerårige arter, trådformede arter, opportunistiske arter eller invasive arter.

	Flerårige arter	Trådformede alger	Opportunistiske alger	Invasive arter	Dybde 2,4-3m	Dybde 3,1-4m	Dybde 4,1-5m
Chlorophyta-Grøn alger							
<i>Codium fragile</i> , Gaffelgrenet plysalge				x	x	x	
<i>Ulva sp.</i> , Rørhinde-søsalat			x		x	x	x
Phaeophyta-Brun alger							
<i>Ectocarpus siliculosus</i> , Tynd vatalge		x	x		x	x	x
<i>Fucus serratus</i> , Savtang	x						
<i>Sargassum muticum</i> , Sargassotang	x			x	x	x	
<i>Sphacelaria cirrosa</i> , Brun totalge	x	x			x	x	x
Rhodophyta-Rødalger							
<i>Callithamnion corymbosum</i> , Tæt rødsky		x			x	x	x
<i>Ceramium sp.</i> , Klotang		x	x		x	x	x
<i>Dasysiphonia japonica</i> , Japansk dusklyng	(x)	x	x	x	x	x	x
<i>Lomentaria clavelllosa</i> , Almindelig rosenrør					x	x	x
<i>Polysiphonia fibrillosa</i> , Violet ledtang		x			x	x	x
<i>Vertebrata fucoides</i> , Almindelig ledtang	x	x			x	x	x

***Ascidacea* (søpunge)**

Revet og den omgivende havbund var koloniseret af en bred vifte af *Ascidacea*, som på revet udgjorde en stor del af såvel biomassen som individantallet.

Der var 3 arter som var særlig markante i de indsamlede sugeprøver, *Styela clava* (østasiatisk søpung) (figur 4.5) som også beskrives i afsnittet om invasive arter, *Ciona intestinalis* (alm. søpung) (Figur 4.5) og *Ascidella scrabra* (ru søpung). *Ciona intestinalis* er en forholdsvis stor (op til 15 cm) orange søpung, der ofte træffes i tætte grupper med mange individer sammen, og bl.a. findes på moler og sten i næringsrigt vand. Det er en hurtigt voksende art, som kan hindre muslingelarver i at bundslå og fæstne, og derved begrænse deres tilvækst.

Den mindre *Ascidella scrabra* (op til 5 cm) optræder ofte i algebæltet, den har høj frugtbarhed, er hurtigt voksende, og har derved gode forudsætninger for at indtage nye områder.

De geolokaliserede sten som blev observeret ved en videoundersøgelse i 2018 og 2019, viste også begge år store mængder trekantsorm, samt store ansamlinger af søpunge (*Ciona intestinalis* (alm. Søpung) og enkelte *Styela clava*.

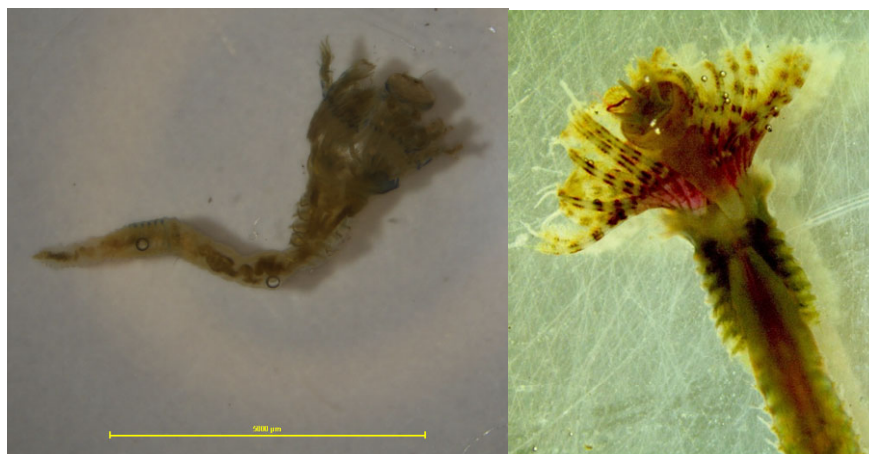
Figur 4.5. Sten udlagt ved Livø domineret af *Spirobranchus triqueter* (begge billeder), samt søpungen *Styela clava* (tv) søpungene *Ciona intestinalis* (tv og th).



***Polychaeta* (havbørsteorme)**

På de nye revstrukturer var faunaen domineret af *S. triqueter* (figur 4.5 og 4.6). Arten optræder normalt krybende henover sten og skaller, men ses på det nye rev i usædvanlig store mængder, hvor den voksede vinkelret væk fra stenen, støttende sig til artsfæller. Der lever ofte mange individer af samme art sammen, da larverne bundslår tæt ved, hvor de frigives. Arten betragtes visse steder som en "fouling" organisme, der kan være til stor gene for kommerciel skibsfart og som en opportunistisk art, der hurtigt indtager ledig plads. Videoer og fotos fra 2018 og 2019 viste, som sugeprøverne, at det nye rev er domineret af *S. triqueter* med meget høje dækningsgrader på mange af de større sten. Videoundersøgelser fra 2018 og 2019 tydede på en stigning i antallet af *S. triqueter* over de 2 år.

Figur 4.6. *Spirobranchus triquetus* udtaget af sit kalkrør (tv.) og med fokus på tentakelkronen og det 3 tornede låg (th).



Mange børsteormsarter er tilpasset livet oven på havbunden og der blev fundet markant færre arter på det nye stenrev. På de nye strukturer blev der registeret 17 forskellige arter / taxa som primært hører til de fritlevende havbørsteorme, der ikke laver eget hus, men lever frit på bunden og lever af levende og døde organismer. På den omgivende havbund blev der registeret 52 forskellige arter / taxa, bestående af såvel fritlevende havbørsteorme og rørbyggende havbørsteorme. Rørbyggende havbørsteorme har udviklet forskellige former til fangst af næringspartikler i vand og sediment.

Foruden trekantsormen, sås også forskellige arter skælrygge på revet som *Pholoe inornata*, *Lepidonotus squamatus* og *Harmothoe imbricata*. Det er forholdsvis almindelige arter i de danske farvande, der er kendetegnet ved at kroppen er beklædt med store skæl. Skælryggene er aktive jægere, der ofte optræder på hård bund og imellem skaller samt kalkrør. *L. squamatus* er en af de større arter, der bliver op til 5 cm (figur 4.7). For såvel skælryggene, som de andre polychaeter der fandtes på revet, drejer det sig om større mobile arter, der primært lever som aktive rovdyr.

Figur 4.7. Nærbillede af hovedenden af havbørsteormen *Lepidonotus squamatus*, der lever oven på havbunden.



De mange forskellige arter/taxa af havbørsteorme, der blev fundet på den omgivende havbund, tyder på et mangfoldigt habitat, som også ses i beskrivelsen af sedimentbunden side 20. Utallige familier er repræsenterede som eksempelvis Polynoidae (skælrygge), Phyllodocidae (bladrygge) samt Terebellida, der bl.a. er kendetegnet ved lange tentakler til indsamling af fødepartikler. Hos familien Spionidae (spionider), der er meget almindelig, ses også flere arter. Disse små orme lever nedgravet i sedimentet eller danner fine rør af mudder og sand. De er tilknyttet sedimentbunden og æder sandet, hvorfra de filtrerer fødepartiklerne.

Bivalvia (muslinger)

Der blev registreret en del større og mindre muslinger i forbindelse med undersøgelsen. På revet sås primært *Hiatella arctica* (hulemusling) og *Mytilus edulis* (blåmusling). *H. arctica* er en mindre musling (3-4 cm), der er knyttet til hårdt habitat. Den observeres ofte i hapterene (hæfterne) hos de store brunalger og i små hulninger på sten, hvor den klæber sig fast med trådlignende hæftere. Den kan se meget forskellig ud, da den tager form efter levestedet. Det er en almindelig art, der angiveligt også kan bore sig ind i sten/skaller vha. mekaniske bevægelser af skallerne. *M. edulis*, som er en almindelig art i Limfjorden, sås også på revet i et stort antal små individer. Det er en art, hvor der kan ses mange individer fæstnet til hinanden med byssustråde eller på hårdt substrat som det nye rev. *M. edulis* blev ikke registreret i sugeprøverne fra den omgivende havbund.

På den omgivende havbund var det den lille (op til 12 mm) *Kutiella bidentata* (hampefrømusling) der var mest talrig. Arten er meget almindelig i alle de danske farvande på blandet bund. I sugeprøverne fandt man også flere større eksemplarer af *Venerupis corrugata* (tæppemusling), der bliver op til 6 cm i længden og lever dybt nedgravet i blandet bund. Arten lever længe og er hurtigt voksende.

Det viste sig, i forbindelse med sugeprøvetagningen på den omgivende havbund, at området også er habitat for *Modiolus modiolus* (hestemusling), da der blev fundet flere større eksemplarer (ca. 19 / m² med en biomasse på ca. 33 g askefri tørvægt/m²). Arten er en semi-infaunaart, og hestemuslingesamfundene i Danmark ses som tætte forekomster af individer nedgravet ca. 2/3 i sedimentet. I de store habitatdannende samfund er individerne ofte meget gamle, og kan blive > 45 år (Afiati,1990). *M. modiolus* gyder først i en sen alder af 3-8 år og ikke nødvendigvis hvert år. Hestemuslingesamfundene og biogene rev, dannet af blåmuslinger, stabiliserer sedimentet og er habitat for en lang række organismer. *M. modiolus* kan potentielt indgå som udpegningsgrundlag for den marine naturtype rev, og er på OSPAR's og HELCOM's liste over "rødliste arter", dvs. truede arter.

Video af den omgivende havbund, viste en forholdsvis varieret bund, med områder med sand og mere stenede områder med mange tomme muslingeskaller. De tomme muslingeskaller tyder på, at bunden har været beboet af forskellige større muslingearter som *Ensis* (knivmusling), *Modiolus modiolus*, *Venerupis corrugata*, samt østers (europæisk østers og / eller stillehavsøsters).

Der blev også registreret den invasive *Petricola pholodiformis* (amerikansk boremusling) i prøver fra såvel rev som den omgivende havbund.

Gastropoda (snegle)

Der blev fundet i alt 20 forskellige arter / taxa snegle i forbindelse med undersøgelsen. Størstedelen var tilknyttet den omgivende havbund, hvor der sås en række mindre arter. På såvel rev som sedimentbunden var *Bittium reticulatum* (lille tårnsnegl) talrig. På revet blev der fundet mange små *Peringia ulvae* (stor dyndsnegle), som er almindelige på lavt vand, hvor de lever af bakterier og kieselalger.

Der blev også registeret den invasive *Crepidula fornicata* (tøffelsnegl) i prøver fra den omgivende havbund.

Crustacea (krebsdyr)

De større krebsdyr, der blev registeret i forbindelse med undersøgelsen, sås primært i forbindelse med dykning og video. Der blev observeret krabber (sandsynligvis *Carcinus maenas* (almindelig strandkrabbe) og *Liocarcinus depurator* (almindelig svømmekrabbe), som begge er fundet i prøver fra den omgivende havbund, rejer og *Homarus gammarus* (alm. hummer) (figur 4.8). Artsdiversiteten hos krebsdyrene er forholdsvis høj, da der i alt er registeret 28 forskellige arter / taxa (inkl. hummer, strandkrabber og rejer). Hummerbestanden på de udlagte revstrukturer var usædvanlig høj. En specifik eftersøgning efter hummer (figur 4.8) udført af en dykker på en af revstrukturerne førte til fund af 7 individer på mindre end 10 minutter.

Figur 4.8. Hummer på vej ud af sin hule på de nye revstrukturer ved Livø



I sugeprøverne var særligt 4 familier af krebsdyr dominerende antalsmæssigt. *Monocorophium insidiosum*, en op til 5 mm rørbyggende slikkrebs der bygger tynde slimrør i bl.a. alger og på skaller, blev fundet i stort tal på de nye revstrukturer, men også registeret på den omgivende havbund. Arten er tilknyttet såvel blød- som hårbund. Slikkrebsene bor i små U-formede huler eller slimrør, og er kendetegnet ved et par kraftige fremadrettede antenner. De lever bl.a. som filtratorer, hvor de fanger små partikler i vandsøjlen vha. bagbenene, men ernærer sig også ved at skrabe detritus og mikroorganismer af sedimentoverflade, sten og skaller vha. de kraftige antenner.

Derudover optræder der også 2 arter af slægten *Microdeutopus* i sugeprøverne, *M. anomalus* og *M. gryllothalpa*. Begge arter optræder blandt alger, på hårbund og i ålegræsbede, og *M. gryllothalpa* trives ved højt næringsindhold.

Blandt crustacea sås også talrige *Caprella* (skeletreje). Særligt i sugeprøverne fra revet optrådte de i stort tal. *C. linearis* (almindelige skeletreje) kan blive op til ca. 2 cm, og ses let med det blotte øje. Familien er en type ”stærkt modificerede tanglopper”, og er kendetegnet ved stærkt reducerede ben på midten af kroppen og modificerede kropsdele, der er egnede til at holde fast i bl.a. tang. Den bevæger sig meget langsomt igennem bevoksningen og er forsynet med torne på et par af benene, som benyttes ved fangst af smådyr. Blandt de mange skeletrejer, fandtes også den nyligt introducerede invasive *C. mutica* (japansk skeletreje) (figur 4.9).

Figur 4.9. Den invasive skeletreje
Caprella mutica



Echinodermata (pighuder)

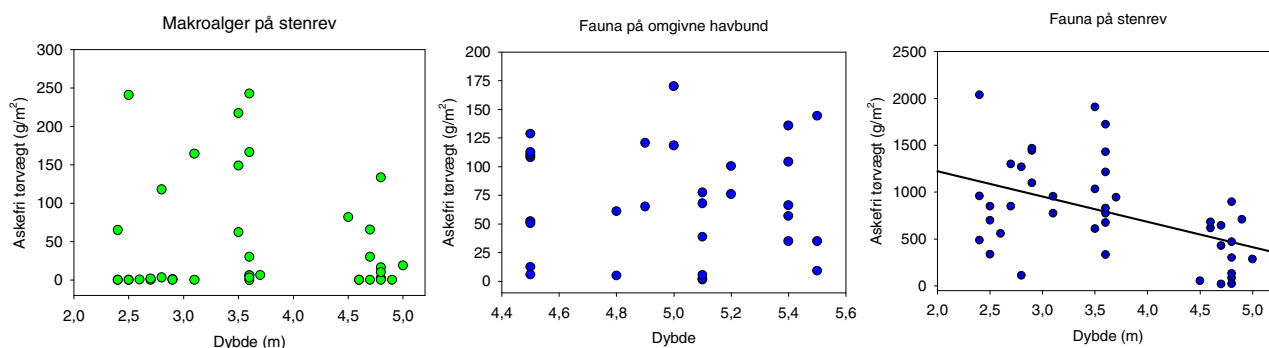
Der blev kun registeret 2 arter af pighuder i forbindelse med undersøgelsen (i såvel sugeprøver som på videoer og under dykning), nemlig *Asterias rubens* (almindelig søstjerne) og *Psammechinus miliaris* (tangborre). Arterne optrådte dog i stort antal og udgjorde en stor andel af biomassen (se også afsnit 4.3). *A. rubens* er kendt som et grådig rovdyr, der æder såvel ådsler som levende dyr, bl.a. muslinger. *P. miliaris*, er et søpindsvin, der potentielt kan græsse markant på algerne, og være betydende for algesamfundets biomasse, men som omnivor lever den også af bunddyr som muslinger.

Andet fauna

Foruden ovennævnte taxa blev der fundet *Anthozoa* (koraldyr, her søanemoner), *Pycnogonida* (havedderkopper), *Bryozoa* (mosdyr), *Polychaeta* (skallus) og *Porifera* (havsvampe) i sugeprøverne. På video og under dykning blev der derudover observeret fisk som *Gobiidae* (kutlinger) og *Ctenolabrus rupestris* (havkarusse) samt en enkel *Metridium senile* (sønellike) og en del *Aurelia aurita* (almindelig vandmand).

Biomasser i indsamlede prøver

Fordelingen af biomasser af fauna og makroalgevegetation i de enkelte prøver på den omgivende havbund og på de nye revstrukturer som funktion af dybde fremgår af figur 4.10. Der blev ikke registreret makroalger på den omliggende havbund. Faunabiomasserne var generelt højere på de nye stenstrukturer end på den omgivende havbund, også i det overlappende dybdeinterval fra 4,5-5 m.

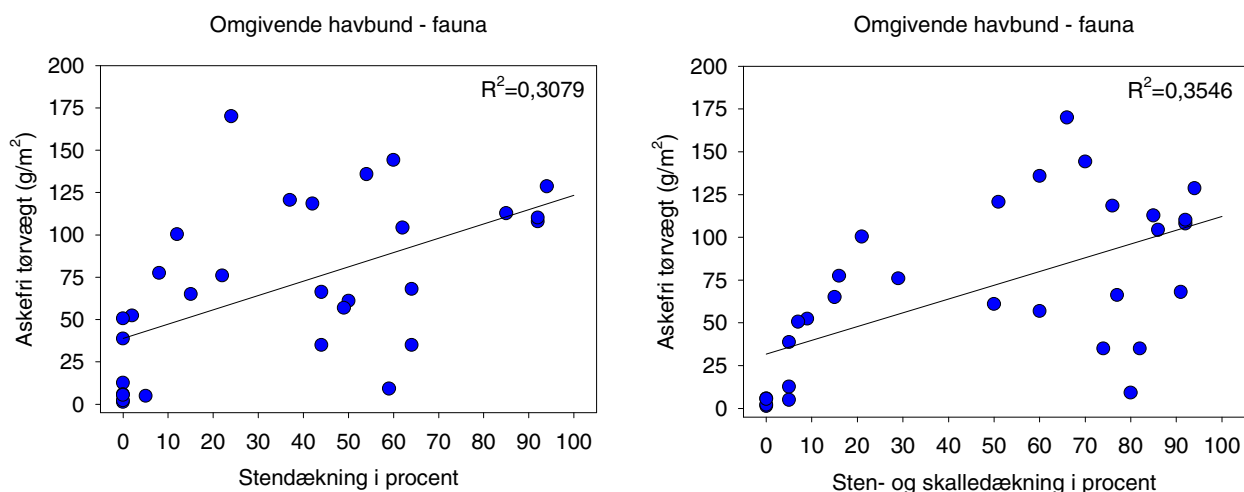


Figur 4.10 Biomasser af makroalger i de enkelte prøver indsamlet på sten på de nye revstrukturer (tv.) og fauna i de enkelte prøver indsamlet på den omgivende havbund (midten) og sten fra de nye revstrukturer (th.) hvor også en regressionslinje er tilføjet (jævnfør tabel 4.3).

Indsamlingen på den omgivende havbund foregik på et meget variabelt sediment, fra næsten ren stabil hårdbund til helt sandet sediment. Lineær regressionsanalyse viste, at mængden af bundfauna var signifikant afhængig af både sten og sten+skaller vurderet i prøverammerne (tabel 4.3 og figur 4.11) men uafhængig af dybden. Den estimerede biomasse på den rene sandbund er bestemt til mellem 32 og 39 g askefri tørvægt / m² ved to regressioner, mens en bund dækket helt af sten eller sten og skaller har estimerede biomasser på mellem 112 og 123 g askefri tørvægt / m². Den gennemsnitlige bundfaunabiomasse på stenstrukturerne indsamlet i prøver inden for dybdeintervallet 4,5-5 m var 382 g askefri tørvægt / m², mere end 3 gange så stor end hvad der blev fundet på den omgivende havbund i samme dybdeinterval. De gennemsnitlige biomasser af både alger og bundfauna på stenstrukturerne i øvrigt var på 993 g askefri tørvægt / m² i dybdeintervallet 2,4-3 m, 1097 g askefri tørvægt / m² i dybdeintervallet 3,1-4 m og 408 g askefri tørvægt / m² i 4,1-5 m dybdeintervallet (figur 4.12). Vi fandt ikke en signifikant effekt af dybden på de nye revstrukturer for makroalgernes vedkommende, men derimod en negativ effekt af dybden for bundfaunaens vedkommende (figur 4.10 og tabel 4.3).

Tabel 4.3. Lineære regressionsanalyser mellem bundfauna biomasser og henholdsvis dybde på de nye revstrukturer og dykker-vurderet stendækning og sten+skalledækning på den omgivende havbund

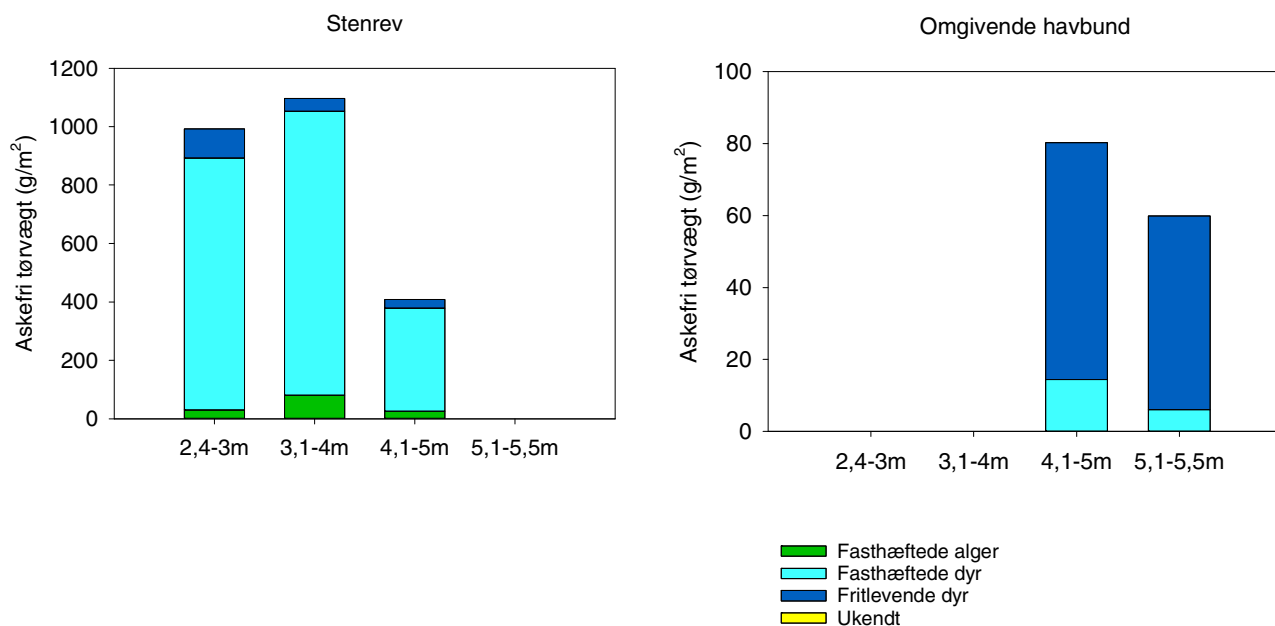
	Koefficient	Std	t	P
Bundfauna som funktion af dybde på de nye revstrukturer				
Y0	1763,016	297,873	5,919	<0,0001
a	-270,054	79,558	-3,394	0,0016
R ² = 0,228				
Bundfauna som funktion af stendækning på den omgivende havbund				
Y0	38,8639	11,4283	3,4007	0,0020
a	0,8443	0,2393	3,5290	0,0015
R ² = 0,3079				
Bundfauna som funktion af sten- og skalledækning på den omgivende havbund				
Y0	31,6862	12,0156	2,6371	0,0135
a	0,8063	0,2056	3,9223	0,0005
R ² = 0,3546				



Figur 4.11 Bundfaunabiomasse opgjort som askefri tørvægt/m² som funktion af dykkervurderet dækning af stabile sten (tv.) eller sten og skaller (th.) samt estimeret regressionslinje (jævnfør tabel 4.3).

Fordeling af biomasser på "levevis" og "habitat"

Andelen af autotrofe fasthæftede makroalger udgør kun mellem 3 og 7% af de samlede biomasser på de nye stenstrukturer og 0% på den eksisterende havbund (figur 4.12). Andelen af fauna der er fastsiddende, er helt dominerende på de nye revstrukturer, mens fritlevende dyr på den omgivende havbund udgør mellem 82 og 90% af biomasserne. Andelen af kolonidannende fauna udgjorde en meget lille andel af den samlede faunabiomasse (mellem 0,003 og 0,42%).

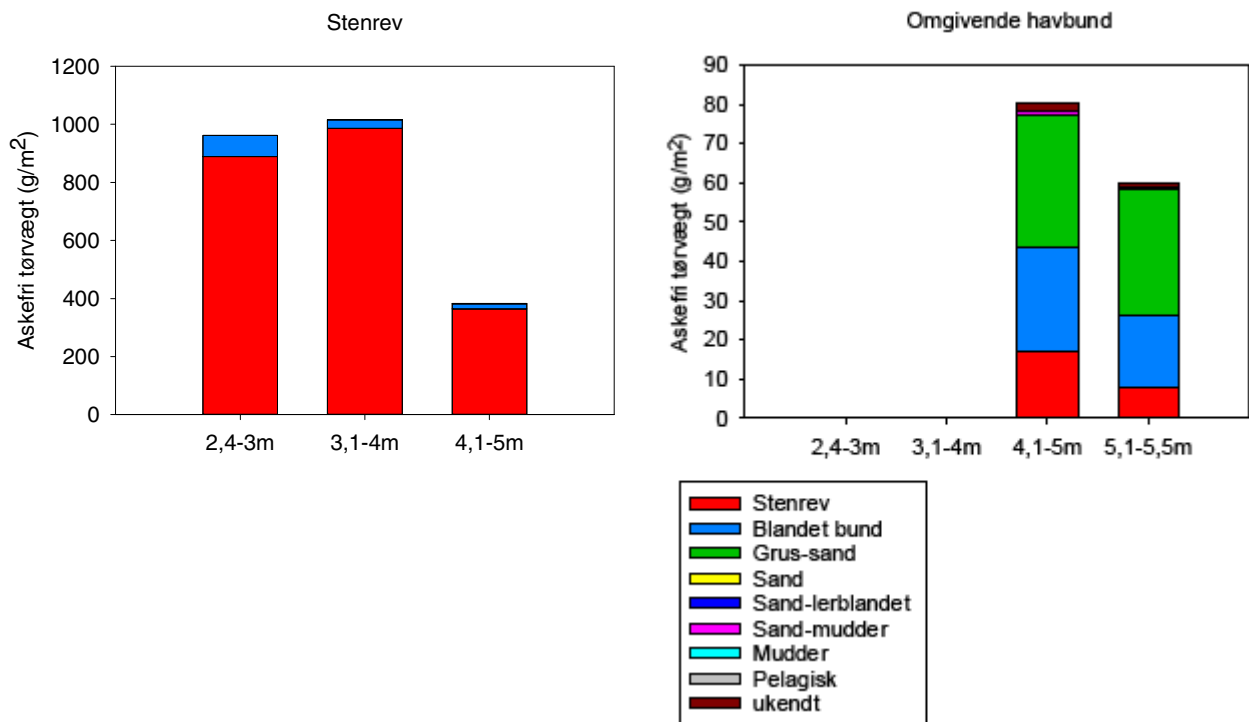


Figur 4.12. Gennemsnitlige biomasser fordelt på levevis: fastsiddende makroalger, fastsiddende fauna, fritlevende fauna og en lille gruppe med ukendt levevis fordelt på de nye revstrukturer (tv) og den omgivende havbund (th). Legenden er ens for begge figurer.

Ikke overraskende bestod mere end 99% af faunabiomasserne af epibentiske arter i de tre dybdeintervaller på revstrukturerne, men der var nogle promiller af typiske infaunaarter. Disse må formodes at leve mellem de tætte belægninger af fauna på stenene.

På den omgivende havbund udgjorde infauna 31% af den samlede faunabio-masse på det lave dybdeinterval og 26% på det dybe. Pelagiske arter var mere almindelige i sugeprøverne fra den omgivende havbund, hvor de udgjorde omkring 1% af biomasserne i de to dybdeintervaller. De resterende biomasser bestod af epibentiske arter.

Langt hovedparten af faunabiomassen på de nye revstrukturer havde, ikke overraskende, "stenrev" som habitat, men der var også nogle arter, der trivedes på habitatet "blandet bund" dvs. både hård og blød bund (figur 4.13). Ca. 97% af biomasserne fra sugeprøverne indsamlet på den omgivende havbund fordelte sig mellem habitatene "stenrev", "blandet bund" og "grus-sand-bund". Arter knyttet til blødere sedimenter var således stort set ikke tilstede.

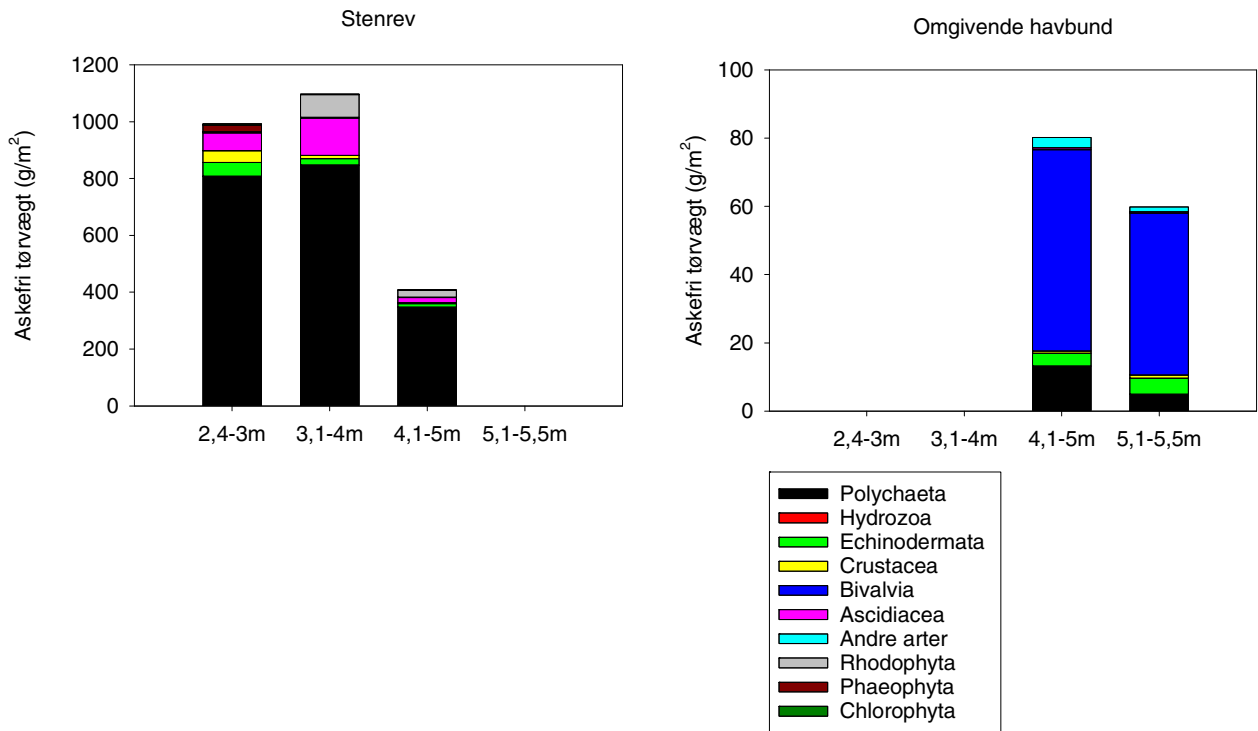


Figur 4.13 Gennemsnitlig fauna biomasser fordelt på foretrukne habitater for prøver taget på de nye revstrukturer (tv.) og den omliggende havbund (th.). Legenden er ens for begge figurer men Y-aksen er forskellig.

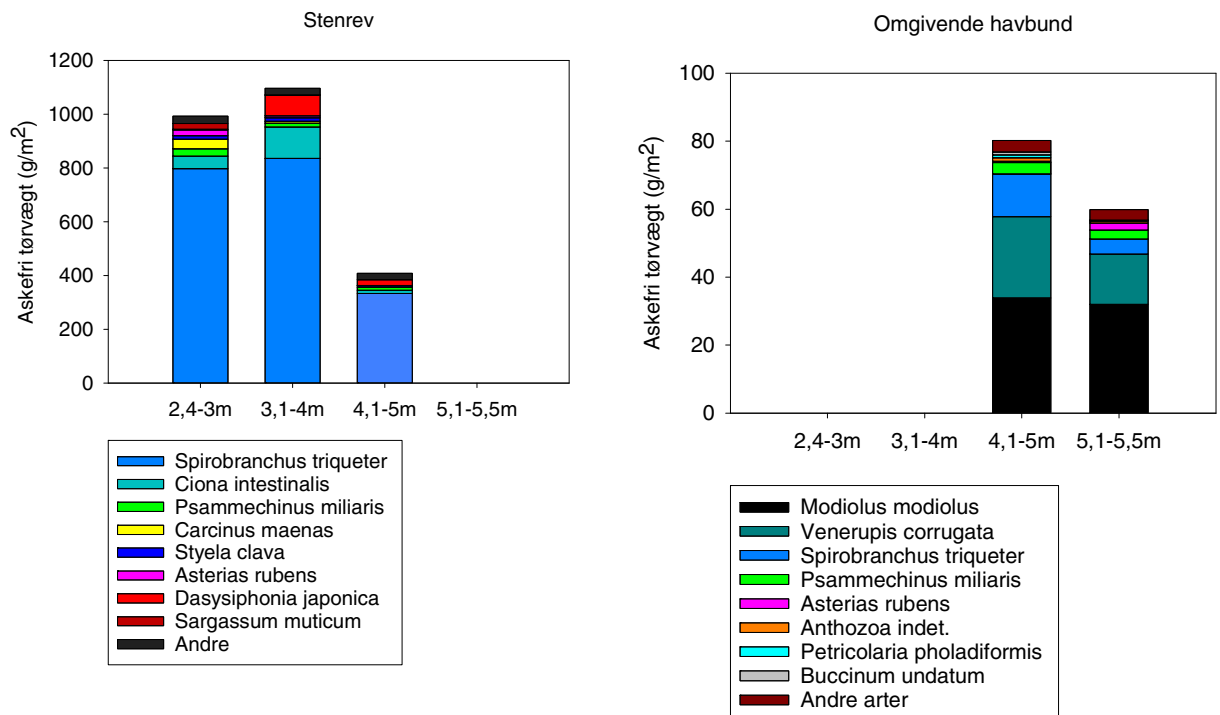
På de nye revstrukturer er biomasserne helt domineret af polychaeter i alle tre dybdeintervaller (figur 4.14) og her er det næsten udelukkende *S. tricheter*, som er fundet (4.15). Der er også målt betydelige biomasser inden for Ascidiacea, Echinodermata og Crustacea. Makrolagerne Phaeophyta og Rhodophyta findes også, men ikke alle er lige udbredt i de tre dybdeintervaller. Søpunge er domineret af to arter *Ciona intestinalis* og den invasive art *Styela clava* (figur 4.5). *Carcinus maenas* er almindelig på den lave vanddybde. Echinodermata er domineret af søpindsvinet *Psammechinus miliaris* og søstjernen *Asterias rubens*. De invasive arter *Dasysiphonia japonica* og *Sargassum muticum* udgør langt hovedparten af henholdsvis rødalge- og brunalgebiomasserne og henholdsvis 72 og 16% af de samlede algebiomasser.

På den omgivende havbund udgør Polychaeter en stor del af biomasserne. Som på de udlagte sten er *S. triqueter* også helt dominerende her (figur 4.14 og 4.15). To arter af Bivalvia, *Venerupis corrugata*, der lever nedgravet i sandblandet bund og *Modiolus modiolus*, der findes delvist nedgravet på grusede-småstenede havbunde, dominerede fuldstændigt. Echinodermata udgør den tredje største bio-

masse bestående af søpindsvinet *Psammechinus miliaris* og søstjernen *Asterias rubens*. Sedimentboende søanemoner (Anthozoa indet.), den invasive *Petricola pholadiformis* (amerikansk boremusling) og *Buccinum undatum* (almindelig konk) var også blandt de 8 mest dominerende arter men med relativt små biomasser.



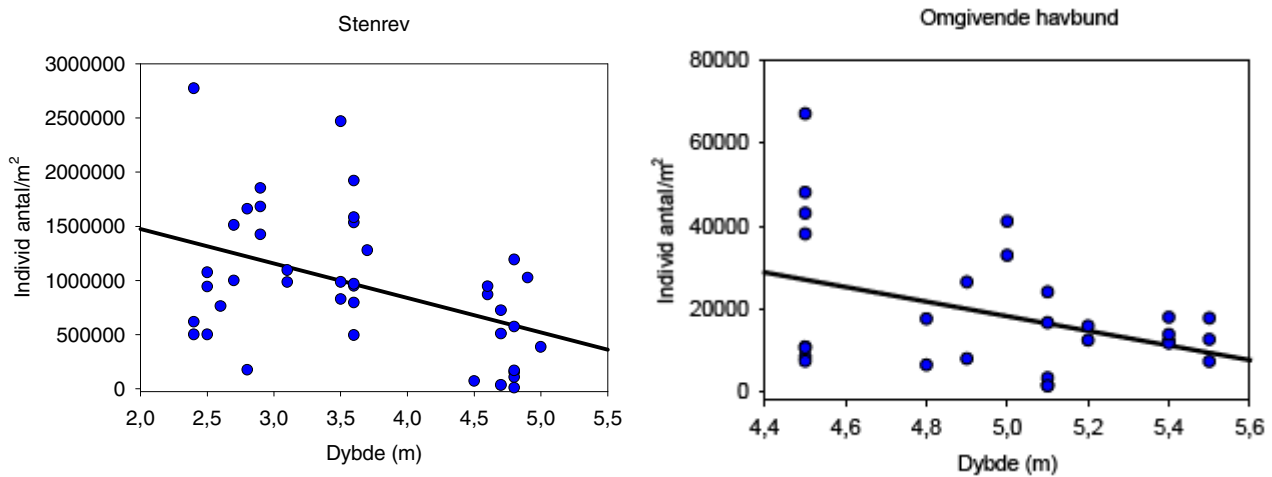
Figur 4.14. Gennemsnitlige biomasser i dybdeintervaller fordelt på klasser på de nye revstrukturer (tv.) og den omgivende havbund (th.) Legenden er ens for begge figurer, men Y-aksen forskellig.



Figur 4.15. Gennemsnitlige biomasser i dybdeintervaller fordelt på de 8 mest dominerende arter og restgruppen på de nye stenstrukturer (tv.) og den omgivende havbund (th.) Bemærk Y-aksen er forskellig på de to figurer.

Individtætheder af fauna organismer

Individtætheden på de nye revstrukturer er exceptionel høj, om end der også er en betydelig variation mellem de enkelte prøver, der her udtrykkes pr. m² havbund. Individtætheden af fauna er betydelig lavere på den omgivende havbund (figur 4.16.) Både på de nye revstrukturer og den omgivende havbund aftager individtætheden signifikant med stigende dybde (tabel 4.3).



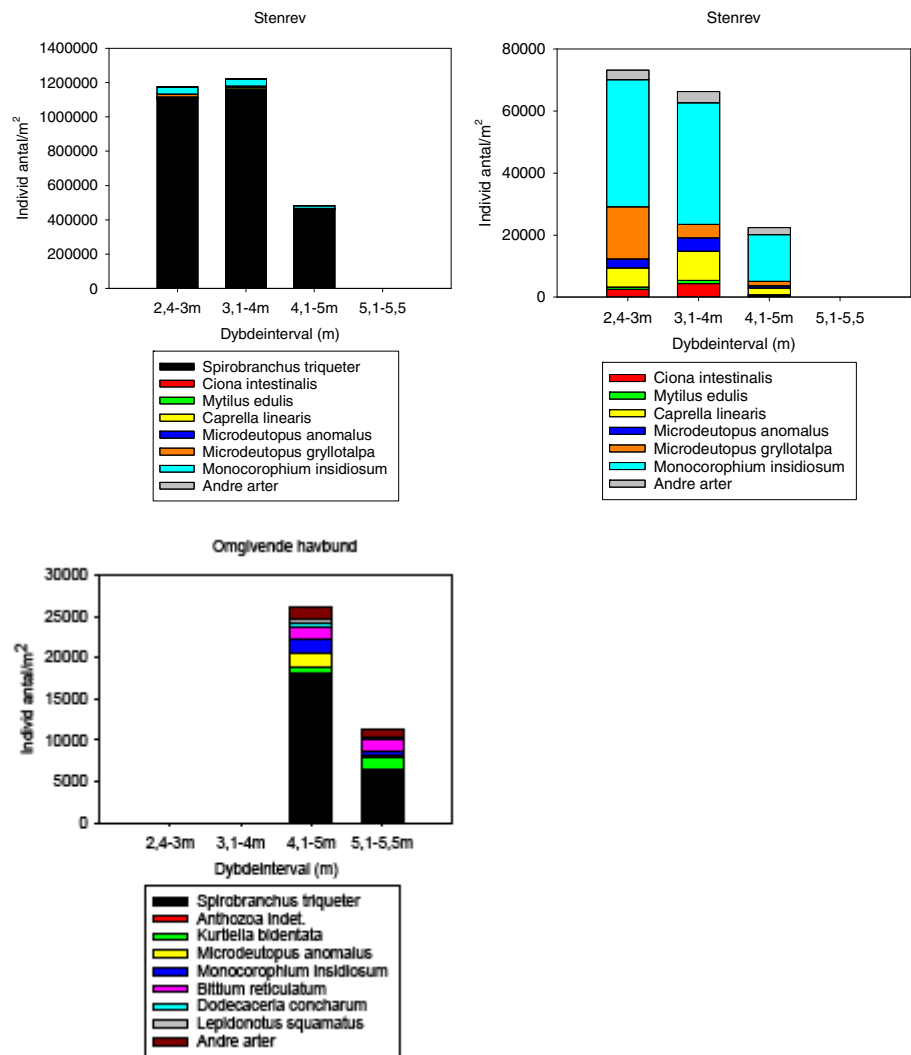
Figur 4.16. Antal faunaindivider pr. prøve justeret til 1m² fordelt på dybde. Tv. indsamlet på de nye revstrukturer, th. indsamlet på den omgivende havbund. Bemærk Y akserne er forskellige på de to figurer.

Tabel 4.3. Lineære regressionsanalyser mellem bundfauna individtætheder og dybde på henholdsvis den omliggende havbund og de nye revstrukturer.

	Koefficient	Std	t	P
Fauna individtæthed som funktion af dybde på de nye revstrukturer				
Y0	2114169	381500	5,542	<0,0001
a	-318952	101893	-3,130	0,0033
R ² = 0,201				
Fauna individtæthed som funktion af dybde på den omgivende havbund				
Y0	106434	37404	2,846	0,0082
a	-17637	7466	-2,362	0,0254
R ² = 0,166				

Mere end 99% af de identificerede faunaindivider bestod af enten polychaeter eller krebsdyr på revstrukturerne og her var polychaeten *S. triqueter* fuldstændig dominerende og udgjorde mellem 94 og 96% af det samlede individantal i de tre dybdeintervaller (figur 4.17).

Figur 4.17. Hyppighed af de mest dominerende arter i dybdeintervaller samt en samlet gruppe for de øvrige. Bemærk at Y akserne er forskellige på de tre figurer.
 Øverst tv. på de nye revstrukturer.
 Øverst th. på revstrukturer uden *Spirobranchus triqueter*.
 Nederst på den omgivende havbund.



De 6 øvrige mest hyppige arter, her nævnt efter hyppighed, var de 4 krebsdyr *Monocorophium insidiosum* (figur 4.18), *Microdeutopus gryllotalpa*, *Caprella linearis* og *Microdeutopus anomalus* (figur 4.19) og herefter følger sækdyret *Ciona intestinalis* og blåmuslingen *Mytilus edulis*.

Figur 4.18. Krebsdyret *Monocorophium insidiosum* var, bortset fra polychaeten *Spirobranchus triqueter*, den mest hyppige art både på de nye revstrukturer og på den omliggende havbund.



Figur 4.19. Krebsdyret *Microdeutopus anomalus* forekom også hyppigt på både revstrukturer og særligt i det laveste undersøgte dybdeinterval på den omliggende havbund.



Individttætheden på den omgivende havbund er næsten en faktor 20 mindre i dybdeintervallet 4,1-5m, som er fælles for både revstrukturer og den omliggende havbund. *S. triqueter* er også antalsmæssigt den dominerende art, men ikke i nær så høj grad, som det er tilfældet på revsstrukturerne (figur 4.17). To krebsdyrarter er også hyppige på den omgivende bund, *Microdeutopus anomalus* og *Monocorophium insidiosum*, sammen med muslingen *Kurtiella bidentata*, sneglen *Bittium reticulatum*, søpunge Anthozoa indet og to havbørsteorme, *Dodecaceria concharum* og *Lepidonotus squamatus*. *Dodecaceria concharum* lever nede i blødere sedimenter, mens *Lepidonotus squamatus* lever oppe på bunden, begge som fritlevende organismer.

Søpindsvin

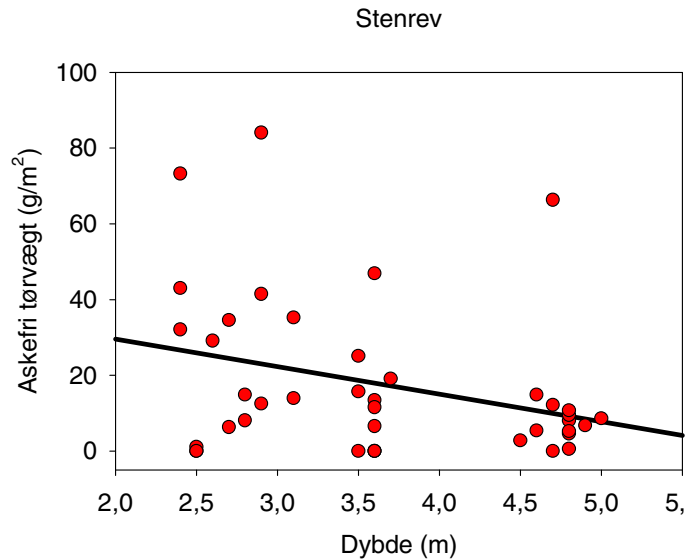
Søpindsvinet *Psammechinus miliaris* (figur 4.20) forekom med 6 gange større biomasse per m² i gennemsnit (17,64g askefri tørvægt vs. 2,96g askefri tørvægt) og med 2,6 gange større individ tæthed (135 vs. 51) på de nye revstrukturer sammenlignet med den omgivende bund. Der var en svag men signifikant negativ lineær sammenhæng mellem biomassen og dybden på revstrukturer (tabel 4.4 og figur 4.21), men ingen signifikant effekt på individtætheden. Tilsvarende var der ikke en signifikant effekt af hverken biomasse eller individtæthed af *Psammechinus* på algebiomasser.

Figur 4.20. Adskillige eksemplarer af søpindsvinet *Psammechinus miliaris* der sammen med med *Carcinus maenas*, *Ciona intestinalis* og *Asterias rubens*. Disse arter sidder oven på et tæt tæppe af *Spirobranchus triqueter*.

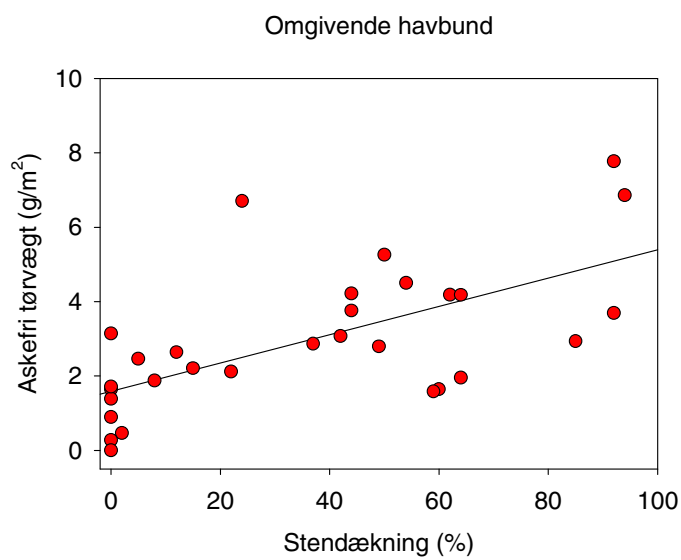


På den omgivende havbund var der en positiv signifikant sammenhæng mellem både biomasse og individtæthed af *Psammechinus miliaris* og stentætheden (tabel 4.4 og figur 4.22 og 4.23). Ifølge de præsenterede lineære regressionsmodeller (tabel 4.4), var den beregnede biomasse og individtæthed på hhv. 5,4 g askefri tørvægt og 93 stk. pr m^2 ved fuldt stendække på den omgivende havbund. Tilsvarende er estimeret på den stenfri bund 1,6 g askefri tørvægt og 27 individer. På den omgivende bund var der ingen signifikant effekt af dybden inden for det undersøgte dybdeinterval.

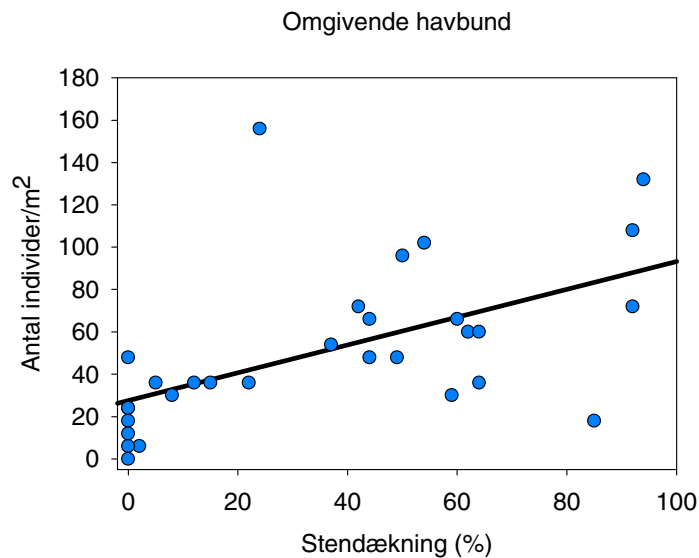
Figur 4.21. Askefri tørvægt (g/m^2) af *Psammechinus miliaris* (tangborre) som funktion af dybde med tilhørende regressionslinje fra prøver taget på de nye revstrukturer.



Figur 4.22 Askefri tørvægt (g/m^2) af *Psammechinus miliaris* (tangborre) som funktion af stentæthed med tilhørende regressionslinje fra prøver taget på den omgivende havbund.



Figur 4.23. Individttæthed per m² af *Psammechinus miliaris* (tangborre) som funktion af stentæthed med tilhørende regressionslinje fra prøver taget på den omgivende havbund.



Tabel 4.4. Lineær regressionsanalyse mellem biomasse af *Psammechinus miliaris* målt som askefri tørvægt/m² og dybden på de nye revstrukturer og tilsvarende lineær regressionsanalyse mellem biomasse og individttæthed per m² som funktion af stendække på den omgivende havbund.

	Koefficient	Std	t	P
Psammechinus biomasse som funktion af dybde på nye revstrukturer				
Y0	44,124	13,104	3,367	0,0017
a	-7,284	3,500	-2,081	0,0440
R ² = 0,100				
Psammechinus biomasse som funktion af stendækning på omgivende havbund				
Y0	1,589	0,416	3,824	0,0007
a	0,038	0,009	4,375	0,0002
R ² = 0,406				
Psammechinus individantal som funktion af stendækning på omgivende havbund				
Y0	27,540	8,789	3,133	0,0040
a	0,657	0,184	3,572	0,0013
R ² = 0,313				

Overordnet effekt af udlægning af stenrev

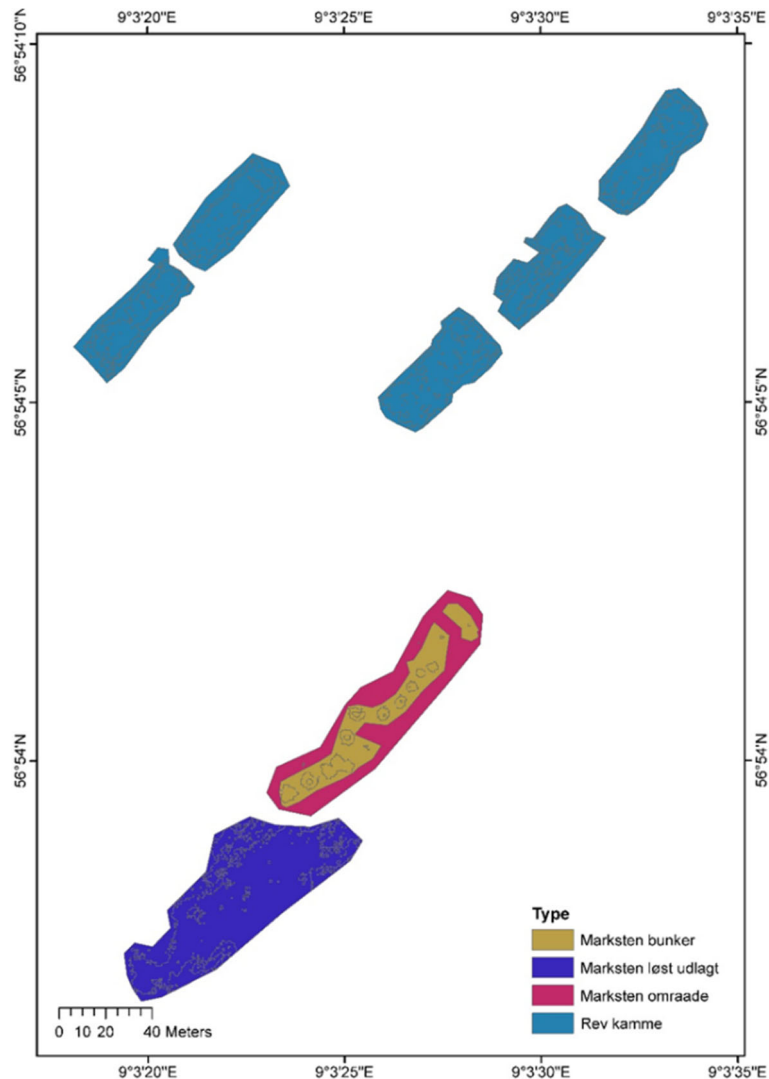
I dette afsnit estimeres, hvad der er tabt af biomasser og individantal på den oprindelige havbund ved udlægning af nye sten, og hvad der er vundet.

Da der ikke blev fundet en effekt på biomassen af dybde på den omliggende havbund, men derimod en effekt af sedimentets sammensætning (stentæthed) er de gennemsnitlige biomasser og individttætheder alene grupperet og beregnet i henhold til sedimenttyper.

Prøverne er klassificeret således, at prøver med en dykkervurderet dækning fra 0-5% er sat til GEUS sedimenttype "sand-ralbund" (i alt 9 prøver). De øvrige er klassificeret til enten sten <25% (>5-25% stendækning) i alt 5 prøver og >25% sten i alt 16 prøver (jævnfør figur 2.2) Beregningerne er lavet under antagelse af, at prøver indsamlet på den omgivende havbund er repræsentative for tilsvarende bundtyper, der nu ligger under revstrukturerne.

Arealet, de nye stenstrukturer dækker, opdelt i dybdeintervaller, er beregnet ud fra en GIS-analyse af de opmålte bathymetri data efter revets anlæggelse samt en ydre fastlagt afgrænsning af de nye revstrukturer. Revkammene (angivet med blå i figur 4.24) er skarpt afgrænset og områderne helt dækket af flere lag sten undtagen lige i kanten. Revtoppene med marksten er afgrænset manuelt som angivet ved det gule område. Det store område med løst udlagte marksten er formegentlig ikke fuldt dækket med sten, men kan ikke afgrænses anderledes end med en ydre grænse. Figur 4.24 viser den anvendte ydre afgrænsning for revstrukturerne, hvis samlede areal var på 12.668m².

Figur 4.24. Arealer dækket eller delvis dækket af nye stenstrukturer bestemt ud fra plantegninger og bathymetriske opmålinger. Området med rødt er udtaget af arealet.



Biomasserne der er tabt, er beregnet ved først at bestemme de gennemsnitlige biomasser på den omliggende havbund opgjort for tre sedimentklasser (jævnfør figur 2.2). Sand og ralbund (sten>5% dækning), sand / grusbund med 5-25% sten og bund med sand / grus og >25% sten. De gennemsnitlige biomasser for fauna og flora klasser er givet i tabel 4.5. Disse biomasser er herefter ganget op med arealerne bestemt for de tre bundtyper, som var henholdsvis 4991, 3548 og 4129m² (tabel 4.5)

Det er estimeret, at der samlet er tabt biomasse svarende til 809 kg askefri tørvægt på de 12.668 m² havbund, hvor de nye revstrukturer er udlagt (tabel 4.5). Langt hovedparten består af bivalvia (muslinger) med 626 kg men også polychaeter (havbørsteorme) med 97 kg og echinodermata (pighuder som bl.a. søpindsvin) med 49 kg askefri tørvægt er betydningsfulde.

Biomasserne på de nye revstrukturer blev tilsvarende beregnet ved at gange de gennemsnitlige biomasser i de tre anvendte dybdeintervaller med de estimerede arealer, som var på henholdsvis 171 m² på 2,4-3 m dybdeintervallet, 5.833 m² på 3-4 m dybdeinterval og 6.665 m² på 4-5 m dybdeinterval (tabel 4.6).

Biomasserne på de nye revstrukturer er estimeret til 9.286 kg askefri tørvægt, svarende til en samlet øgning på 11½ gange i forhold til estimatet for den oprindelige havbund (tabel 4.6). Polychaeta (havbørsteorme og her specielt *Spirobranchus triqueter*) var med 7.386 kg askefri tørvægt klart dominerende. Ascidiacea (søpunge) var med 903 kg den næst mest dominerende art og herefter fulgte Rhodophyta (rødalger) med 629 kg. Echinodermata og Crustacea med henholdsvis 217 og 89 kg askefri tørvægt udgjorde også betydningsfulde biomasser. Samlet set blev der estimeret algebiomasser på 650 kg.

Tabel 4.5. Estimer af gennemsnitlige prøvebiomasser på tre sedimenttyper GEUS har leveret areal for, samt samlet biomasse for arealer med hver tre sedimenttyper, som nu er dækket af revstrukturer.

Antal prøver/arealer	Gennemsnitlig vægt i sugeprøver (g askefri tørvægt/m ²)			Biomasse på areal (kg askefri tørvægt/m ²)			
	Sand og ral	Sten 5-25%	Sten >25%	Sand og ral	Sten 5-25%	Sten >25%	Alle bundtyper
	N=9	N=5	N=16	4991m ²	3548m ²	4129m ²	12668m ²
Anthozoa	0,6402	0,5681	0,9035	3,195	2,016	3,730	8,942
Arachnida	0,0000	0,0000	0,0001	0,000	0,000	0,000	0,000
Ascidiacea	0,1642	0,2870	0,7608	0,820	1,019	3,141	4,979
Bivalvia	13,6733	79,9110	66,4815	68,247	283,551	274,487	626,285
Bryozoa	0,0001	0,0004	0,0002	0,000	0,001	0,001	0,003
Crustacea	0,1970	0,7187	1,0890	0,983	2,550	4,496	8,030
Echinodermata	1,3316	5,8546	5,3564	6,646	20,774	22,115	49,535
fauna Indet.	0,0000	0,0000	0,0002	0,000	0,000	0,001	0,001
Gastropoda	0,7087	0,2075	1,2935	3,538	0,736	5,341	9,614
Hydrozoa	0,0000	0,0000	0,0002	0,000	0,000	0,001	0,001
Nematoda	0,0000	0,0006	0,0001	0,000	0,002	0,000	0,003
Nemertea	0,0000	0,0000	0,0014	0,000	0,000	0,006	0,006
Oligochaeta	0,0040	0,0114	0,0072	0,020	0,040	0,030	0,090
Pisces	0,0000	0,0000	0,1797	0,000	0,000	0,742	0,742
Polychaeta	2,5853	9,9386	11,9866	12,904	35,266	49,490	97,659
Polychaetophora	0,0152	0,0722	0,0899	0,076	0,256	0,371	0,703
Polychaetophora	0,0443	0,0936	0,4218	0,221	0,332	1,741	2,294
Porifera	0,0003	0,1261	0,0177	0,001	0,448	0,073	0,522
Vermes	0,0000	0,0000	0,0000	0,000	0,000	0,000	0,000
Samlet alle arter	19,3641	97,7898	88,5897	96,7	347,0	365,8	809,4

Tabel 4.6. Estimer af gennemsnitlige prøvebiomasser på de tre dybder på de ny revstrukturer samt arealer og samlet biomasse per areal inden for hvert af de tre dybdeintervaller samt samlet for alle revstrukturer.

Gennemsnitlig vægt i sugeprøver (g askefri tørvægt /m ²)				Biomasse på areal (kg askefri tørvægt/m ²)			
Dybdeinterval	2-3,0m	>3-4,0m	>4,0m	2-3,0m	>3-4,0m	>4,0m	Alle dybder
Antal prøver/arealer	N=14	N=13	N=14	171m ²	5833 m ²	6665 m ²	12668 m ²
Anthozoa	0,0000	0,0835	0,0461	0,00	0,49	0,31	0,79
Ascidacea	62,1202	132,0333	18,3553	10,62	770,09	122,34	903,05
Bivalvia	0,1192	0,5290	0,1592	0,02	3,09	1,06	4,17
Bryozoa	0,0345	0,0112	0,0071	0,01	0,07	0,05	0,12
Chlorophyta	4,6223	0,1879	0,0510	0,79	1,10	0,34	2,23
Crustacea	41,5836	11,4026	2,2937	7,11	66,51	15,29	88,90
Echinodermata	48,6201	21,7907	12,3143	8,31	127,10	82,07	217,48
Gastropoda	0,0330	0,1740	0,1587	0,01	1,01	1,06	2,08
Hydrozoa	1,5152	2,7028	0,1077	0,26	15,76	0,72	16,74
Oligochaeta	0,0000	0,0000	0,0011	0,00	0,00	0,01	0,01
Oligochaeta indet	0,0000	0,0000	0,0032	0,00	0,00	0,02	0,02
Phaeophyta	22,9385	1,2713	1,0989	3,92	7,42	7,32	18,66
Polychaeta	806,9050	845,1880	347,8903	137,98	4929,62	2318,63	7386,23
Polylachophora	0,0000	0,0000	0,0567	0,00	0,00	0,38	0,38
Polyplacophora	0,2571	0,0162	0,0000	0,04	0,09	0,00	0,14
Porifera	0,5055	1,6016	0,9583	0,09	9,34	6,39	15,81
Rhodophyta	3,3147	79,5873	24,6623	0,57	464,20	164,37	629,14
Samlet alle arter	992,6	1096,6	408,2	170	6396	2720	9286

5 Diskussion

Limfjorden som levested

Som det ses på figur 4.1., viser vandkemimålinger i midten af Løgstør Bredning, at området, er kendetegnet af et højt næringsstofindhold, hvilket bl.a. fremmer opportunistiske alger og hæmmer lysgennemtrængningen. Sigtdybden er i gennemsnit 2,6 m i Limfjorden (Stæhr et al, 2016), hvilket er ca. 2/3 af den gennemsnitlige sigtdybde modelleret for fjorde og kystvand (Hansen og Høgslund 2019). Det forholdsvist høje saltindhold på gennemsnitligt 26,7‰ på NOVANA stationen i Løgstør Bredning burde dog gøre området til et egnet levested for langt flere større og mindre arter af makroalger.

Vi fandt 75 taksonomisk forskellige fauna- og algearter på de nye revstrukturer ca. 2 år efter de var udlagt og 135 faunaarter på den omgivende havbund. På den omgivende havbund blev der ikke registreret makroalger. På fotos taget på og omkring de laveste revstrukturer på ca. 4 m vand, hvor der ikke blev foretaget indsamling, ses trådformet rødalgevegetation lige til den, der blev fundet i sugeprøver fra revstrukturerne (figur 2.3). Desværre blev der ikke foretaget indsamlinger på disse helt lave vanddybder omkring de nye revstrukturer. Det skyldes at planlægning af indsamlingsstationerne var baseret på meget grov bathymetri, som var den eneste, der var tilgængelig på det tidspunkt. De sidste indsamlinger foregik netop i dette område, og der var ikke tid til at udvide undersøgelsen.

Ved en lignende undersøgelse i forbindelse med et naturgenopretningsprojekt på stenrevet Læsø Trindel i det nordlige Kattegat, blev der identificeret 123 faunaarter og 59 algearter på den oprindelige sandede, småstenede havbund i dybdeintervallet 5-10 m (Stenberg et al, 2015). Indsamlingsmetoden, arealet på den enkelte prøve og oparbejdningen var identisk med den, der er anvendt i nærværende studium og det samlede prøvetal var næsten det samme med 28 ved Læsø Trindel mod 30 i Limfjorden. Ved Læsø Trindel blev de nye revstrukturer besøgt, ca. 3½ år efter de var udlagt. Artsantallet var øget betragteligt til 140 faunaarter og 73 makroalgearter. Saltholdigheden ved Læsø Trindel er en smule lavere om sommeren end i Limfjorden, men til gengæld lidt højere om vinteren. Lysforholdene er til gengæld betydeligt bedre med en typisk sommer sigtdybde omkring 8 m mod 2,5 m i Limfjorden.

Mejl Flak og Lillegrund er et naturligt revområde nord for Samsø, som blev undersøgt i 2002. Også her blev både selve revet og den omgivende grusede småstenede havbund undersøgt med samme metode og med i alt 36 prøver på hver bundtype i dybdeintervallet 3,9-8,4 m. Saltholdigheden ved Mejl Flak og Lillegrund er noget lavere med gennemsnitlig 21-23 psu på de undersøgte dybder. På de naturlige revstrukturer med et klimakssamfund fandt vi 167 arter fordelt på 47 makroalger og 120 fauna arter. På den omgivende havbund var diversiteten lavere med 34 makroalgearter og 90 faunaarter.

Som led i dette projekt blev der i juni 2018 også gennemført en mindre undersøgelse af et nærliggende stenområde i Bjørnsholm Bugt (nær tilløbet af Trend å). I dette område blev der registreret begrænsede biomasser af levende makroalger på de undersøgte sten på både 2 m dybde (48-77,2 g askefri tørvægt / m²) og 4 m dybde (0-16,4 g askefri tørvægt / m²) og ingen på 6 m dybde (Dahl et al, 2020). Faunaen var domineret af havsvampe og søpunge, særligt

de store *Haliclona* (*haliclona*) *occulata* (gevirsvampe) var meget dominerende. Derudover var det den invasive østasiatiske *Styela clava*, der blev observeret i stort antal. Endvidere blev der observeret mange søpindsvin af arten *Psammechinus miliaris*. *S. triqueter*, som dominerer det nye rev ved Livø, blev også her registeret på stenene i større antal.

Invasive arter

Flere og flere nye arter kommer til Danmark hvert år, og antallet af marine arter er stigende. Limfjorden er det sted i Danmark, hvor der er registeret flest fremmede marine arter (30 arter, Stæhr et al. 2016), som for størstedelen er kommet via import af østers fra asiatiske lande og via ballastvand. De marine arter er stort set umulige at bekæmpe, når de først er etablerede, og flere af de invasive arter er meget dominerende i Limfjorden. På det nye stenrev ved Livø, sås også flere invasive arter.

Den største af algerne, den op til 3 m store invasive brunalge *Sargassum muticum*, sås spredt på revet. Arten, der stammer fra det nordvestlige Stillehav, har siden 80'erne bredt sig og er nu blevet en af de mest almindelige arter i Limfjorden (Stæhr et al. 2019). Arten er en stærk konkurrent over for de oprindelige arter, og pga. den hurtige vækst har det bl.a. betydet en reduktion i langsomt voksende makroalger som *Caccharina latissima* (sukkertang), *Fucus vesiculosus* (blæretang) og *Halidrys siliquosa* (skulpetang) i Limfjorden (Stæhr et al. 2000; Stæhr et al. 2019). Den store tangplante påvirker det omgivende miljø på mange måder, men undersøgelser tyder også på, at den kan bidrage til øget habitatkompleksitet (Strong et al., 2006) og giver mulighed for et levested for flere marine arter.

En anden meget markant invasiv rødalge på revet er *Dasysiphonia japonica*. Arten minder om *Ceramium* og på trods af den forholdsvis lille størrelse (op til 15 cm), er den meget markant i revprøverne og dominerende i forhold til de andre trådalger, der blev registeret.

Styela clava, med det danske navn østasiatisk søpung, blev allerede i 1980 registeret i Limfjorden, og er efterhånden meget almindelig. Den bliver op til 12 cm, har en kølleagtig form og en meget fast, læderagtig struktur. Den forekommer visse steder i Limfjorden i bestande med op til 1200 individer/m² (Miljøstyrelsen 2017) og kan overgro andre filtrerende organismer som *Mytilus edulis* og *Modiolus modiolus*. Det er en effektiv hurtigvoksende filtrator, der kan udkonkurrere andre filtratorer, og den filtrerer og tilmed spiser larver fra hjemmehørende søpungearter (CABI. Invasive Species Compendium 2020).

Caprella mutica (japansk skeletreje) blev første gang registeret i Danmark i 2005 i forbindelse med undersøgelser af fauna ved vindmølleparken på Horns Rev (Anon, 2006). Arten er en af de største skeletrejer, og hannen kan blive op til 5 cm, og kan kendes på en kraftig "behåring" på de forreste segmenter af kroppen. Arten udgør bl.a. en trussel for den hjemmehørende *Caprella linearis*, da den er større og mere aggressiv, og kan udkonkurrere arten for pladsen selv ved lave densiteter (Jensen, 2010a).

Blandt bløddyrene optrådte også 2 fremmede arter i prøverne, *Crepidula fornicata* (tøffelsnegl) og *Petricola pholadiformis* (amerikansk boremusling). *Crepidula fornicata* stammer oprindeligt fra Nordamerika, men blev allerede i 1934 introduceret med østersyngel til Danmark (Spärck, 1935). Det er en veletableret art i de danske farvande. *C. fornicata* lever af udfiltering af fytoplankton og kan derved konkurrere med eksempelvis blåmuslinger og østers om føde.

Samme historie gælder for *Petricola pholadiformis*, der allerede i slutningen af 1800-tallet kom til Europa. Arten har ikke udvist markante invasive træk i Danmark (Jensen, 2010b) og andre europæiske lande, med undtagelse af Holland og Belgien, hvor den har udkonkurreret *Barnea candida* (almindelig boremusling) (Jensen, 2010b).

Den invasive havbørsteorm, *Marenzelleria viridis*, der tilhører familien spionidae er tidligere registreret i Limfjorden, men blev ikke observeret i forbindelse med denne undersøgelse (Petersen personlig kommentar).

Biomasser og individ tætheder

Vi fandt en signifikant positiv sammenhæng mellem stentæthed og biomasser på den omgivende havbund, således at sandede sedimenter havde en biomasse på ca. 32 g askefri tørvægt/m², mens bundområder helt dækket af småsten havde biomasser omkring 112 g askefri tørvægt. Tidligere undersøgelser på samme blanding af sand og småstenede bundtyper ved Læsø Trindel (Stenberg et al, 2015) og Mejl Flak/Lillegrund (Dahl et al, 2005) havde sammenlignelige biomasser på henholdsvis 46-60 g askefri tørvægt/m² for Læsø Trindel og 80-90 g askefri tørvægt/m² for Mejl Flak/Lillegrund, afhængig af dybden. Individ-tæthederne varierede fra gennemsnitlig 26.200/m² i dybdeintervallet 4,1-5m til 11.500/m² fra 5,1-5,5m. Ved Læsø trindel fandt vi gennemsnitligt mellem 5.000 og 9.000/m² individer i de undersøgte dybdeintervaller. Både ved Læsø Trindel undersøgelsen og i undersøgelsen ved Mejl Flak og Lillegrund fandt vi en mindre del makroalger, der var knyttet til de ofte mindre sten. Der var typisk tale om trådformede alger eller mindre eksemplarer af flerårige arter. På trods af at der var rigeligt med hårdt substrat, fandt vi ingen alger i denne undersøgelse på den omgivende havbund i de undersøgte dybder mellem 4 og 5,5 m. Ved den nærliggende lokalitet, Bjørnsholm Bugt, fandt vi som tidligere omtalt makroalger på 4 meters dybde og billeder taget omkring 4 m dybde ud for Livø lige op af station 2 (figur 3.1), viste at trådformede rødalger trods alt findes på lokaliteten i et mindre omfang.

Biomasser og individantal på de nye revstrukturer var helt domineret af kalkrørs polychaeten *S. triqueter*. Denne art findes typisk, og også i 2019, som meget spredt voksende individer hen over stenfladen, på de stenrevslokaliteter i danske farvande, som overvåges i henhold til det nationale overvågningsprogram, NOVANA (Dahl pers. obs. og ODA database). Tæthederne af *S. triqueter* ved denne undersøgelse var imidlertid så store, at individerne voksede vinkelret ud fra stenene støttende sig til hinanden, og sandsynligvis også i flere lag. En sådan tæthed må have en indflydelse på øvrige arters mulighed for at bundslå på de nye revstrukturer.

Vi fandt både en negativ signifikant sammenhæng mellem biomasse og individantal med stigende dybde på de nye revstrukturer, omend variationen i data var relativt stor. Den gennemsnitlige biomasse varierede fra 1.100 til 400 g askefri tørvægt/m² og fauna individantallet fra 1,2 mill. til 400.000 individer/m², for begge variabler - mindst på den største dybde. Makroalgeandelen af den samlede biomasse var relativt beskeden 3-7%. *Sargassum* var den dominerende alge i det laveste dybdeinterval (2,4-3 m) mens trådformede rødalger, primært *Dasy-siphonia japonica* var dominerende på dybere vand (>3-4m).

Formålet med dette projekt var at undersøge, om stenrev kunne have en effekt på miljøtilstanden ved, at alger på de udlagte sten kunne generere ilt og strække omsætningen af organisk materiale over en længere periode end phytoplanktion, som hurtigt rådner. Resultaterne af undersøgelsen understøtter

resultaterne fra de fysiologiske makroalgestudier som viser, at det under de nuværende dårlige lysforhold, er svært at skabe de rette betingelser for, at nye stenrev kan have en positiv indvirkning på fjordens miljøtilstand. Estimerer viser, at makroalger kun har en positiv tilvækst fra medio april til juli måned på 3 m dybde og kun i ca. 14 dage i maj på 4 meters dybde (Stæhr et al, 2020).

Nationale analyser af makroalgers tilstand i danske farvande baseret på NOVANA programmet viser, at der på nationalt plan er sket en signifikant positiv udvikling i algernes kumulerede dækning i inderfjorde, yderfjorde, kystvande og på stenrev. Modsat denne generelle positive udvikling, er udviklingstendensen signifikant negativ i Limfjorden. I 2001 skete der en særlig markant nedgang i dækningen af makroalger i Limfjorden, som siden da næsten konstant har været lav (Hansen og Høgslund, 2019).

Denne undersøgelse, samt den sideløbende undersøgelse i Bjørnsholm Bugt, viser, at der er meget store mængder af søpindsvin tilstede, både biomasse-mæssigt og antalsmæssigt. Dette er tidligere fundet i fbm. undersøgelser i den nærliggende Dråby Vig (Wernberg et al. 2001). Vi fandt søpindsvin på alle bundtyper, men der var en signifikant stigning i antal søpindsvin med stentætheden og de største mængder blev observeret på de nye revstrukturer. Arten *Psammechinus miliaris* er kendt som omnivor, dvs. den kan leve af både alger og mindre bunddyr. Statistiske undersøgelser har vist, at på den hårde bund kan bare få procents dækning af søpindsvinet *S. droebachiensis* føre til en alvorlig nedgræsning af alger på danske stenrev (Dahl og Carstensen, 2008 og Carstensen og Dahl, 2019). *S. droebachiensis* omfattende negative effekt på tangskov på den nordlige halvkugle er beskrevet mange steder i litteraturen, men tilsvarende gør sig ikke gældende for *P. miliaris*. At *P. miliaris* kan forårsage nedgræsning af tangskov i danske farvande blev observeret i 2002 ved Lillegrund nord for Samsø (Dahl et al., 2005). Græsningsforsøg har tilsvarende vist, at *P. miliaris* kan bidrage signifikant til tab af makroalger i Limfjorden (Pedersen et al. 2005). Dækningsprocenter af *P. miliaris* er ikke opgjort ved denne undersøgelse og deres gennemsnitlige størrelse er ikke målt, så det er ikke muligt at estimere dækningen. Med en gennemsnitlig individtæthed på 135/m² på de nye stenstrukturer er der dog ingen tvivl om, at dækningen er høj. En kraftig stigning i antallet af søpindsvin i Limfjorden kan være en årsag til vegetationens markante tilbagegang for snart 20 år siden. En del af forklaringen på vegetationens særligt ringe tilstand i Limfjorden kan derfor sandsynligvis tilskrives et meget stort græsningsstryk fra søpindsvin kombineret med de ringe lysforhold gennem vandsøjlen.

Der blev observeret en helt usædvanligt høj bestand af hummere ved de nye revstrukturer ud for Livø. På 10 minutters eftersøgning blev der observeret lige så mange hummere, som der er set på stenrevne i åbne farvande gennem 30 års NOVANA overvågning. Fødeuddet for hummer, som bl.a. består af søpindsvin er, som omtalt ovenfor, også meget stort.

De nye revstrukturer, med et areal på knap 13.000 m², har ved opgørelsen i juni 2019 betydet et skift i biomasse fra en blanding af epifauna- og infauna arter til primært epibentiske arter domineret af polychaeten *S. triqueter*. Særlig muslingerne og visse arter børsteorme er gået tabt. Den samlede biomasse er imidlertid mere end 11 gange højere på revstrukturerne end på den omgivende havbund. Ud over *S. triqueter* er søpunge, makroalger (særlig trådformede rødalger), krebsdyr og pighuder (herunder søpindsvin) betydeligt mere tilstede.

Undersøgelserne har desuden vist, at den OSPAR og HELCOM rødlistede art *Modiolus modiolus* (hestemusling) findes i området, hvor de nye revstrukturer er udlagt. Vi har ikke med denne undersøgelse været i stand til at afgøre, om muslingerne findes i tætheder, som falder ind under definitionen ”biogene rev” som beskrevet i Dahl og Petersen (2019) og som forventes at føre til justeringer i udpegningsgrundlag for habitatdirektivets naturtype ”rev” (1170) i Natura 2000-områder i de kommende år. Blåmuslinger, som også kan danne biogene rev, var derimod meget sparsomt repræsenteret i området. Det anbefales ved fremtidige restaureringsprojekter for stenrev, at gennemføre en forundersøgelse, med særligt fokus på *Modiolus modiolus*.

Succession

To et halvt år efter anlægget af de nye revstrukturer er stenenes overflader fuldt ud koloniseret og primært af den kalkrørsbyggende polychaet *S. triquetra*. Der er desværre endnu ikke studier der viser, hvor lang tid det tager restaurerede stenrev at udvikle et klimakssamfund. Tilstedeværelse af et stort antal søpindsvin har sandsynligvis en stor effekt på udviklingen i de kommende år. Om *P. miliaris* også græsser på *S. triquetra* er uvist, men et gennemsyn af fotos fra området tyder ikke på, at kalkrørene er påvirket.

Videooptagelser har vist, at mindst et lille eksemplar af brunalgen *Fucus serratus* har etableret sig, siden den store kvantitative undersøgelse blev gennemført.

Ifølge Statens Naturhistoriske Museums algeherbariedatabase er der identificeret minimum 67 arter Rhodophyta, 57 arter Phaeophyta og 44 arter Chlorophyta i Limfjorden (Nielsen, 2019), hvilket er betydelig flere arter, end der blev fundet i både sugepøverne og ved gennemsyn af videosekvenser. Ved NOVANA undersøgelser af makroalgertransekter ved Livø i perioden 2010-2019, sås dog fund af bl.a *Ahnfeltia plicata* (horntang), *Chondrus crispus* (carra- gentang), *Chorda filum* (strengetang), *Halidrys siliquosa* (skulpetang) samt forskellige skorpealger. Disse arter kan potentielt være arter, der indvandrer til det nye rev, men indvandring af den invasive brunalge *Sargassum muticum*, ringe lysforhold og det meget store græsningstryk rejser spørgsmålet, om samme høje algediversitet, som der er registreret i algeherbariedatabasen, er mulig på de nye revstrukturer ud for Livø engang i fremtiden.

Det anbefales at gennemføre samme undersøgelse igen om 5 år for at dokumentere den endelige biologiske effekt på de udlagte revstrukturer.

6 Tak til

Berit Langkilde Møller og Sabrina June Hvid for en kæmpe indsats i laboratoriet med udsortering og vejning.

Tak til Jeppe Dalgaard Balle for sejlads på Limfjordens vande.

Og endelig tak til folkene bag Rønbjerg laboratoriet som lagde ramme til feltarbejdet.

7 Referencer

Afiati, N., Richardson, C.A., Seed, R. 1990. Age determination, growth rate and population structure of the horsemussel *Modiolus modiolus*. Journal of the Marine Biological Association of the UK 70(02):441-457.

Anon (2006) The Danish Offshore Wind Farm Demonstration Project: Horns rev and Nysted Offshore Wind Farms. Environmental impact assessment and monitoring. Prepared for The Environmental Group by DONG Energy and Vattenfall. Review report 2005, November 2006.

Bondensen, P. 1991. Danske Havmuslinger. Natur og Museum. 23. årgang, nr. 2, 2. udgave. Naturhistorisk Museum Århus.

Bondensen, P. 1994. Danske havsnegle. Natur og Museum. 33. årgang, nr. 2, 2. udgave. Naturhistorisk Museum Århus.

CABI. Invasive Species Compendium. Detailed coverage of invasive species threatening livelihoods and the environment worldwide.

<https://www.cabi.org/isc/about>

Carstensen J & Dahl K. 2019. Macroalgal indicators for Danish Natura 2000 habitats. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 45 pp. Technical Report No. 142. <http://dce2.au.dk/pub/TR142.pdf>

Dahl K, Al-Hamdani Z, Rasmussen MB, Svendsen JC & Bennike O. 2019. Naturgenopretning af stenrev i Roskilde Fjord. Basisundersøgelse af tre udvalgte lokaliteter. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 53 s. - Videnskabelig rapport nr. 344 <http://dce2.au.dk/pub/SR344.pdf>

Dahl K, Al-Hamdani Z, Svendsen JC & Christoffersen M. 2020. Naturgenopretning af stenrev i Roskilde Fjord. Designforslag. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 17 s. - Teknisk rapport nr. 171 <http://dce2.au.dk/pub/TR171.pdf>

Dahl, K. og Lundsteen, S. (2018) Makroalger og hårbundsfauna på sten- og boblerev. Teknisk anvisning TA nr 14. DCE, Aarhus Universitet. https://bios.au.dk/fileadmin/bioscience/Fagdatacentre/MarintFagdatacenter/TekniskeAnvisninger2011_2015/TA_M14_Makroalger_og_bundfauna_paa_sten-_og_boblerev_ver1.pdf

Dahl, K., S. Lundsteen, and S. Helmig 2003. Stenrev, Havbundens oaser. Gads Forlag. https://www2.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_miljobib/rapporter/MB02.pdf

Dahl, K., Lundsteen, S. & Tendal, O. S. 2005: Mejlgrund og Lillegrund. En undersøgelse af biologisk diversitet på et lavvandet område med stenrev i Samsø Bælt. Danmarks Miljøundersøgelser & Århus Amt, Natur & Miljø. 87 s. – Faglig rapport fra DMU nr. 529. <http://faglige-rapporter.dmu.dk>

Dahl, K. & Carstensen, J. 2008: Tools to assess conservation status on open water reefs in Nature-2000 areas. National Environmental Research Institute, University of Aarhus. 25 pp. – NERI Technical Report No. 663. <http://www.dmu.dk/Pub/FR663.pdf>

Dahl, K. og Petersen, J.K. 2018: Definition af biogene rev. Miljøstyrelsen, 2018. 26 s. (Miljøprojekter, Bind 1992). <https://mst.dk/service/publikationer/publikationsarkiv/2018/mar/definition-af-biogene-rev/>

Enckell, P.H. 1998. Fåltfauna: Kräftdjur. Gr@phic Publishing.

Hansen J.W. & Høgslund S. (red.) 2019. Marine områder 2018. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 156 s. - Videnskabelig rapport fra DCE nr. 355. <http://dce2.au.dk/pub/SR355.pdf>

Hartmann-Schröder, G. 1996. Die Tierwelt Deutschlands, 58 Teil. Polychaeta. 2., neubearbeitete Auflage. Gustav Fischer Verlag.

Hayward P. J. (Edited). 2017. Handbook of the Marine Fauna of North-west Europe. Second edition. Oxford University Press.

Køie, M. et al. 2000. Havets dyr og planter. Gads Forlag

Lincoln, R.J. 1979. British Marine Amphipoda: Gammaridea. British Museum (Natural History) London.

Marine Species Identification Portal. The Marine Species Identification Portal is an initiative of ETI BioInformatics in the KeyToNature programme. <http://species-identification.org>

MarLIN_The Marine Life Information Network. The Marine Biological Association of the UK. www.marlin.ac.uk

Miljøstyrelsen 2017. Faktaark for invasive arter. www.mst.dk. Hentet 15.06.2020.

Møhlenber, F., Andersen, J-H., Murray, C., Christensen, P.B., Dalsgaard, T., Fossing, H. og Krause-Jensen D. (2008) Stenrev i Limfjorden: Fra naturgenopretning til supplerende virkemiddel. By- og Landskabsstyrelsen Skov- og Naturstyrelsen Faglig rapport 16. september 2008. <https://www.stenrev.dk/media/44061/faglig-rapport-stenrev-i-limfjorden.pdf>

Nationalnyckeln till Sveriges flora och fauna. Lansettfiskar-broskfiskar. Branchiostomatidae-Chondrichyes. 2011. ArtDatabanken, SLU, Uppsala.

Nationalnyckeln till Sveriges flora och fauna. 2018. Ringmaskar: Havsbörstmaskar. ArtDatabanken, SLU, Uppsala.

NEMESIS. National Exotic Marine and Estuarine Species Information System. Smithsonian Environmental Research Center. <https://invasions.si.edu/nemesis/>

Nielsen, R. og Lundsteen, S. 2019. Danmarks Havalger (Bind 1 + Bind 2). Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab.

NOBANIS-Invasive Alien Species Fact Sheets. Online Database of the European Network on Invasive Species-NOBANIS. www.nobanis.org. Date of access 15/06/2020.

Pedersen M.F, Staehr P.A., Wernberg T and Thomsen M. (2005) Biomass dynamics of exotic *Sargassum muticum* and native *Halidrys siliquosa* in Limfjorden, Denmark-Implications of species replacements on turnover rates. *Aquatic Botany* 83:31-47

Stenberg C. & Kristensen L.D. (red.). 2015 Stenrev som gyde- og opvækstområde for fisk. DTU Aqua-rapport nr. 294-2015. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. 290 pp.

Stenberg C., Støttrup, J., Dahl, K., Lundsteen, S., Göke C. and Andersen O.N. (2015) Ecological benefits from restoring a marine cavernous boulder reef in Kattegat, Denmark - DTU Aqua report nr.289-2015

Staehr, P.A., Pedersen, M.F, Thomsen, M.S, Wernberg, T. and Krause-Jensen D. 2000. Invasion of *Sargassum muticum* in Limfjorden (Denmark) and its possible impact on the indigenous macroalgal community. *Marine Ecology Progress Series* 207:79-88. Staehr P.A., Jakobsen H.H., Hansen J.L.S., Andersen P., Storr-Paulsen M., Christensen J., Lundsteen S., Göke C., Carausu M.-C. 2016. Trends in records and contribution of nonindigenous species (NIS) to biotic communities in Danish marine waters. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 44 pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 179
<http://dce2.au.dk/pub/SR179.pdf>

Stæhr, P.A., Nielsen, M.N., Göke, C., and Petersen, J.K. (2019). Andre presfaktorer end næringsstoffer og klimaforandringer – effekter af sargassotang på den øvrige marine vegetation. DTU Aqua-rapport nr. 353-2019

Wernberg T., Thomsen M.S., Staehr P.A. and Pedersen M.F. (2004) Epibiota communities of the introduced and indigenous macroalgal relatives *Sargassum muticum* and *Halidrys siliquosa* in Limfjorden (Denmark). *Marine Biology*. Helgoland Marine Research. 58:154-161

8 Bilag

Bilag 1. Indsamlede prøver på det nye stenrev med stationsnavn, dybde, geografisk lokalisering samt dækning af sten og skaller.

Det nye stenrev						
Dybde interval	Dybde	Station	Længde	Brede	Sten dækning (%)	Skalle dækning (%)
2,4-3m	2,4	1A-4	903,422	5654,011	100	0
		22C-3	903,457	5654,09	100	0
		2-3	903,402	5653,995	100	0
	2,5	1A-3	903,422	5654,011	100	0
		22C-4	903,457	5654,09	100	0
		2-4	903,402	5653,995	100	0
	2,6	23A-4	903,344	5654,111	100	0
	2,7	22C-1	903,457	5654,09	100	0
		23A-3	903,344	5654,111	100	0
	2,8	22C-2	903,457	5654,09	100	0
		23A-1	903,344	5654,111	100	0
	2,9	20B-2	903,539	5654,141	100	0
		20B-3	903,539	5654,141	100	0
		23A-2	903,344	5654,111	100	0
3,1-4m	3,1	20B-1	903,539	5654,141	100	0
		20B-4	903,539	5654,141	100	0
	3,5	22B-3	903,456	5654,089	100	0
		23B-3	903,345	5654,112	100	0
		23B-4	903,345	5654,112	100	0
	3,6	1B-1	903,423	5654,012	100	0
		1B-3	903,423	5654,012	100	0
		1B-4	903,423	5654,012	100	0
		22B-1	903,456	5654,089	100	0
		22B-2	903,456	5654,089	100	0
		22B-4	903,456	5654,089	100	0
		23B-1	903,345	5654,112	100	0
		23B-2	903,345	5654,112	100	0
4,1-5m	4,5	22A-2	903,449	5654,091	100	0
	4,6	22A-1	903,449	5654,091	100	0
		22A-4	903,449	5654,091	100	0
		20A-2	903,53	5654,13	100	0
	4,7	22A-3	903,449	5654,091	100	0
		50-1	903,38	5654,136	100	0
		20A-3	903,53	5654,13	100	0
		23C-1	903,346	5654,113	100	0
		23C-2	903,346	5654,113	100	0
		50-2	903,38	5654,136	100	0
		50-3	903,38	5654,136	100	0
		50-4	903,38	5654,136	100	0
	4,9	23C-3	903,346	5654,113	100	0
	5	20A-1	903,53	5654,13	100	0

Bilag 2. Indsamlede prøver på den omgivende havbund med stationsnavn, dybde, geografisk lokalisering samt dækning af sten og skaller.

Den omgivende havbund						
Dybde interval	Dybde	Station	Længde	Brede	Sten dækning (%)	Skalle dækning (%)
4,1-5m	4,5	30A-1	903,487	5654,123	2	7
		30A-2	903,487	5654,123	0	5
		30A-3	903,487	5654,123	0	0
		30A-4	903,487	5654,123	0	7
		51-1	903,482	5654,083	94	0
		51-2	903,482	5654,083	92	0
		51-3	903,482	5654,083	92	0
		51-4	903,482	5654,083	85	0
	4,8	27A-2	903,46	5654,109	50	0
		27A-3	903,46	5654,109	5	0
	4,9	27A-4	903,46	5654,109	15	0
		33-4	903,317	5654,083	14	37
	5	33-2	903,317	5654,083	34	42
		33-3	903,317	5654,083	42	24
5,1-5,5m	5,1	29-3	903,529	5654,131	8	8
		33-1	903,317	5654,083	64	27
		38A-1	903,38	5654,133	0	0
		38A-2	903,38	5654,133	0	0
		38A-3	903,38	5654,133	0	5
		38A-4	903,38	5654,133	0	0
	5,2	29-1	903,529	5654,131	22	7
		29-2	903,529	5654,131	12	9
	5,4	28A-2	903,426	5654,103	44	33
		28A-3	903,426	5654,103	62	24
		28A-4	903,426	5654,103	44	30
		35-2	903,294	5654,101	54	6
	5,5	35-4	903,294	5654,101	49	11
		28A-1	903,426	5654,103	64	18
		35-1	903,294	5654,101	60	10
		35-3	903,294	5654,101	59	21

Bilag 3. Gennemsnitlige biomasser per m2 fordelt på klasser, arter og dybdeintervaller på henholdsvis de nye revstrukturer og den omgivende havbund.

Dybdeinterval		Nye revstrukturer			Omgivende havbund	
		2,4-3m	3,1-4m	4,1-5m	4,1-5m	5,1-5,5m
Klasse						
Fauna						
Anthozoa	Acontiaria indet.		0,0835	0,0461		
	Anthozoa indet.				1,0153	0,5523
	Edwardsia sp.				0,0001	
	Sagartiogeton sp.					0,0004
Arachnida	Halacaridae indet.				0,0001	
Ascidacea	Ascidia obliqua				0,0150	
	Ascidia virginea				0,0259	
	Ascidacea indet.				0,0052	0,0010
	Ascidiella scabra	2,7208	1,4129	0,4316		
	Ciona intestinalis	46,3610	117,2296	12,2324		
	Corella parallelogramma				0,0139	
	Molgula manhattensis	0,0022	0,1771	0,1720	0,0193	0,0052
	Molgula occulta				0,0013	
	Styela clava				0,4843	0,3750
	Styela clavata	13,0361	13,2138	5,5194		
	Styela coriacea				0,0281	0,0270
	Styela sp.				0,0101	0,0070
Bivalvia	Acanthocardia echinata				0,0070	0,0063
	Barnea candida				0,0057	
	Bivalvia			0,0004	0,0018	0,0011
	Heteranomia squamula				0,0916	0,0485
	Hiatella arctica	0,0158	0,0657	0,1135	0,1035	0,1902
	Kurtiella bidentata	0,0007		0,0056	0,0968	0,1543
	Limecola balthica				0,0014	0,0007
	Macoma calcarea				0,0078	0,0020
	Mimachlamys varia	0,0129	0,0750			0,0283
	Modiolus modiolus				33,8301	31,9814
	Musculus subpictus			0,0002		
	Mya arenaria				0,0027	0,0134
	Mya truncata		0,0031	0,0002	0,0063	0,0110
	Mytilus edulis	0,0898	0,3812	0,0395	0,0367	0,0001
	Nucula nitidosa					0,0002
	Parvicardium pinnulatum				0,0012	
	Petricolaria pholadiformis		0,0039		0,8441	0,2886
	Thracia phaseolina				0,0011	
	Venerupis corrugata				23,9901	14,7695
Bryozoa	Alcyonidium gelatinosum	0,0069				
	Bowerbankia gracilis			0,0002		
	Bryozoa indet.	0,0276			0,0003	0,0002
	Celleporella hvalina		0,0074			

Fortsættes

Klasse	Dybdeinterval	Nye revstrukturer			Omgivende havbund	
		2,4-3m	3,1-4m	4,1-5m	4,1-5m	5,1-5,5m
Crustacea	Conopeum reticulum			0,0035		
	Electra pilosa		0,0037	0,0035		
	Amphipoda indet.				0,0001	
	Balanus balanus			0,0014		
	Bodotria scorpioides			0,0005	0,0003	0,0007
	Caprella linearis	0,7188	1,0912	0,2840	0,0019	0,0025
	Caprella mutica	0,0747	0,0882	0,9886		
	Carcinus maenas	36,0666	6,7403	0,0259	0,0151	0,0318
	Cheirocratus sundevallii	0,0029	0,0139		0,0045	0,0016
	Chirona hameri				0,2235	0,6027
	Copepoda indet.				0,0001	
	Corophium volutator			0,0041		
	Crangon crangon					0,1005
	Crustacea					0,0002
	Cumacea indet.				0,0001	
	Cypridinae indet.				0,0001	
	Cytheridea indet.				0,0001	
	Dexamine spinosa	0,0259	0,0580	0,0190		
	Eualus sp.				0,0001	0,0001
	Gammaridae indet	0,0050				
	Gammarus locusta		0,0070			
	Gitana sarsi				0,0001	
	Hyperidae indet.				0,0002	
	Liocarcinus navigator				0,1425	0,1268
	Microdeutopus anomalus	0,6800	0,5738	0,1136	0,0928	0,0226
	Microdeutopus gryllotalpa	1,4355	0,3805	0,2043		
	Monocorophium insidiosum	2,5743	2,4491	0,6502	0,0979	0,0247
	Mysidae indet.		0,0008	0,0020		
	Ostracoda indet.				0,0001	
	Palaemon adspersus				0,0025	
	Semibalanus balanoides					0,0015
Echinodermata	Asterias rubens	21,4607	7,3736	1,2150	0,3472	2,0820
	Psammechinus miliaris	27,1594	14,4171	11,0993	3,4002	2,5739
fauna Indet.	Animalia indet.				0,0002	
	Buccinum undatum				0,8643	0,0521
	Colus jeffreysianus		0,0271		0,0002	0,0009
	Colus sabini	0,0014				
	Colus sp.					0,0004
	Crepidula fornicata		0,0008		0,0812	0,0223
	Crepidula sp.				0,0008	0,0011
	Cylichna cylindracea					0,0006
	Gastropoda indet			0,0007		
	Gibbula cineraria			0,0088		

Fortsættes

Klasse	Dybdeinterval	Nye revstrukturer			Omgivende havbund	
		2,4-3m	3,1-4m	4,1-5m	4,1-5m	5,1-5,5m
	Megastomia conspicua				0,0002	
	Neptunea antiqua				0,0009	0,0014
	Nudibranchia indet.		0,0943	0,0986	0,0002	
	Odostomia plicata				0,0010	
	Onoba semicostata				0,0002	0,0057
	Patella sp.				0,0048	0,0049
	Peringia ulvae	0,0208	0,0193	0,0120		
	Prosobranchia indet.				0,0013	0,0002
	Retusa truncatula				0,0002	0,0004
	Testudinalia testudinalis				0,0023	0,0049
	Tritia incrassata					0,0002
	Tritia reticulata				0,0881	0,2153
Hydrozoa	Hydrozoa indet.				0,0002	
	Obelia dichotoma	1,5130	2,7020	0,1048		
	Obelia geniculata	0,0022	0,0008	0,0004		
	Obelia longissima			0,0025		
Nematoda	Nematoda indet.				0,0003	0,0001
Nemertea	Nemertea indet.				0,0015	0,0001
Oligochaeta	Tubificidae indet.				0,0015	0,0008
	Tubificoides benedii			0,0011	0,0105	0,0017
Oligochaeta indet	Oligochaeta indet.			0,0032		
Pisces	Gobius niger				0,1299	
	Pisces indet.				0,0003	
	Pomatoschistus microps					0,0657
Polychaeta	Alitta virens				0,0665	0,0578
	Ampharete baltica				0,0191	0,0035
	Aphelocheata filiformis				0,0002	
	Aphelocheata marioni				0,0007	
	Aphelocheata sp.				0,0009	
	Arenicola marina				0,0111	0,0044
	Capitomastus minima				0,0001	
	Chaetozone caputesocis					0,0003
	Cirratulidae indet.				0,0053	0,0036
	Cirratulus cirratus					0,0003
	Dodecaceria concharum	0,0050	0,0085	0,0246	0,0381	0,0395
	Eteone barbata				0,0001	
	Eteone longa				0,0015	0,0021
	Eulalia bilineata				0,0002	
	Eulalia viridis	0,3935	0,1732	0,0144	0,0115	0,0048
	Eumida sanguinea		0,0008	0,0002	0,0001	0,0002
	Exogone naidina				0,0003	
	Exogone sp.					0,0001
	Glyphanostomum pallescens				0,0001	

Fortsættes

Klasse	Dybdeinterval	Nye revstrukturer			Omgivende havbund	
		2,4-3m	3,1-4m	4,1-5m	4,1-5m	5,1-5,5m
	Harmothoe extenuata				0,0015	
	Harmothoe imbricata	3,4597	1,6449	0,0307	0,1141	0,0132
	Harmothoe impar				0,0023	
	Harmothoe sp.				0,0007	0,0001
	Harmothoe spinifera				0,0174	
	Hediste diversicolor	0,0395	0,2962	0,0032		
	Hesionidae indet.					0,0001
	Heteromastus filiformis	0,0007		0,0079	0,0005	0,0001
	Kefersteinia cirrata				0,0004	0,0005
	Lagis koreni				0,0007	
	Lepidonotus squamatus	4,4694	5,0738	1,2015	0,2617	0,0760
	Malacoceros fuliginosus					0,0005
	Malacoceros sp.					0,0001
	Malacoceros tetracerus				0,0102	0,0069
	Malacoceros vulgaris				0,0001	
	Mediomastus fragilis				0,0345	0,0181
	Melinna sp.					0,0002
	Myrianida edwarsi	0,0029	0,0124			
	Neanthes succinea				0,0002	0,0038
	Neoamphitrite figulus	0,0697	0,0472	0,1835	0,0483	0,1098
	Nephtys caeca					0,0070
	Nephtys hombergii					0,0010
	Nereididae indet.				0,0023	0,0088
	Nereimyra punctata				0,0018	0,0011
	Nereis pelagica				0,0031	
	Nicolea zostericola					0,0001
	Nothria conchylega					0,0256
	Pholoe baltica					0,0002
	Pholoe inornata	0,0144	0,0410	0,0526	0,0169	0,0094
	Pholoe pallida				0,0001	
	Pholoe sp.					0,0001
	Phyllodoce maculata	0,0108				
	Platynereis dumerilii	0,9472	2,7778	13,1679		
	Polychaeta				0,0001	
	Polychaeta indet.	0,0050		0,0065	0,0045	0,0026
	Polydora ciliata			0,0020		
	Polydora cornuta				0,0012	0,0008
	Polydora hermaphroditica				0,0002	
	Polydora quadrilobata					0,0001
	Polynoidae indet.					0,0021
	Pygospio elegans				0,0008	0,0007
	Scoloplos armiger			0,0050	0,0440	0,0948
	Spio armata				0,0001	

Fortsættes

Klasse	Dybdeinterval	Nye revstrukturer			Omgivende havbund	
		2,4-3m	3,1-4m	4,1-5m	4,1-5m	5,1-5,5m
	Spio martinensis					0,0001
	Spionidae indet.				0,0007	0,0015
	Spiophanes bombyx				0,0005	
	Spirobranchus triqueter	797,4873	835,1116	333,1785	12,5020	4,4539
	Sthenelais boa				0,0111	
	Streblospio schrubbsoli				0,0001	0,0001
	Syllidae indet.				0,0001	
	Syllidia armata		0,0008	0,0118	0,0038	0,0011
	Terebellidae indet.				0,0015	
	Terebellomorpha indet.				0,0001	0,0011
	Tharyx killariensis				0,0001	
Polyplachophora	Tonicella marmorea			0,0567	0,0713	0,0586
	Steromphala cineraria	0,2571	0,0162		0,2604	0,2480
Porifera	Halichondria (Halichondria) panicea	0,4466	1,5977	0,8026	0,0024	
	Haliclona (Haliclona) urceolus				0,0001	
	Haliclona (Haliclona) oculata			0,0020		
	Halisarca dujardini	0,0007		0,1190		
	Leucosolenia botryoides				0,0005	0,0122
	Leucosolenia sp.	0,0582	0,0039	0,0346		
	Porifera indet.				0,0439	0,0041
Vermes	Vermes indet.					0,0001
<i>Makroalger</i>						
Chlorophyta	Codium fragile	1,7794	0,0015			
	Ulva sp.	2,8429	0,1864	0,0510		
Phaeophyta	Ectocarpus siliculosus	1,9015	0,7811	1,0931		
	Sargassum muticum	21,0198	0,4764			
	Sphacelaria cirrosa	0,0172	0,0139	0,0057		
Rhodophyta	Callithamnion corymbosum	0,0029	0,0008	0,0104		
	Ceramium sp.	0,1745	1,0718	0,7296		
	Dasysiphonia japonica	2,9255	76,8064	20,7211		
	Lomentaria clavellosa	0,0014	0,0015	0,0047		
	Polysiphonia fibrillosa	0,2082	1,4709	0,3520		
	Vertebrata fucoides	0,0022	0,2359	2,8445		

Bilag 4. Gennemsnitlige individantal per m2 fordelt på klasser, arter og dybdeintervaller for henholdsvis de nye revstrukturer og den omgivende havbund.

Klasse	Dybdeinterval	Nye revstrukturer			Omgivende havbund	
		2,4-3m	3,1-4m	4,1-5m	4,1-5m	5,1-5,5m
Anthozoa	Acontiaria indet.		8	25		
	Anthozoa indet.				237	202
	Edwardsia sp.				0	
	Sagartiogeton sp.					2
Arachnida	Halacaridae indet.				3	
Ascidacea	Ascidia obliqua				0	
	Ascidia virginea				3	
	Ascidacea indet.				5	2
	Ascidella scabra	129	77	27		
	Ciona intestinalis	2542	4362	479		
	Corella parallelogramma				1	
	Molgula manhattensis	7	31	63	6	1
	Molgula occulta				1	
	Styela clava				24	7
	Styela clavata	93	170	135		
	Styela coriacea				12	7
	Styela sp.				2	0
Bivalvia	Acanthocardia echinata				1	1
	Barnea candida				1	
	Bivalvia			2	3	1
	Heteranomia squamula				2	4
	Hiatella arctica	29	62	66	6	11
	Kurtiella bidentata	7		22	760	1409
	Limecola balthica				2	1
	Macoma calcarea				8	2
	Mimachlamys varia	7	8			0
	Modiolus modiolus				21	16
	Musculus subpictus			2		
	Mya arenaria				2	2
	Mya truncata		8	2	3	2
	Mytilus edulis	639	1098	334	3	0
	Nucula nitidosa					0
	Parvicardium pinnulatum				4	
	Petricolaria pholadiformis		8		4	1
	Thracia phaseolina				2	
	Venerupis corrugata				66	45
Bryozoa	Alcyonidium gelatinosum					
	Bowerbankia gracilis					
	Bryozoa indet.					
	Celleporella hyalina					
	Conopeum reticulum					

Fortsættes

Klasse	Dybdeinterval	Nye revstrukturer			Omgivende havbund	
		2,4-3m	3,1-4m	4,1-5m	4,1-5m	5,1-5,5m
	Balanus balanus			7		
	Bodotria scorpioides			4	3	2
	Caprella linearis	6219	9326	2111	19	35
	Caprella mutica	294	410	163		
	Carcinus maenas	7	8	7	0	1
	Cheirocratus sundevallii	7	15		31	11
	Chirona hameri				0	2
	Copepoda indet.				7	
	Corophium volutator			95		
	Crangon crangon					2
	Crustacea					2
	Cumacea indet.				0	
	Cypridinae indet.				2	
	Cytheridea indet.				3	
	Dexamine spinosa	165	101	66		
	Eualus sp.				0	0
	Gammaridae indet.	14				
	Gammarus locusta		8			
	Gitana sarsi				0	
	Hyperiididae indet.				2	
	Liocarcinus navigator				3	3
	Microdeutopus anomalus	2951	4338	677	1748	306
	Microdeutopus gryllotalpa	16746	4369	1508		
	Monocorophium insidiosum	40931	39130	15015	1740	641
	Mysidae indet.		8	5		
	Ostracoda indet.				2	
	Palaemon adspersus				0	
	Semibalanus balanoides					1
Echinodermata	Asterias rubens	524	124	14	8	5
	Psammechinus miliaris	187	101	115	60	44
fauna Indet.	Animalia indet.				2	
Gastropoda	Beringius sp.				0	
	Bittium reticulatum	50	232	196	1338	1224
	Buccinum undatum				0	0
	Colus jeffreysianus		15		0	7
	Colus sabini	14				
	Colus sp.					2
	Crepidula fornicata		8		9	5
	Crepidula sp.				1	1
	Cylichna cylindracea					5
	Gastropoda indet.			7		
	Gibbula cineraria			23		

Fortsættes

Klasse	Dybdeinterval	Nye revstrukturer			Omgivende havbund	
		2,4-3m	3,1-4m	4,1-5m	4,1-5m	5,1-5,5m
	Nudibranchia indet.		15	18	3	
	Odostomia plicata				10	
	Onoba semicostata				0	1
	Patella sp.				2	2
	Peringia ulvae	187	131	117		
	Prosobranchia indet.				1	1
	Retusa truncatula				2	2
	Testudinalia testudinalis				1	1
	Tritia incrassata					2
	Tritia reticulata				3	3
Hydrozoa	Hydrozoa indet.				2	
	Obelia dichotoma					
	Obelia geniculata					
	Obelia longissima					
Nematoda	Nematoda indet.				12	1
Nemertea	Nemertea indet.				1	0
Oligochaeta	Tubificidae indet.				14	8
	Tubificoides benedii			5	68	15
Oligochaeta indet	Oligochaeta indet.			23		
Pisces	Gobius niger				0	
	Pisces indet.				76	
	Pomatoschistus microps					0
Polychaeta	Alitta virens				25	39
	Ampharete baltica				11	16
	Aphelochaeta filiformis				0	
	Aphelochaeta marioni				3	
	Aphelochaeta sp.				2	
	Arenicola marina				15	17
	Capitella capitata				3	
	Capitella giardi				1	0
	Capitomastus minima				0	
	Chaetozone caputesocis					1
	Cirratulidae indet.				39	52
	Cirratulus cirratus					3
	Dodecaceria concharum	57	77	145	558	444
	Eteone barbata				0	
	Eteone longa				6	6
	Eulalia bilineata				2	
	Eulalia viridis	230	147	16	30	12
	Eumida sanguinea		8	2	6	1
	Exogone naidina				2	
	Exogone sp.					0
	Glyphanostomum pallescens				0	

Fortsættes

Klasse	Dybdeinterval	Nye revstrukturer			Omgivende havbund	
		2,4-3m	3,1-4m	4,1-5m	4,1-5m	5,1-5,5m
	Harmothoe impar				3	
	Harmothoe sp.				2	0
	Harmothoe spinifera				0	
	Hediste diversicolor	7	54	2		
	Hesionidae indet.					0
	Heteromastus filiformis	7		43	2	1
	Kefersteinia cirrata				3	2
	Lagis koreni				1	
	Lepidonotus squamatus	215	286	117	422	14
	Malacoceros fuliginosus					2
	Malacoceros sp.					0
	Malacoceros tetracerus				30	20
	Malacoceros vulgaris				0	
	Mediomastus fragilis				203	129
	Melinna sp.					2
	Myrianida edwarsi	22	108			
	Neanthes succinea				2	6
	Neoamphitrite figulus	65	139	196	46	65
	Nephtys caeca					0
	Nephtys hombergii					0
	Nereididae indet.				13	16
	Nereimyra punctata				9	5
	Nereis pelagica				1	
	Nicolea zostericola					1
	Nothria conchylega					0
	Pholoe baltica					1
	Pholoe inornata	101	294	329	135	122
	Pholoe pallida				2	
	Pholoe sp.					0
	Phyllodoce maculata	7				
	Platynereis dumerilii	345	665	104		
	Polychaeta				0	
	Polychaeta indet.	36		13	15	12
	Polydora ciliata			13		
	Polydora cornuta				8	9
	Polydora hermaphroditica				1	
	Polydora quadrilobata					0
	Polynoidae indet.					3
	Pygospio elegans				6	4
	Scoloplos armiger			7	34	48
	Spio armata				0	
	Spio filicornis				2	0
	Spio gonioccephala				7	

Fortsættes

Klasse	Dybdeinterval	Nye revstrukturer			Omgivende havbund	
		2,4-3m	3,1-4m	4,1-5m	4,1-5m	5,1-5,5m
	Spiophanes bombyx				0	
	Spirobranchus triqueter	1103483	1155544	461019	17864	6225
	Sthenelais boa				0	
	Streblospio schrubbsoli				1	1
	Syllidae indet.				1	
	Syllidia armata		8	63	19	8
	Terebellidae indet.				0	
	Terebellomorpha indet.				158	3
	Tharyx killariensis				1	
Polyplachophora	Tonicella marmorea			22	26	25
	Steromphala cineraria	29	15		42	31
Porifera	Halichondria (Halichondria) panicea				0	
	Haliclona (Haliclona) urceolus				0	
	Haliclona(Haliclona) oculata					
	Halisarca dujardini					
	Leucosolenia botryoides				0	0
	Leucosolenia sp.					
	Porifera indet.				6	2
Vermes	Vermes indet.					0

[Tom side]

INDVANDRING OG BIODIVERSITET PÅ DET NYE STENREV VED LIVØ

Undersøgelsen viser, at de udlagte revstrukturer ved Livø er koloniseret med 135 forskellige dyr og alger efter lidt mere end 2 år med samlede biomasser på mellem 414 og 1096 g aske-fri tørvægt/m² havbund. Det er ca. 11 gange højere biomasse end på den omgivende havbund. Der er også betydeligt højere individtal af bundfauna på revstrukturerne end på den omgivende havbund. Søpindsvinet *Psammechinus miliaris* (tangborre) var tilstede i stort antal både på den omgivende havbund og på de nye revstrukturer. Det høje antal søpindsvin medfører med stor sandsynlighed et betydeligt græsningstryk på makroalgevegetationen. De sparsomme makroalgeforekomster der er observeret, skyldes derfor højst sandsynlig en kombination af dårlige lysforhold og et højt græsningstryk fra søpindsvin.