

Faglig understøttelse af nye forvaltningsprincipper for muslingefiskeri

Kortlægning af makroalger og ålegræs i Natura 2000-områder i Limfjorden



DTU Aqua-rapport nr. 304-2015

Af Paula Canal-Vergés og
Jens Kjerulf Petersen

Faglig understøttelse af nye forvaltningsprincipper for muslingefiskeri

Kortlægning af makroalger og ålegræs i Natura 2000-områder i Limfjorden

Af Paula Canal-Vergés og Jens Kjerulf Petersen

DTU Aqua-rapport nr. 304-2015

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

Ministeriet for Fødevarer,
Landbrug og Fiskeri



Den
Europæiske
Fiskerifond



Kolofon

Titel	Faglig understøttelse af nye forvaltningsprincipper for muslingefiskeri Kortlægning af makroalger og ålegræs i Natura 2000-områder i Limfjorden
Forfattere	Paula Canal-Vergés, Jens Kjerulf Petersen
DTU Aqua-rapport nr.	304-2015
År	April 2015
Reference	Canal-Vergés P. & Petersen J K. Faglig understøttelse af nye forvaltningsprincipper for muslingefiskeri. Kortlægning af makroalger og ålegræs i Natura 2000-områder i Limfjorden. DTU Aqua-rapport nr. 304-2015. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. 44 pp.
Udgivet af	Dansk Skaldyrcenter, Institut for Akvatiske Ressourcer, Øroddevej 80, 7900 Nykøbing, skaldyrcenter@aqua.dtu.dk, http://www.skaldyrcenter.aqua.dtu.dk/
Download	www.aqua.dtu.dk/publikationer
ISSN	1395-8216
ISBN	978-87-7481-218-0

Forord

Denne undersøgelse er gennemført med støtte fra den Europæiske Fiskeri Fond og udført af Dansk Skaldyrcenter, der i 2013 opererede som en erhvervsdrivende fond og i 2014 var en sektion under DTU Aqua.

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

Nykøbing Mors, 30. april 2015

Paula Canal-Vergés
Jens Kjerulf Petersen

Indhold

Summary	5
1. Indledning	7
2. Materialer og metoder	9
3. Resultater	13
4. Diskussion	37
Referencer	43

Summary

The main purpose of this study is to provide knowledge on key ecosystem components, with special emphasis on macroalgae in Natura 2000 areas in Limfjorden in order to improve the scientific basis for management of shellfish fisheries. In addition, effects of closing areas for shellfish fisheries on benthic vegetation were studied by comparing coverage of macroalgae and eelgrass in two adjacent areas, one of them having been protected from fisheries for the last 20 years.

Primary method was monitoring through video surveys to create a description of seabed composition, existing habitats and coverage of macroalgae and eelgrass. The video surveys covered 135 stations distributed in 5 broads: Løgstør, Lovns, Nissum, Visby and the area around Agerø. Each station was then subdivided into 90 m transects parallel to the coast following the depth contour in 1 m intervals, creating a video survey with ~800 recordings. In addition to video surveying, sediment samples were taken on 90 stations in the 5 broads in order to calibrate the visual inspections. All collected information was afterwards transformed into detailed maps describing the seabed characteristic (sediment types and hard substrate types and abundances), macroalgae communities and eelgrass distribution. In combination with these "static" habitat parameters, subsets of samples describing seasonality, water quality temporal variation and accumulated organic matter were collected.

A detailed description of macroalgae distribution, diversity and seasonality was provided for the five studied broads. It revealed a poor status of the macroalgae communities in Limfjorden with relatively low coverage and shallow depth limits of maximal distribution though depending on species. Some of the reason for the poor status of macroalgae in Limfjorden is the low light availability, the lack of hard stable substrate and oxygen deficiencies during the growing season. An eutrophication gradient was found through the studied broads where Løgstør and Nissum were the least eutrophic, Lovns the most eutrophic and Agerø and Visby somewhere in between.

Eelgrass distribution and coverage was very poor in most of the broads, restrained to the shallowest end of its distribution. The abundance of muddy sediments, the lack of protection from developed adult beds (especially in exposed areas), events of oxygen depletion and the low light intensity make it difficult for the existing beds to thrive, and even more difficult for new seedlings to survive and recolonize. Light limitation was proven linked to different processes in the different broads. Some of the light limitations could be linked to phytoplankton blooms. However, others were more connected to a combination of organic rich muddy sediment and physical exposure to the dominating wind direction.

Differences in benthic vegetation between broads were observed. Most of these differences are due to differences in the substrate (stable hard substrate availability), the amount of shallow areas (bathymetric description below 4 m for eelgrass and 6 m for macroalgae), organic enrichment of the sediments and the exposure to wind/waves.

The invasive *Sargassum muticum* was found to be the most abundant macroalgae species in all broads except Lovns. There were weak indications that the diversity/presence of other native macroalgae species was lower in beds of *S. muticum* compared to beds of native brown algae like *Fucus serratus* and *Fucus vesiculosus*. In contrast, the data indicated higher diversity and abundance of epifauna species in *S. muticum* beds compared to beds of native brown algal species.

Data collected in this investigation have already partly been implemented in management of shellfish fisheries in Løgstør Broad and Lovns Broad.

1. Indledning

Et bærende princip i Habitatdirektivet er, at en påvirkning af habitaterne i forbindelse med menneskelig aktivitet skal påvirke disses struktur og funktion for at være i konflikt med direktivets bestemmelser om opretholdelse af gunstig bevaringsstatus. Forvaltningen af fiskeri af muslinger og østers med skrabende redskaber i de af Habitatdirektivet omfattede Natura 2000-områder og om denne aktivitet påvirker habitaternes struktur og funktion er baseret på en vurdering af udvalgte økosystemkomponenter – ålegræs, makroalger, blåmuslinger og bundfauna – og fiskeriets påvirkning af disse. Påvirkningen og forvaltningen heraf udgår for muslingefiskeriet i danske farvande fra en arealmæssig vurdering. For nogle komponenter som ålegræs er der i den nuværende forvaltning fastsat en såkaldt 0 tolerance, det vil sige, at fiskeriet på ingen måde må påvirke aktuel eller potentiel udbredelse af ålegræs, mens der for andre komponenter som makroalger må forekomme en acceptabel påvirkning. Kriteriet for graden af påvirkning er baseret på den kumulerede arealmæssige påvirkning, som for nærværende er fastsat til maksimalt 15%. For makroalger fastsættes den kumulerede påvirkning over 5 år, svarende til forventet regenereringstid for makroalger, efter kraftig påvirkning i form af skrabende redskaber.

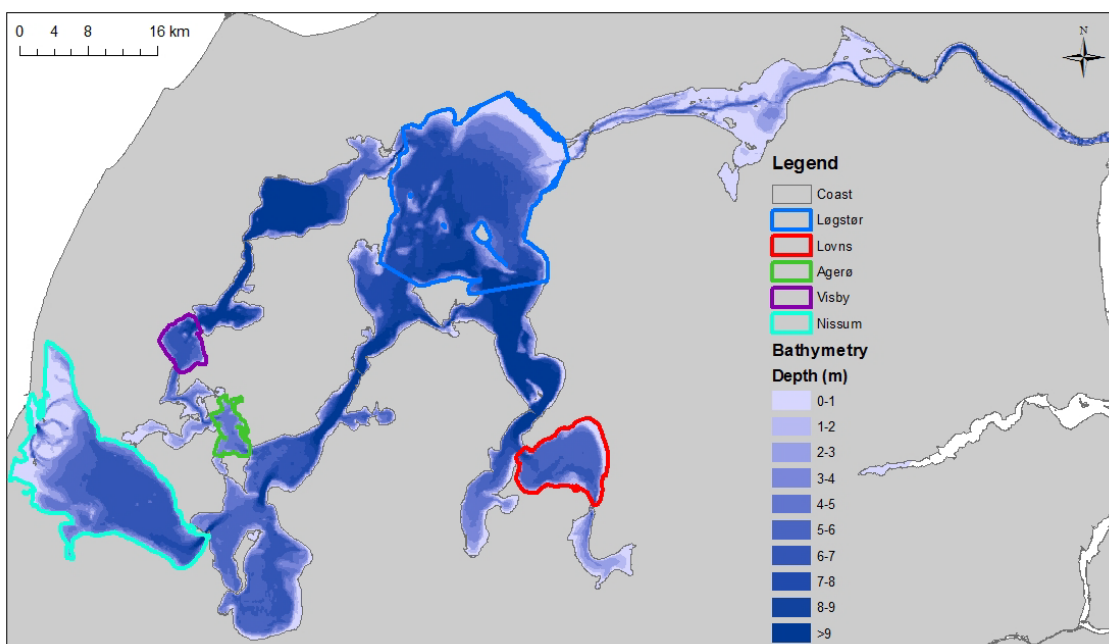
En forudsætning for en forvaltning baseret på arealmæssig påvirkning er viden som udbredelsen af de centrale økosystemkomponenter. Den hidtidige forvaltning har været baseret på data indsamlet af miljømyndighederne i forbindelse med overvågning af miljøtilstanden i danske farvande. For økosystemkomponenterne makroalger og ålegræs er miljømyndighedernes overvågning dog ikke egnet til en arealmæssig forvaltning, fordi monitoreringen udelukkende er målrettet udviklingen i kendte forekomster og ikke på deres udbredelse i hele bassiner. Variation i tæthed og udbredelse af ålegræs og makroalger på et enkelt eller få udvalgte transekter kan muligvis beskrive udvikling i generelle miljøforhold på bassinskala, fx lys- og iltforhold og dermed potentiel udbredelse, men faktisk udbredelse af både makroalger og ålegræs er også bestemt af andre forhold. For begge økosystemkomponenter har fx bundforholdene meget stor betydning for den faktiske udbredelse. Fastsiddende makroalger fordrer således hårdt substrat, typisk sten, for at kunne overleve. Det betyder, at målte dybdegrænser, tætheder eller artsdiversitet i udvalgte områder med optimale substratforhold ikke kan oversættes til bassinskala. Dermed kan den arealmæssige påvirkning af skrabende redskaber på økosystemkomponenterne makroalger og ålegræs heller ikke bestemmes uden at kende til udbredelsen og denne kan kun fastlægges gennem repræsentativ indsamling på flere lokaliteter og dybder.

Ved beregning af kumulerede effekter af fiskeriet er det antaget, at der ved ophør af fiskeri er en regenereringstid af de påvirkede habitater og økosystemkomponenter rækkende fra >20 år for ålegræs til 2-4 år for visse bundfaunasamfund. Fiskeri er imidlertid ikke den eneste faktor, der påvirker danske fjorde. I basisanalyserne, der ligger til grund for vand- og naturplanerne, er det fastslået, at den store tilførsel af næringsalte fra land er den største trussel mod miljø- og naturtilstanden i Limfjorden. Den store tilførsel af næringsalte medfører flere forskellige effekter, herunder organisk berigelse af sedimenterne, nedsat sigtddybde og hyppige og omfattende forekomster af iltvind. Limfjorden er således et i forvejen meget forstyrret økosystem og det er ikke enkelt at kvantificere effekten af fiskeriet. I Limfjorden findes der områder, der i længere tid har været lukkede for fiskeri, og sådanne områder vil være velegnede til at etablere en indledende forståelse af effekten af fiskeri i forstyrrede økosystemer. I denne sammenhæng er Agerø-området – der omfatter de nuværende distriktsnumre 23 og 24 – særdeles velegnet, da der dels ikke har været fisket i området siden 1988 og dels er et nærliggende område, Visby Bredning område 25, hvor der har været fisket regelmæssigt i hele perioden.

Formålet med nærværende undersøgelse er at tilvejebringe et datagrundlag for en arealbaseret forvaltning af økosystemkomponenterne makroalger og ålegræs i Natura 2000-områderne i Nissum Bredning, Løgstør Bredning og Lovns Bredning. Specifikt er det målet at bestemme udbredelsen af makroalger og ålegræs med henblik på at kunne sikre, at kravene om ingen eller acceptabel påvirkning af disse økosystemkomponenter kan overholdes på et fagligt forsvarligt grundlag. Ved at tilvejebringe et detaljeret beskrivelse af udbredelsen og hvilke faktorer, der påvirker denne, bliver det muligt at forvalte fiskeriet i Natura 2000-områderne, så det ikke kompromitterer områdernes struktur og funktion og samtidig sikrer en vigtig erhvervsaktivitet.

2. Materialer og metoder

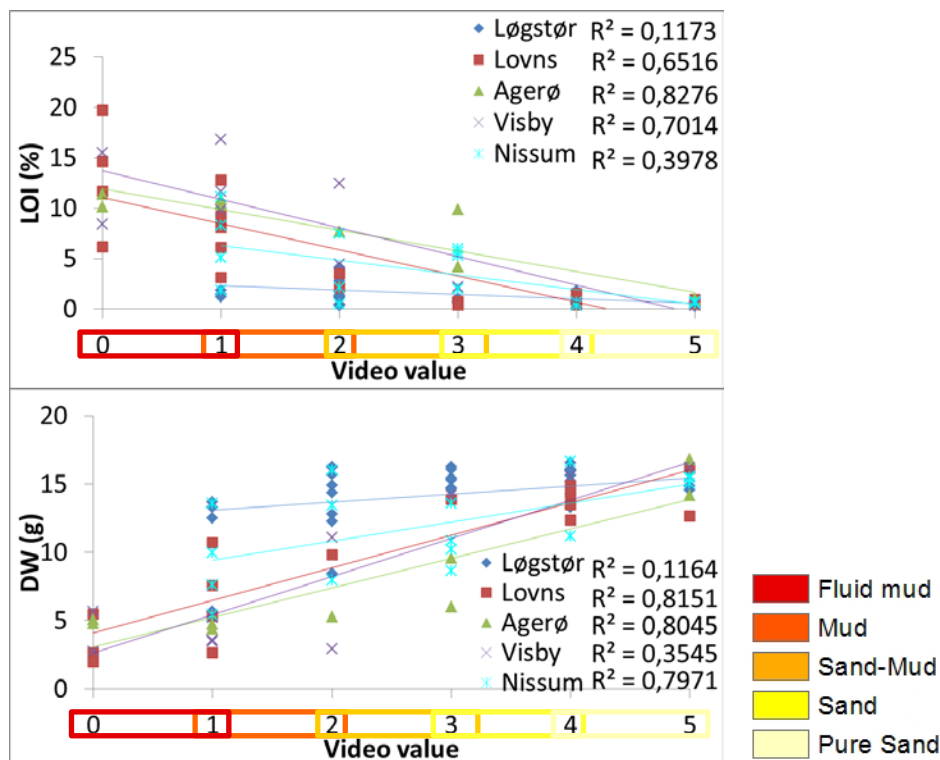
Monitering af tilstedeværelse af bentisk vegetation og karakteristik af bundforholdene blev gennemført som videotransekter i Juli-Oktober 2013 og 2014. I områderne Løgstør Bredning, Lovns Bredning, Nissum Bredning, Visby Bredning og området omkring Agerø blev der udlagt henholdsvis 37, 28, 38, 13 og 19 transekter fordelt i hele det givne område. På hver af transekterne blev der foretaget en ca. 90 m lang videooptagelse af bunden parallelt med kysten på vanddybder fra 1 m til største vanddybde, dog maksimalt 10 m i intervaller af hele meter (1, 2, 3, 4, 5 og 6 m samt i visse områder 7, 8, 9 og 10 m). Videooptagelserne blev efterfølgende analyseret for sammensætningen af den bentiske vegetation, bundforhold og sediment type.



Figur 1. Batymetrisk kort over Limfjorden baseret på informationer fra Kort- og Matrikelstyrelsen. De undersøgte områder er angivet med blå (Løgstør Bredning), rød (Lovns Bredning), turkis (Nissum Bredning), lilla (Visby Bredning) og grøn (området omkring Agerø). Dybdekurverne er angivet med blå nuancer i én meters intervaller.

Analyserne af videooptagelserne baserer sig på kategorisering i grupper på baggrund af visuel identifikation. Indledningsvis blev bunden karakteriseret for tilstedeværelse af hårdt substrat. Tre typer blev valgt: store sten, ralbund og skalbund forstået som blåmuslinger, østers og andre muslingearter og skaller heraf. For at angive det hårde substrats potentielle betydning for makroalgernes udbredelse blev dækningsgraden af det hårde substrat også noteret. Sedimentet blev inddelt i 5 typer: ren sandbund, sandbund, blandet mudder-sand, mudderbund og "flydende mudder", det vil sige meget løs og vandholdig mudderbund. For at kalibrere den visuelle identifikation af sedimenttype blev der indsamlet bundprøver på henholdsvis 35, 16, 18, 11 og 10 stationer i de undersøgte bredninger (Løgstør, Lovns, Nissum, Visby og Agerø-området). På hver station blev der udtaget 3 sedimentkerner, som blev analyseret for total vådvægt, tørvægt og glødetab for hver af lagene 1 cm, 2 cm, 5 cm og 15 cm. Endvidere blev der bestemt kornstørrelsesfordeling i den øverste 1 cm af prøverne. Kalibreringen af den visuelle identifikation med de faktisk målte sedimentkarakteristika viste fin overensstemmelse for parametrene tørvægt og glødetab (figur 2) i Lovns Bredning, Visby

Bredning og området omkring Agerø. Derimod var der en dårligere sammenhæng i Løgstør Bredning og Nissum Bredning, sandsynligvis fordi indholdet af organisk materiale i sedimentet er mindre og sandfraktionen større i disse bredninger. Det viste sig sværere visuelt at bestemme graden af organisk materiale i sandede sedimenter med relativt lavt organisk indhold, men overordnet var der fin overensstemmelse mellem de visuelle observationer og forekomsten af sedimenttyperne mudderbund og flydende mudder.



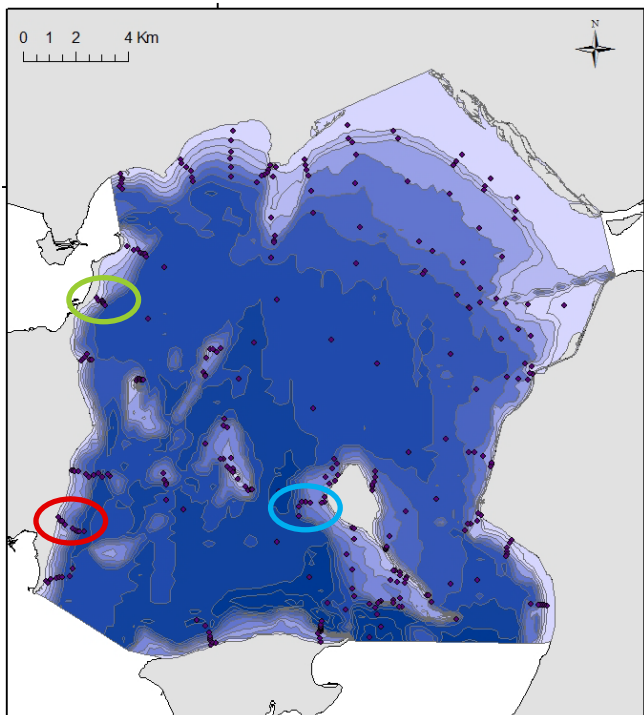
Figur 2. Kalibrering af den visuelle identifikation af sedimenttype på videooptagelserne med målinger i 3 replikater af sediment glødetab (øverst) og sediment tørvægt (nederst) på udvalgte transekter.

Makroalger blev bestemt til en række overordnede grupper: Rødalger, skorpeformede rødalger, brunalger, grønalger, opportunistiske alger og invasive arter. Derudover blev der for hver gruppe bestemt forekomst i følgende kategorier: store eller mellemstore klumper, små klumper (>4-6 planter af samme art eller >3 forskellige arter), enkelt forekomster (1-2 planter) eller ingen makroalger.

For at få et mere detaljeret billede af artsdiversiteten af makroalgerne blev der på baggrund af videooptagelserne i områderne udpeget henholdsvis 14, 7, 15, 8 og 9 stationer med en relativ høj biodiversitet, og på hver station blev der kort tid efter videooptagelserne foretaget dykkerindsamlinger af makroalger til identifikation. På 7 stationer i Løgstør Bredning blev der i både maj og oktober 2013 foretaget dykkerindsamlinger med henblik på at bestemme evt. sæson-betingede forskelle i diversitet. En del af det indsamlede materiale er bevaret som et herbarium og der er udarbejdet en identifikationsmanual på baggrund af indsamlingerne, som vil blive gjort tilgængelig på DTU Aquas hjemmeside.

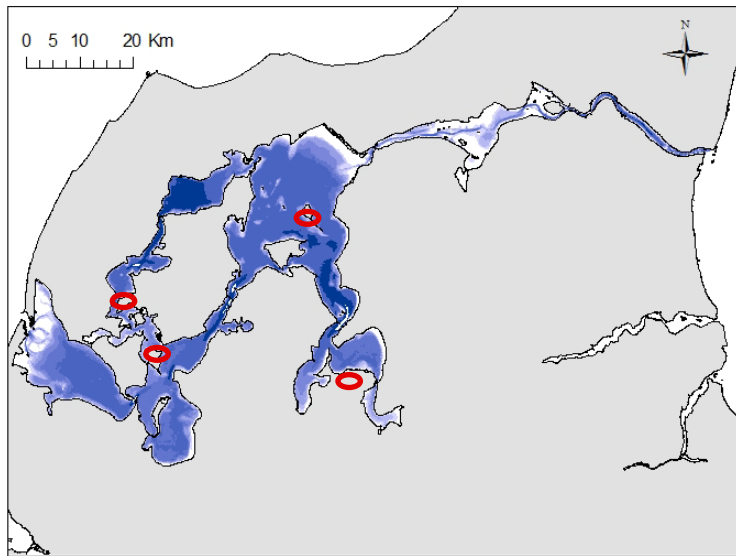
Ålegræs blev inddelt i følgende kategorier: Egentlige ålegræs bede, ålegræs pletter, tilstedeværelse af frøspirede planter og ingen ålegræs. Der blev ikke foretaget kalibreringer af denne inddeling eller bestemt biomasse.

Analyserne af videooptagelserne blev for transekterne repræsenteret som et enkelt punkt for hver dybde på hver station. På baggrund af punkterne blev der dannet GIS kort, hvor der blev integreret mellem punkter med dybde som afgrænsende faktor ("spline with barriers" i ArcGIS med 30 m square mesh). Denne analyse blev valgt ud fra en antagelse om, at punkter i samme dybde har større lighed end punkter på forskellige dybder. Samme metode blev valgt i alle bredninger for at gøre resultaterne sammenlignelige. Den samlede dækning af de undersøgte parametre blev endvidere for hver bredning udtrykt som % af bredningens samlede areal.



Figur 3. Placering af loggere til lysmåling i Løgstør Bredning ved Buksør Odde (station 34) rød markering) og vest for Livø (station 25), blå markering. Foruden disse punkter blev der i punktet mærket med grønt indsamlet for diversitet i bede af sargasso-tang.

Som støtteparameter blev der indsamlet informationer om lysforhold i vandsøjlen i løbet af vækstsæsonen med to forskellige tidslig opløsning. På vanddybderne 2, 4, 6 og 8 m blev der lige over bunden placeret lysloggere på to forskellige lokaliteter i Løgstør Bredning (station 25 vestkysten af Livø og station 25 på østkysten af Mors, figur 3) karakteriseret ved forskellig grad af eksponering for den fremherskende vindretning. Loggerne samlede informationer i 1 måned i april 2014. I en længerevarende periode (maj-september) i 2014 blev der endvidere placeret lys- og ilt-loggere på stationer på henholdsvis 2, 4, 6 og 8 m vanddybde i Løgstør Bredning og Visby Bredning og 2, 4 og 6 vanddybde i Lovns Bredning og området omkring Agerø (figur 4). På 4 m vanddybde blev der endvidere placeret en ilt-logger tæt på overfladen ved 4 m stationen. Loggerne blev rensset for biofouling hver anden uge gennem hele sæsonen.



Figur 4. Placering af transekter for måling af lys og ilt i sommerperioden 2014 (markeret med rødt).

Da der på visse stationer i specielt Løgstør Bredning er store forekomster af den invasive sargasso-tang (*Sargassum muticum*), blev der gennemført en mindre undersøgelse af biodiversitet i områder med sargasso-tang sammenlignet med områder domineret af de hjemmehørende brunalger blæretang (*Fucus vesiculosus*) og savtang (*Fucus serratus*). På tre lokaliteter i Løgstør Bredning (figur 3) blev der indsamlet prøver af associeret vegetation og fauna i 5 ringprøver udlagt af dykker. Vegetationen blev bestemt *in situ* af dykkeren, mens sargasso-tang, savtang og blæretang i ringprøverne blev indsamlet til bestemmelse af biomasse (tørvægt). Indsamling af associeret fauna foregik ved, at dykkeren forsigtigt afskar en hel plante af hver art, placerede den i en finmasket pose og bragte den til overfladen, hvor den efterfølgende blev overført til en plastikspand fyldt med vand fra lokaliteten. Spanden blev bragt til laboratoriet, hvor planten blev rystet kraftigt under vand i spanden med henblik på at løsne alle dyr fra planten. Efterfølgende blev vandet filtreret gennem en 1 mm og 0,5 mm sigte og alle frasigtede dyr blev overført til beholdere med ethanol. Planten blev vejlet efter tørring. Den sigtede 1 mm fraktion blev sorteret og bestemt til art (undtagen for amphipoder). 0,5 mm fraktionen – der fortrinsvis bestod af amphipoder - blev koncentreret gennem vakuum filtrering og vådvægten blev bestemt.

3. Resultater

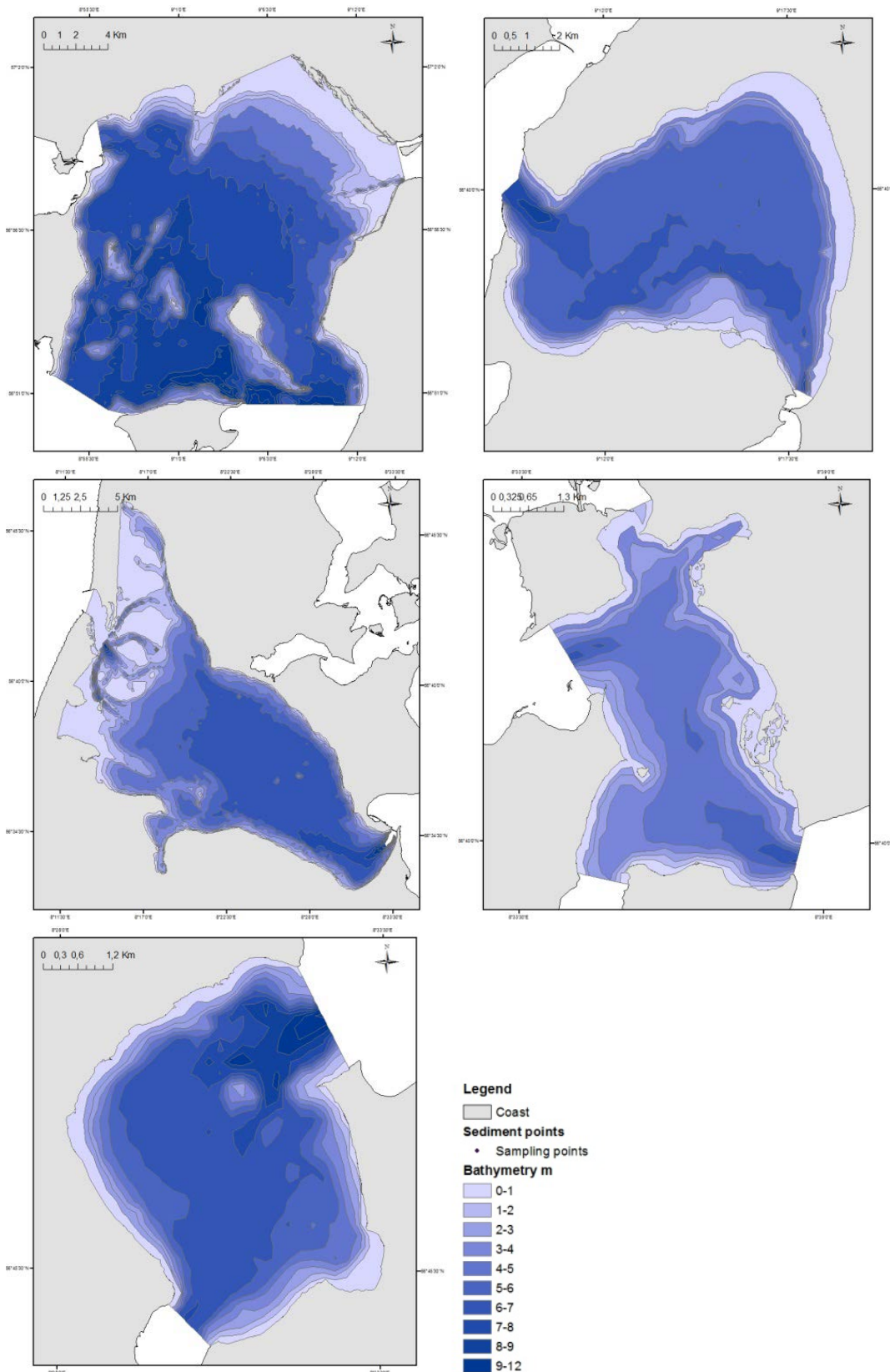
3.1 Batymetri

De fem undersøgte bredninger kan generelt set – som resten af Limfjorden – karakteriseres som værende lavvandede (figur 5), men der er dog tydelige forskelle mellem de enkelte bredninger i fordelingen af areal på de forskellige dybder (figur 6). Nissum Bredning og området omkring Agerø er således de mest lavvandede med henholdsvis 43% og 61% af totalarealet på vanddybder <4 m, mens Løgstør Bredning, Lovns Bredning og Visby Bredning har henholdsvis 34%, 37% og 38% af arealet <4 m.

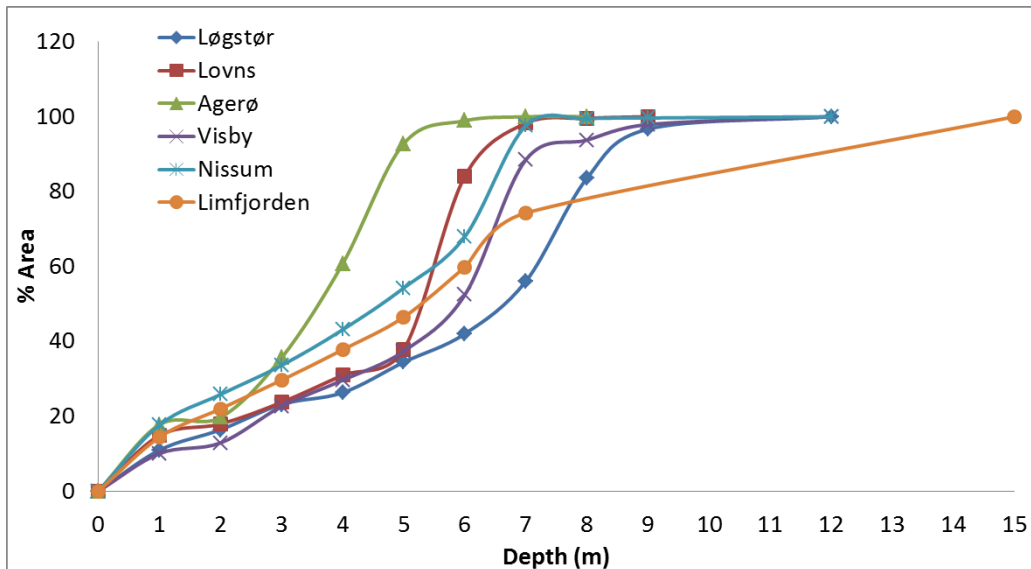
3.2 Lysforhold

Der blev foretaget to typer målinger af lysforhold: i) En kortere tidsserie med fokus på betydningen af resuspension for lysforholdene og ii) en længere tidsserie med henblik på at dokumentere evt. forskelle mellem bredningerne.

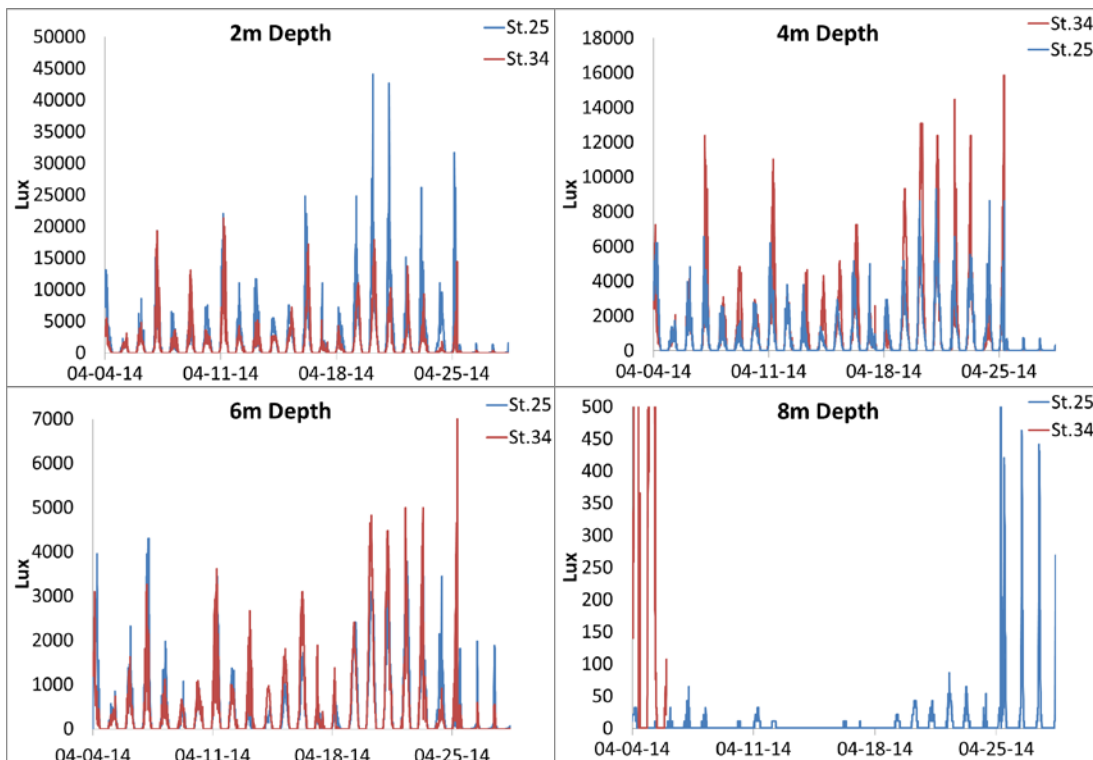
For at bestemme betydningen af resuspension blev der målt lysforhold på stationer i samme område med forskellig grad af eksponering for den dominerende vindretning, som er sydvest-vest i Limfjorden. Som det fremgår af figur 7 er der ikke en entydig sammenhæng mellem eksponering og lysforholdene. Således er der generelt mest lys på den eksponerede station 25 i de fleste dybder sammenlignet med den ikke eksponerede station 34. Årsagen til denne tilsyneladende ikke logiske observation er, at bunden på station 34 er væsentlig mere mudret med et højt indhold af små finkornede partikler og organisk materiale (se senere) og derfor vil der her lettere kunne genereres udskygning som følge af resuspension sammenlignet med station 25, hvor bunden er hård og ikke har en høj fraktion af materiale, der let kan resuspenderes.



Figur 5. Batymetrisk kort over Løgstør Bredning, Lovns Bredning, Nissum Bredning, Visby Bredning og området omkring Agerø.



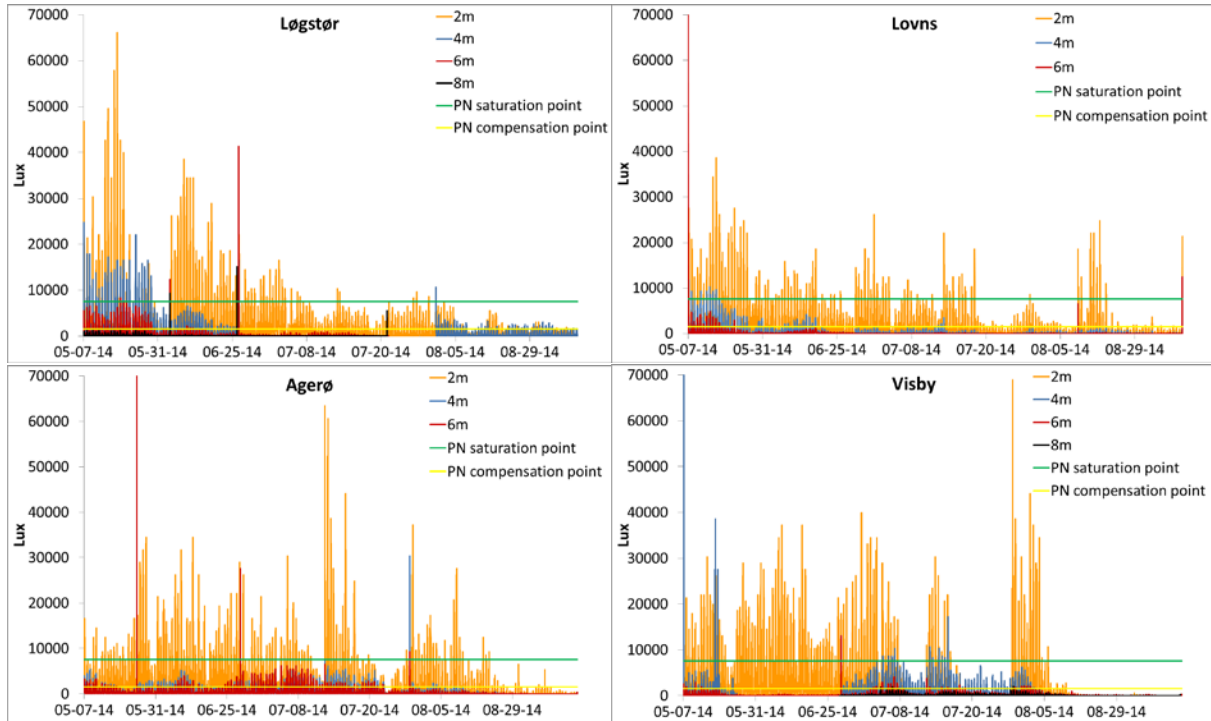
Figur 6. Fordeling af areal på forskellige vanddybder (hypsografisk fordeling) for 5 bredninger i Limfjorden.



Figur 7. Lysflux per arealenhed (lux) på station 34 (rød) og station 25 (blå) i løbet af april måned 2014.

For at sammenligne mellem bredninger blev lysintensiteten målt over hele sommerperioden på udvalgte stationer i flere dybder. Generelt set viser målingerne, at i alle områder er lysintensiteten på 4 m dybde stærkt reduceret i forhold til 2 m og på større vanddybder er der i perioder potentielt lysbegrænsning (figur 8). På 8 m vanddybde er der således for lidt lys til den gennemsnitlige makroalgens behov for at kunne gennemføre fotosyntese hele sommeren. På 6 m vanddybde er der for lidt lys til fotosyntese fra omkring juni i Løgstør og Lovns, mens lyset først er begrænsende fra ca. august i Visby Bredning og fra september i

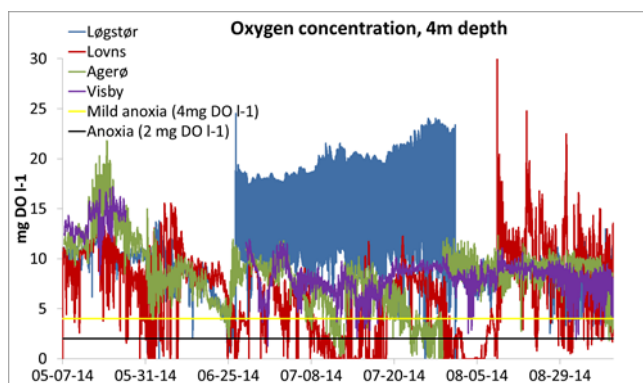
området omkring Agerø. I Visby Bredning er der dog særlige forhold i starten af sommeren, hvor lyset tilsyneladende også er begrænsende for fotosyntesen på både 4 og 6 m. Samlet viser målingerne, at lyset er begrænsende for makroalgernes udbredelse i de undersøgte områder og dermed sandsynligvis i størstedelen af Limfjorden og at grænsen går et sted mellem 6-8 m.



Figur 8. Lysflux per kvadratmeter (lux) på 2, 4, 6 og 8 m vanddybde i Løgstør Bredning, Lovns Bredning, Visby Bredning og området omkring Agerø (se figur 3) fra maj-oktober 2014. Den grønne linje viser mætningspunktet for fotosyntese, mens den gule linje viser minimum krav til lysflux for en gennemsnitlig makroalge.

3.3 Iltforhold

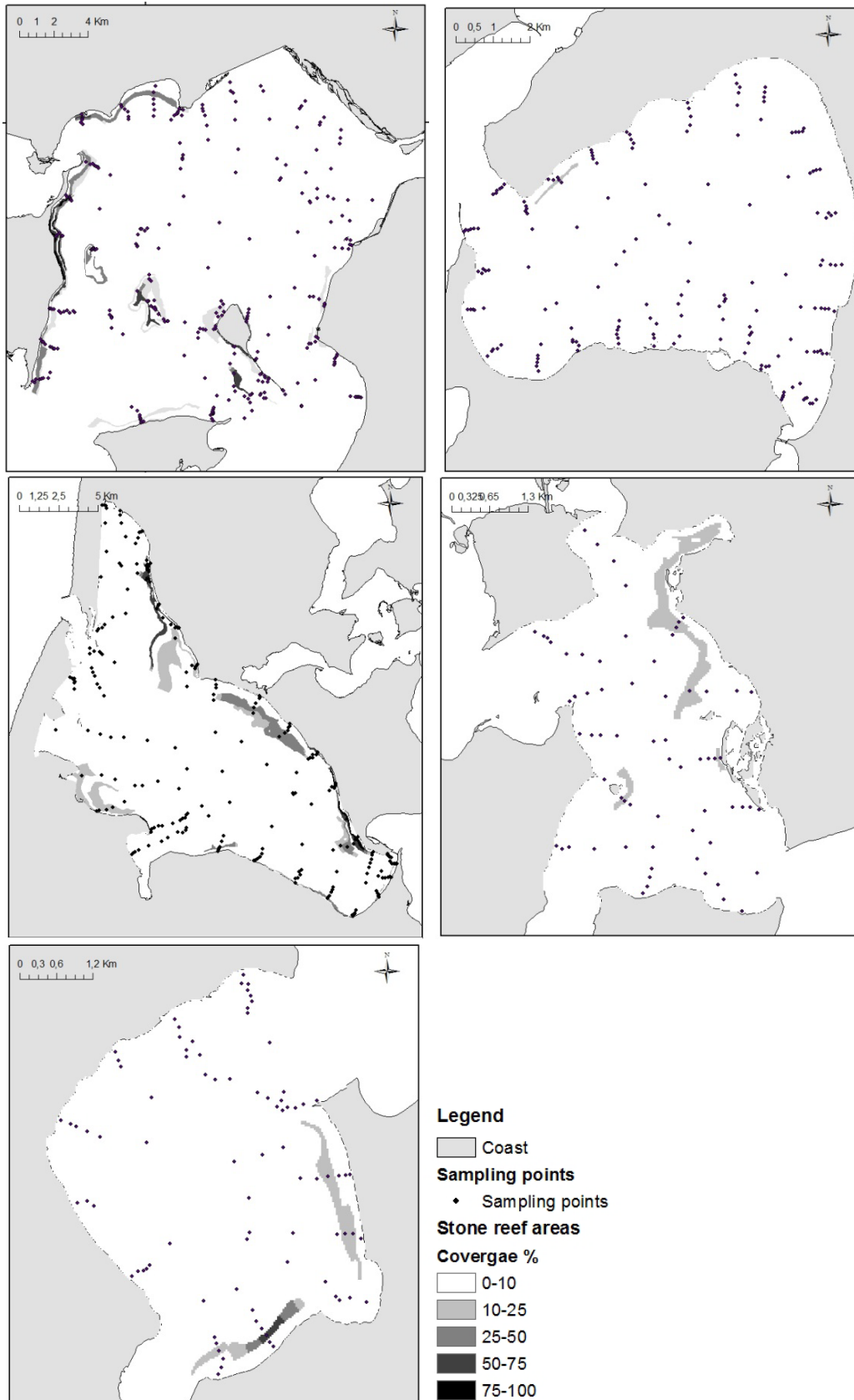
Der blev i 2014 observeret forekomst af alvorligt iltsvind ($<2 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$) i alle de undersøgte områder, det vil sige Løgstør Bredning, Lovns Bredning, Visby Bredning og området omkring Agerø på helt ind til 4 m vanddybde fra juni-september, men med størst frekvens i juli-august (figur 9). Lovns Bredning var det hårdest ramte område med den største forekomst af iltsvind. Omfanget og udbredelse af iltsvind i Limfjorden varierer mellem år, og i 2014 var iltsvindet meget omfattende og langvarigt. Selv i området omkring Agerø blev der konstateret iltsvind, hvilket ikke er normalt ifølge målinger foretaget af miljøcentrene.



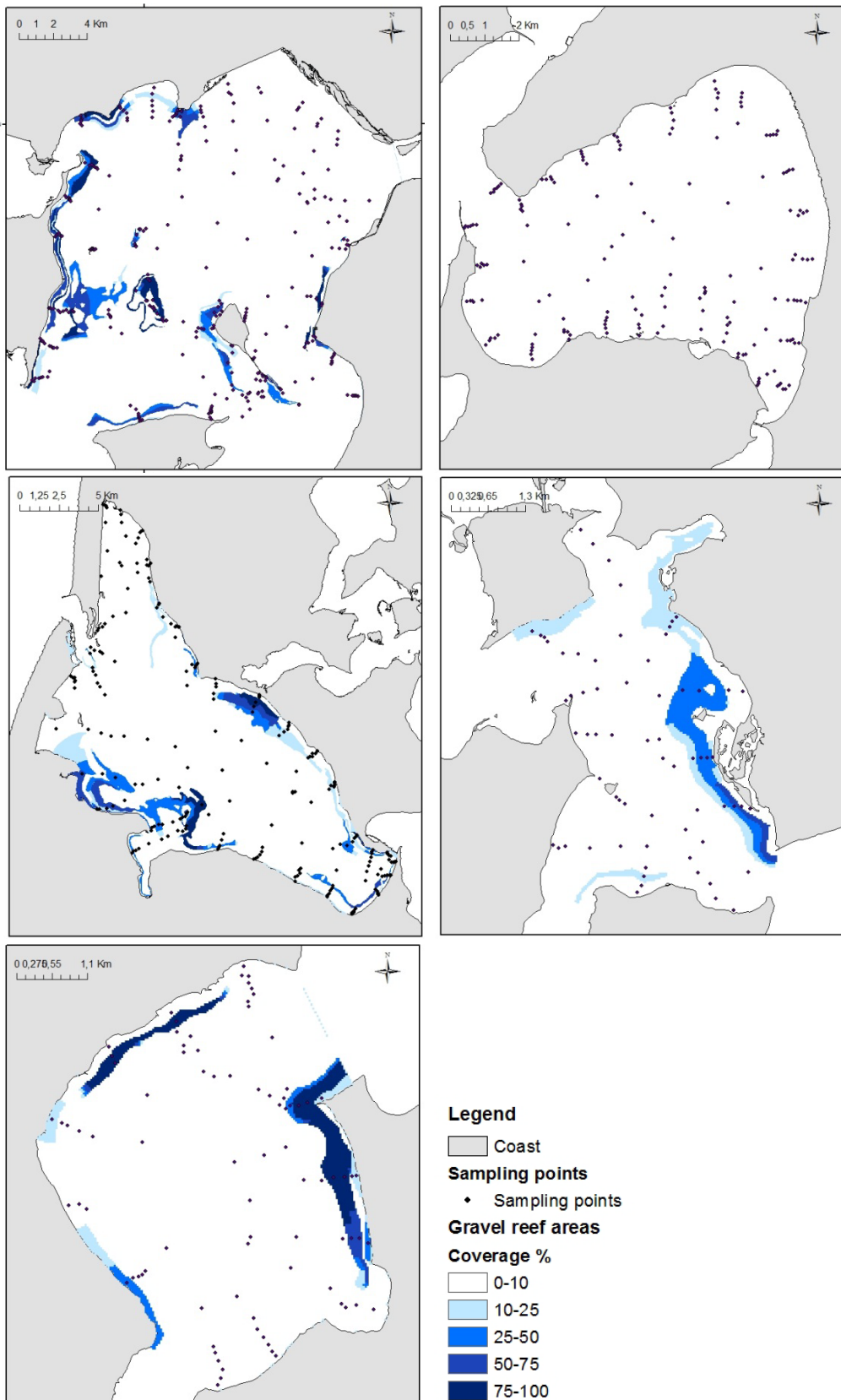
Figur 9. Koncentrationen af ilt ($\text{mg O}_2 \text{ l}^{-1}$) i 4 m vanddybde på stationer i Løgstør Bredning, Lovns Bredning, Visby Bredning og området omkring Agerø (se figur 4) fra maj-oktober 2014. Den gule linje repræsenterer moderat iltsvind, mens den sorte linje repræsenterer alvorligt iltsvind.

3.4 Forekomst af hårdt substrat

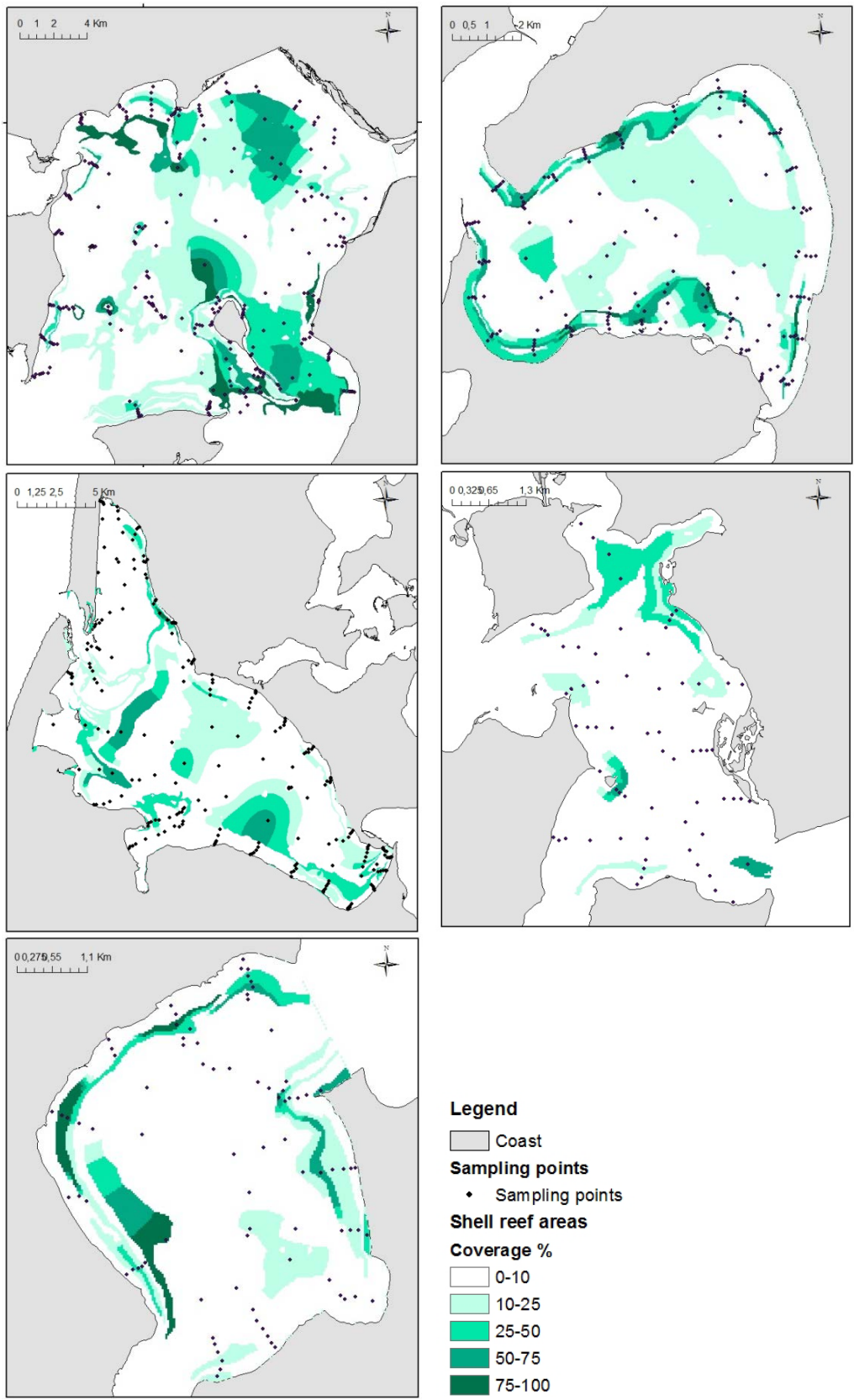
Generelt viser analysen af videooptagelserne, at tætte bestande af makroalger forekommer i områder, hvor der er >25% dækning af sten og fortrinsvis >50% dækning. Derfor er betydende forekomst af hård bund i det følgende defineret som en dækningsgrad på >25% af bunden. I Løgstør Bredning forekommer stenrev og ralbund fortrinsvis i de samme områder, det vil sige langs østkysten af Mors, nord for Fur og på vestkysten af Livø (figur 10 og 11). Skalbund forekommer mere spredt i bredningen (figur 12). Løgstør Bredning er den bredning med den højeste forekomst af hårdt substrat med en dækningsgrad på >25% af bunden (figur 13). I Løgstør Bredning er der således på 21% af arealet skalbund, på 6% ralbund og på 2,2% stenrev med en dækningsgrad >25%, som er grænsen for større forekomster af makroalger. Modsat er der i Lovns Bredning stort set ingen større sten eller ralbund og det eneste hårde substrat er skalbund (figur 10-12), som blev fundet på 14% af arealet i betydende forekomster (>25 dækning). Det er i denne forbindelse vigtigt at fastslå, at skalbund ikke er en stabil struktur for makroalger, dels fordi de ikke kan holde på særlige store planter ved strøm- eller bølgepåvirkning, så disse bringes i drift, og dels fordi de modsat sten og ralbund ikke er stabile over tid. Nissum Bredning minder meget om Løgstør Bredning med en koncentreret forekomst i den nordlige del af bredningen af stenrev (4% af bunden med betydende stenrev) og ralbund (8% af bunden) og en mere spredt fordeling af skalbund (14%) i det meste af bredningen (se figur 10-13).



Figur 10. Forekomst af stenrev (store sten) i Løgstør Bredning, Lovns Bredning, Nissum Bredning, Visby Bredning og området omkring Agerø.

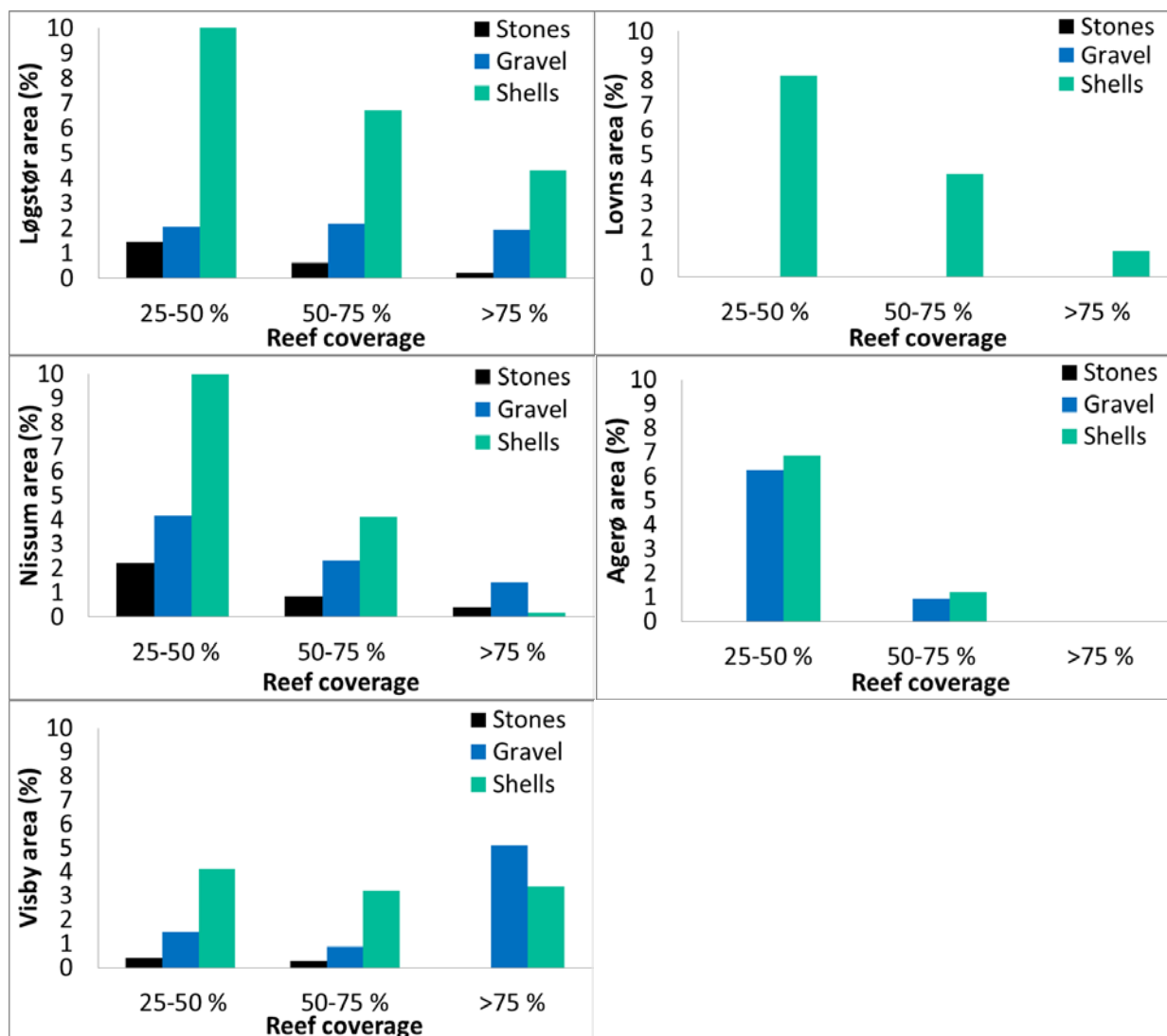


Figur 11. Forekomst af ralbund i Løgstør Bredning, Lovns Bredning, Nissum Bredning, Visby Bredning og området omkring Agerø.



Figur 12. Forekomst af skalbund i Løgstør Bredning, Lovns Bredning, Nissum Bredning, Visby Bredning og området omkring Agerø.

Visby Bredning og området omkring Agerø er sammenlignelige hvad angår forekomst af hårdt substrat med meget små forekomster af både stenrev og ralbund (figur 9-10, 12). De to områder adskiller sig især ved forekomsten af skalbund med en mere udbredt forekomst af skalbund i Visby Bredning (11% af bunden med betydende forekomst af skalbund) sammenlignet med området omkring Agerø (8% af bunden).



Figur 13. Fordeling af betydende forekomst af stenrev, ralbund og skalbund defineret som dækningsgrader på >25% i Løgstør Bredning, Lovns Bredning, Nissum Bredning, Visby Bredning og området omkring Agerø.

3.5 Udbredelse af makroalger

Tilstedeværelse af enkeltstående makroalger er i denne undersøgelse ikke antaget at være udtryk for stabile forekomster, da det har været svært at afgøre, om planterne med substrat er drevet til den pågældende lokalitet og fordi enkelte planter har mindre betydning som habitat. Kategorien er dog fastholdt, men hovedudbredelse af makroalger er kun defineret for kategorierne små klumper eller store klumper.

På alle lokaliteter var hovedudbredelsen af makroalger sammenfaldende med forekomst af hårdt substrat (figur 10-12, 14), især sten og tætte forekomster af ralbund og skalbund, og var primært koncentreret på de lavere vanddybder og ofte i de samme områder som ålegræsset (se nedenfor). Enkeltstående planter var mere spredte, ofte korreleret til forekomst af skalbund og også på lidt større vanddybder. I området omkring Agerø var der på 35% af bunden forekomst af små eller store klumper af makroalger. Det betyder ikke, at 35% af bunden i området er helt dækket af makroalger, men at der spredt i små eller store klumper var makroalger på 35% af arealet. I Lovns Bredning var der kun en tilsvarende forekomst på 3% af bunden, mens der var betydelige forekomster af makroalger på 19%, 14% og 13% af bunden i henholdsvis Løgstør Bredning, Visby Bredning og Nissum Bredning (figur 14).

For de forskellige grupper af makroalger er udbredelsen ikke sammenfaldende med total udbredelsen, selvom forekomst af hårdt substrat generelt set er en betingelse for de fleste algearter. Oprette **rødalger** er et eksempel på arter, der ikke er specifikt knyttet til sten, fordi de findes på ralbunde, skalbunde og for enkelte arter endda på sandbunde, om end dette var sjældent i denne undersøgelse. Gruppen omfatter mange ofte små arter. De største forekomster af rødalger blev fundet i Løgstør Bredning, hvor især forekomster af enkelte individer på større vanddybder var karakteristisk for området (figur 15).

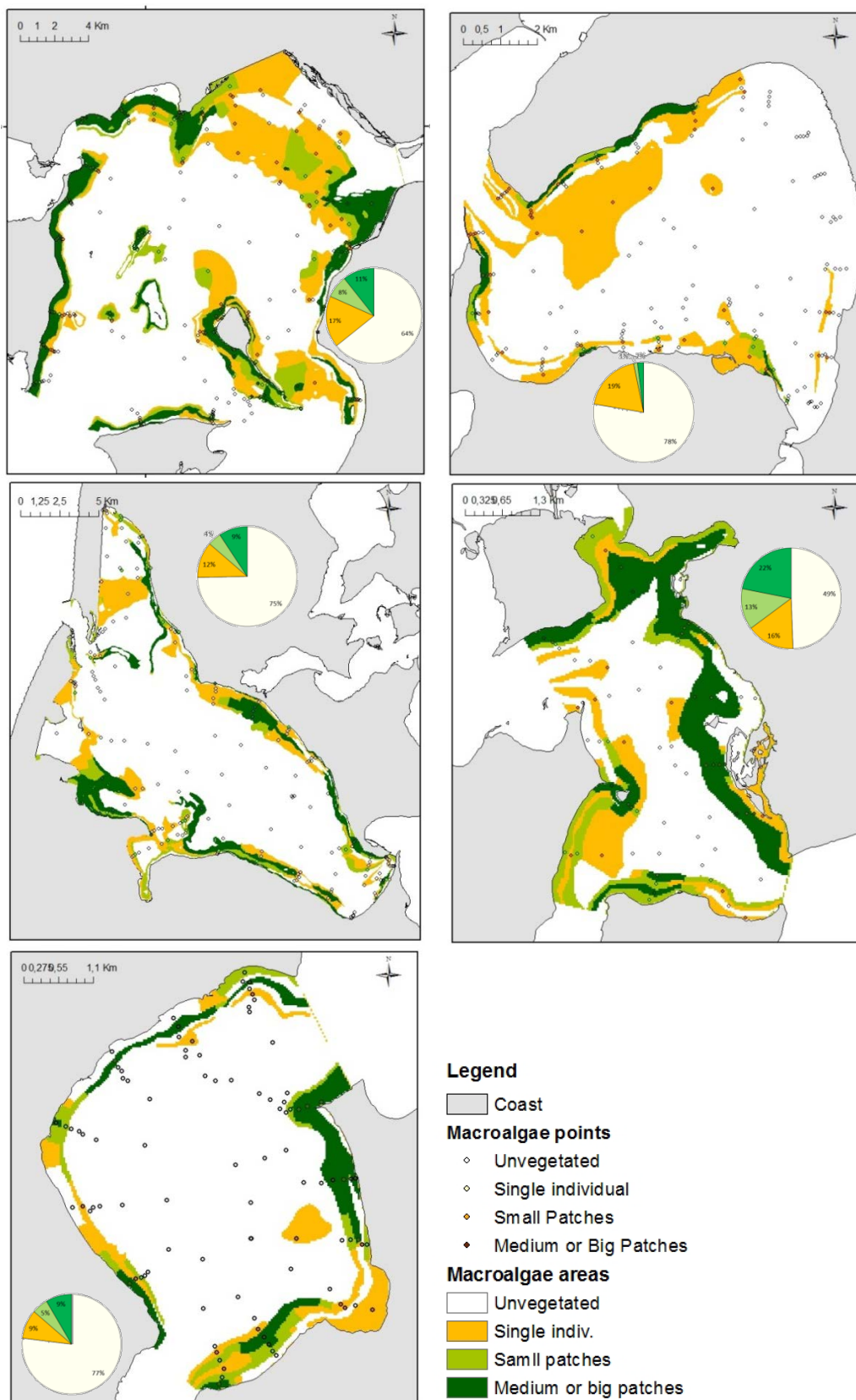
De **skorpeformede rødalger** blev udelukkende fundet på den hårde bund og især på sten, men kan også forekomme på ralbunden og i mindre omfang på skalbund og da primært i områder med mange skaller. Skorpeformede rødalger er de mest tolerante arter for lav lysintensitet og ved tilstedeværelse af sten blev skorpeformede rødalger fundet på de største dybde af alle systematiske grupper (figur 16).

Gruppen af hjemmehørende **brunalger** var domineret af tre arter: Savtang (*Fucus Serratus*), blæretang (*Fucus vesiculosus*) og skulptetang (*Halidrys siliquosa*). Der blev fundet andre brunalgearter i prøverne, men disse tre var dominerende. Brunalgerne blev generelt fundet på lavt vand og primært på sten og var hyppigst i Visby Bredning, Løgstør Bredning og Nissum Bredning (figur 17).

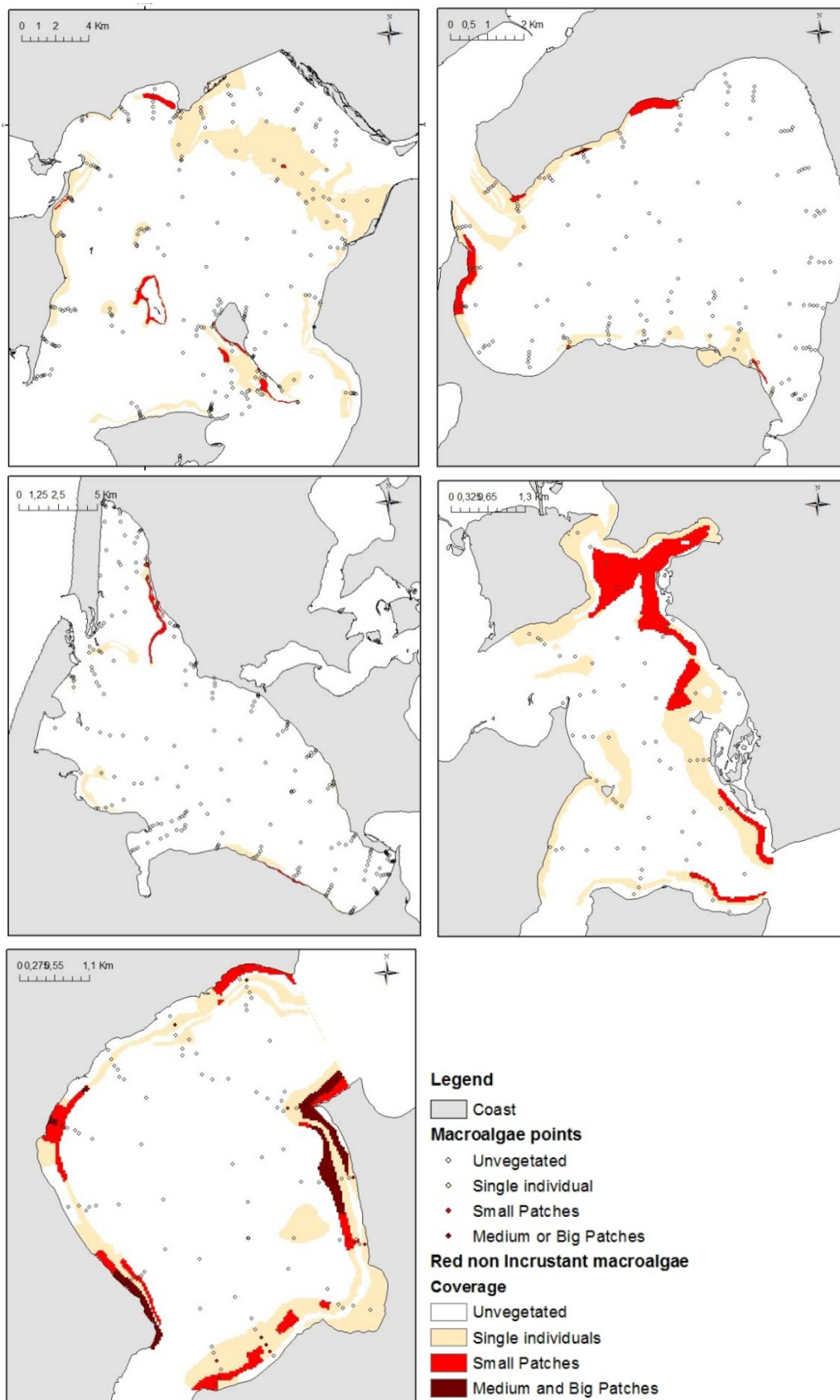
Grønalger blev fundet i alle bredninger, men var mest hyppige i Løgstør Bredning og området omkring Agerø (figur 18). Gruppen omfatter på videoptagelserne udelukkende de **opportunistiske alger** søsalat (*Ulva lactuca*) og krølhårstang (*Chaetomorpha linum*), som ikke er hæftede til et fast substrat, men derimod drivende, og som derfor ikke er associeret til en bestemt bundtype. Opportunistiske grønne alger blev primært fundet i Lovns Bredning, Løgstør Bredning og området omkring Agerø og er i Lovns Bredning den dominerende algeart.

Gruppen af **invasive arter** udgøres af brunalgen sargasso-tang (*Sargassum muticum*) og rødalgen gracillaria-tang (*Gracillaria vermiculophylla*) med sargasso-tang som den absolut mest hyppigt forekommende invasive art (90% af gruppen). Begge arter er vidt udbredt undtagen i Lovns Bredning, hvor der kun er forekomst af gracillaria-tang på to lokaliteter. Sargasso-tang blev i alle bredninger, på nær Lovns Bredning (figur 19), fundet på alle substrat-typer, hvor den ofte danner store klumper. Arten er den hyppigst forekommende art i undersøgelsen.

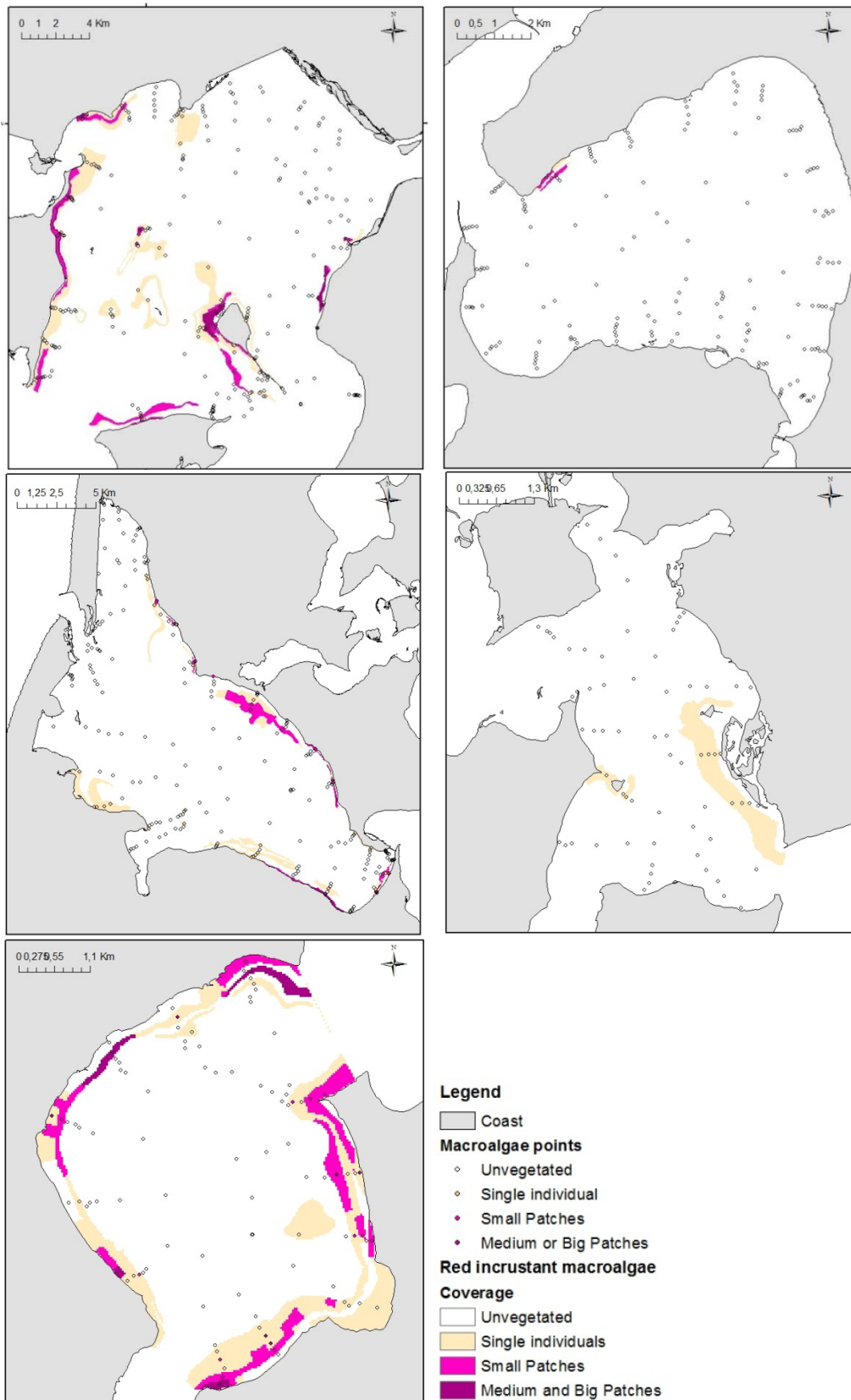
Af de undersøgte bredninger var makroalge-diversiteten i forhold til overordnede systematiske grupper højest i Løgstør Bredning efterfulgt af Nissum Bredning, hvilket primært afspejler mængden og sammensætningen af det hårde substrat (figur 10-13). I området omkring Agerø var der den højeste dækningsgrad af alger, men her var artsdiversiteten lav og makroalgensamfundene domineret af sargasso-tang, grønne alger og små rødalger. I Visby Bredning og især i Lovns Bredning var både forekomst og artsdiversitet af makroalger lav.



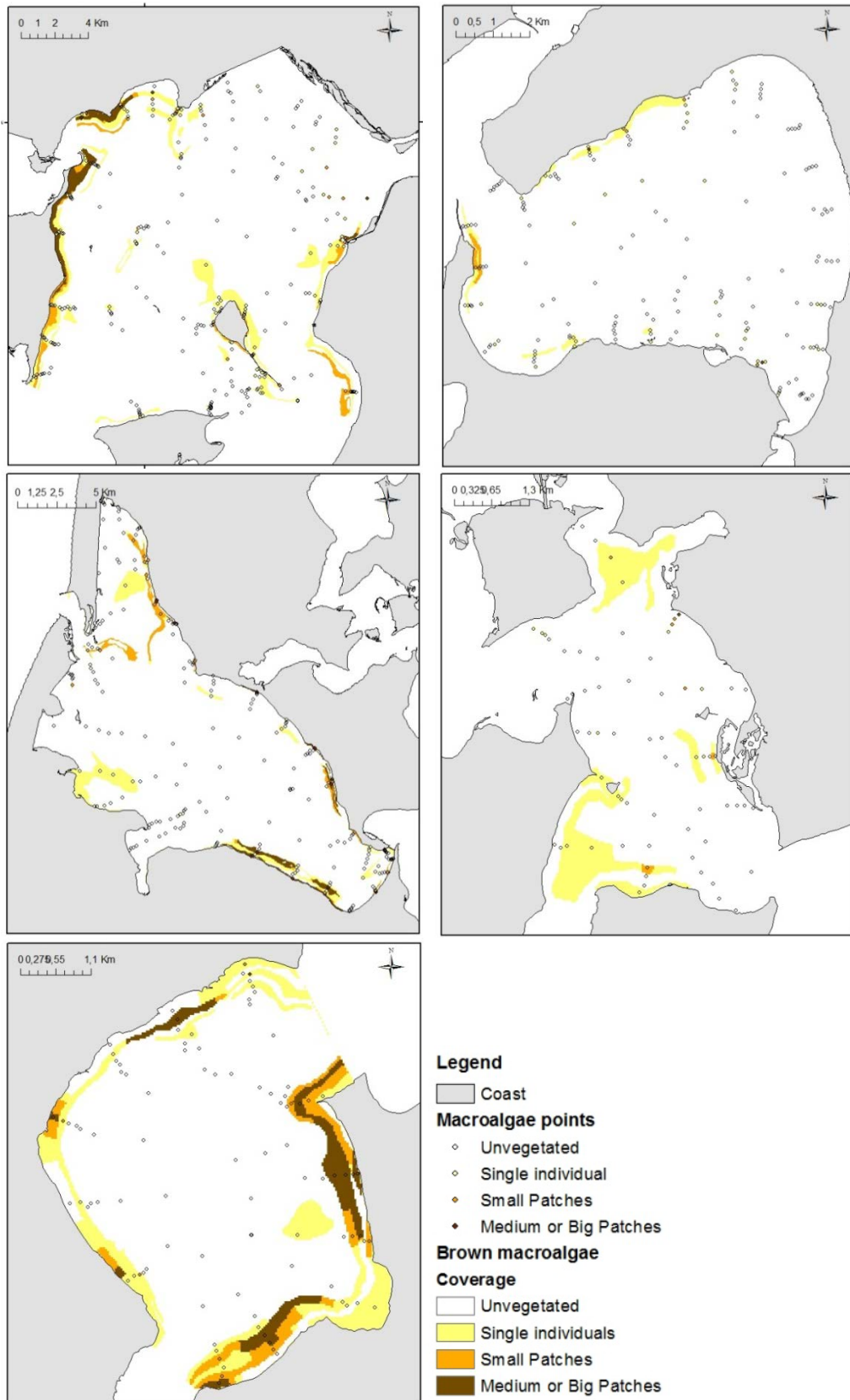
Figur 14. Udbredelse og dækningsgrad af betydende forekomster af makroalgесamfund i Løgstør Bredning, Lovns Bredning, Nissum Bredning, Visby Bredning og området omkring Agerø.



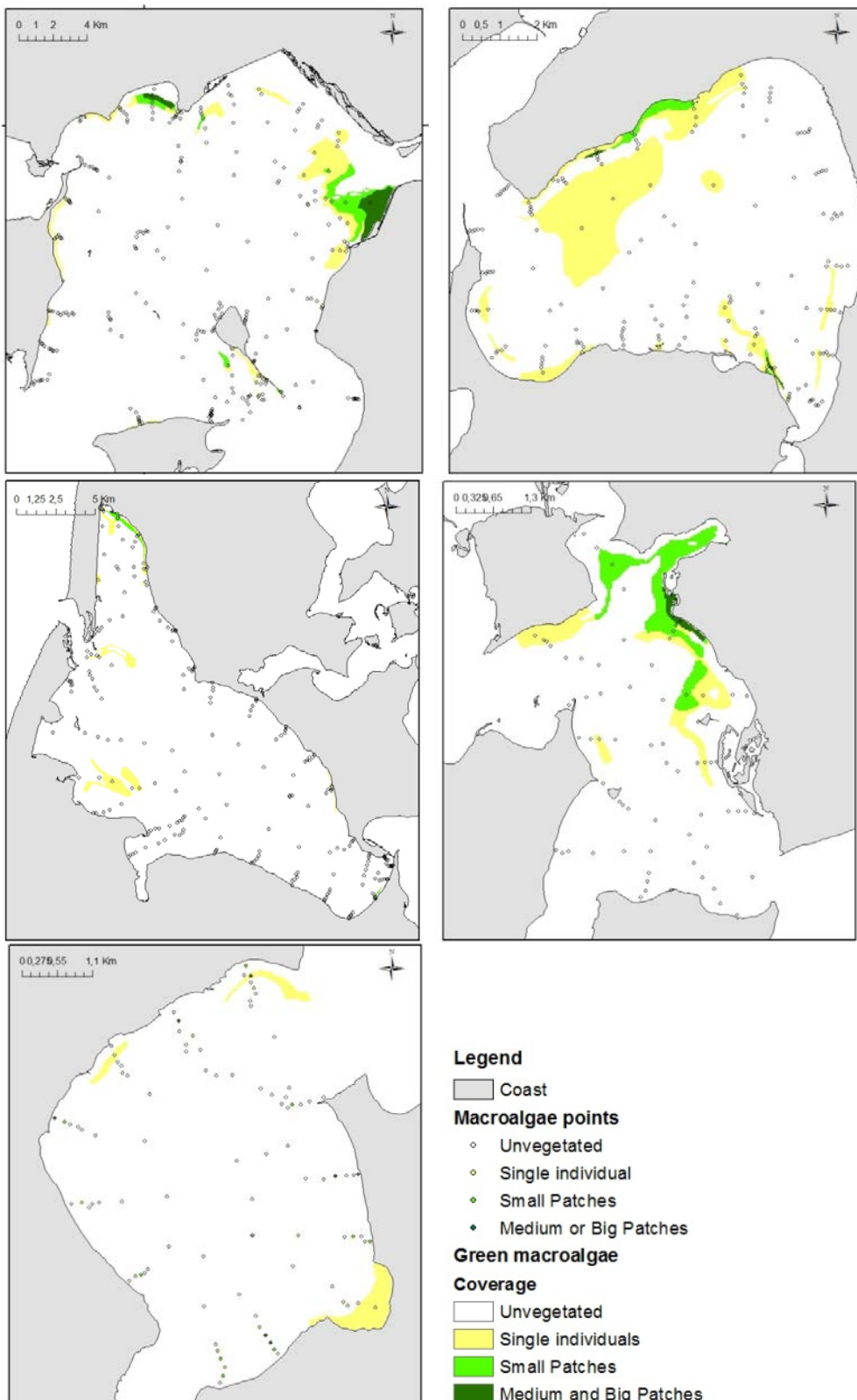
Figur 15. Udbredelse af rødalger i Løgstør Bredning, Lovns Bredning, Nissum Bredning, Visby Bredning og området omkring Agerø.



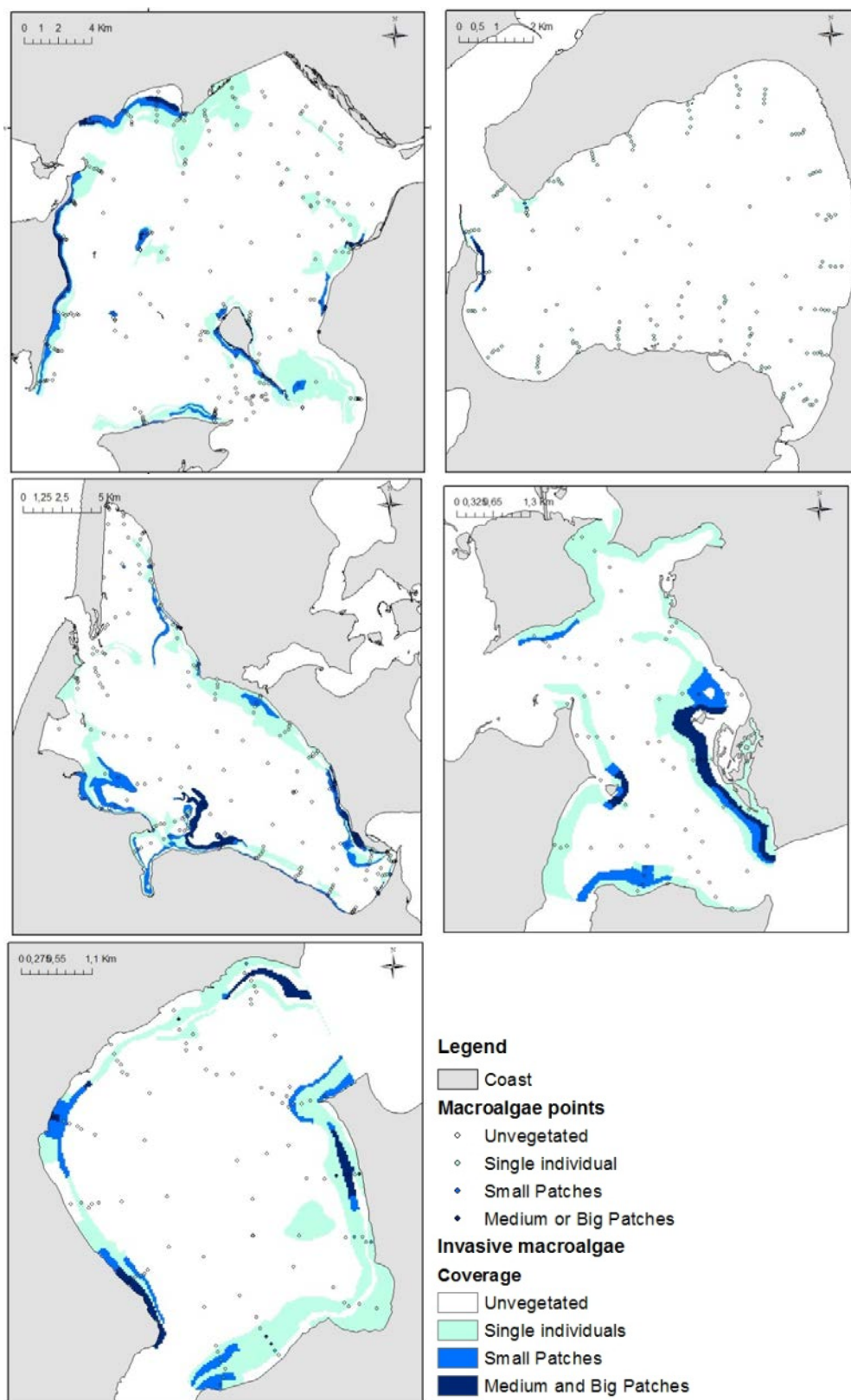
Figur 16. Udbredelse af skorpeformede rødalger i Løgstør Bredning, Lovns Bredning, Nissum Bredning, Visby Bredning og området omkring Agerø.



Figur 17. Udbredelse af brunalger i Løgstør Bredning, Lovns Bredning, Nissum Bredning, Visby Bredning og området omkring Agerø.



Figur 18. Udbredelse af opportunistiske grønalgler i Løgstør Bredning, Lovns Bredning, Nissum Bredning, Visby Bredning og området omkring Agerø.



Figur 19. Udbredelse af de invasive makroalger sargasso-tang og gracillaria-tang i Løgstør Bredning, Lovns Bredning, Nissum Bredning, Visby Bredning og området omkring Agerø.

3.6 Makroalge-biodiversitet

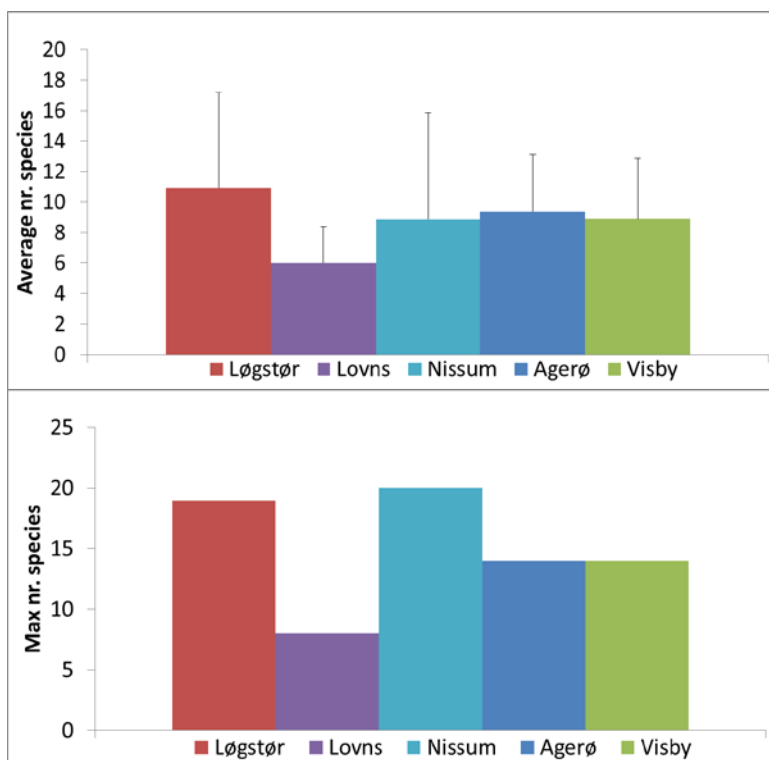
På en række udvalgte stationer i hver bredning blev der indsamlet prøver med dykker til bestemmelse af artssammensætningen af makroalger som supplement til inddelingen i grupper og bestemmelsen af enkelte let genkendelige fortrinsvis større arter fra videooptagelserne. Der blev i disse indsamlinger i alt fundet 53 forskellige arter. Rødalgerne var hyppigst repræsenteret med 23 forskellige arter (heraf én invasiv), mens der var 16 forskellige brunalgearter (heraf én invasiv), 6 forskellige arter skorpeformede alger og 8 grønalgearter (tabel 1).

Tabel 1. Arter på udvalgte stationer i Løgstør Bredning, Lovns Bredning, Nissum Bredning, Visby Bredning og området omkring Agerø. Ikke fundet (-), observeret (P), hyppig (F)

	Latinsk navn	Dansk navn	Løgstør	Lovns	Nissum	Agerø	Visby
			forekomster/stationer (%)				
Red non encrusting macroalgae	<i>Bonnemaisonia hamifera</i>	Rødtot	P	-	p	p	-
	<i>Brongniatela byssoides</i>	Juletræs-alge	-	-	-	-	-
	<i>Callithamnion corymbosum</i>	Tæt rødsky (næse-blods-alge)	F	-	P	P	P
	<i>Ceramium nodulosum</i>	Klotang	F	P	-	F	P
	<i>Ceramium rubrum</i>	Almindelig klotang	-	P	P	-	-
	<i>Ceramium</i> sp.	Klotang	F	-	P	P	P
	<i>Chondrus crispus</i>	Carrageentang	F	-	P	P	F
	<i>Chylocladia verticillata</i>	Kransrør	-	P	P	-	-
	<i>Cocotyllus truncatus</i>	Kilerødblåd	-	-	P	-	P
	<i>Dumontia contorta</i>	Dumontalge	P	P	-	P	P
	<i>Furcellaria lumbricalis</i>	Gaffeltang	P	P	P	-	-
	<i>Gracillaria vermiculophila</i>	Gracilariatang	-	-	-	-	-
	<i>Heterosiphonia Japonica</i>	Havlyng	P	F	P	F	P
	<i>Lomentaria clavellosa</i>	Almindelig rosenrør	-	-	P	-	-
	<i>Mastocarpus stellatus</i>	Vortetang	-	-	-	-	-
	<i>Osmundea truncata</i>	Pebertang	-	-	P	-	-
	<i>Phyllophora pseudoceranoides</i>	Fliget rød-blåd	P	-	P	-	-
	<i>Polysiphonia elongata</i>	Langstrakt ledtang	P	P	P	P	P
	<i>Polysiphonia fibrillosa</i>	ledtang	-	P	P	P	P
	<i>Polysiphonia fucooides</i>	Almindelig ledtang	P	-	P	F	F
<i>Polysiphonia harveyi</i>	ledtang	P	-	P	-	-	
<i>Polysiphonia stricta</i>	Fin Ledtang	-	F	P	-	P	
<i>Rhodomela confervoides</i>	Ulvehaletang	-	-	P	P	P	
Red encrusting macroalgae	<i>Corallina officinalis</i>	Koralalge	F	-	P	P	P
	<i>Hildenbrandia rubra</i>	Hav-Hildenbrandia	F	-	F	P	F
	<i>Lithothamnion glaciale</i>	Koralskorpealge	P	-	P	P	-
	<i>Phymatolithon lenor-mandii</i>	Kalkskorpealge	F	-	F	P	F
	<i>Ralfsia verrucosa</i>	Vortet Ralfsiaskorpe	F	-	F	P	F

	Ahnfeltia plicata	Horntang	-	-	-	P	P
Brown macroalgae	Chorda filum	Strengetang	-	-	P	-	-
	Chordaria flagelliformis	Pisketang	P	-	-	-	-
	Cladostephus spongiosus	Piberenseralge	-	-	P	-	-
	Colpomenia peregrina	Østerstyv	-	-	P	P	-
	Dictyota dichotoma	Tvedelt bændelalge	-	P	F	-	-
	Ectocarpus siliculosus	Almindelig vatalge	F	-	P	F	P
	Elachista fucicola	Knold-og-tot-alge	P	P	-	-	-
	Fucus serratus	Savtang	P	-	P	-	-
	Fucus sp.	Klørtang	-	-	-	P	-
	Fucus spiralis	Lav klørtang	-	-	-	P	-
	Fucus vesiculosus	Blæretang	P	-	P	-	P
	Halidrys siliquosa	Skvulpetang	P	-	P	P	-
	Petalonia sp.	Båndtang	P	-	-	-	-
	Saccharina latissima	Sukkertang	-	-	P	-	-
	Sargassum muticum	Butblæret sargassotang	F	P	F	F	F
Sphacelaria cirrosa	Brun totalge	-	-	P	-	-	
Green macroalgae	Bryopsis hypnoides		P	P	-	-	-
	Bryopsis plymosa	Grønfjer	P	-	-	-	-
	Chaetomorpha linum	Almindelig børstetråd	-	F	-	P	P
	Cladophora sericea	Vandhår	P	-	-	F	P
	Codium fragile	Gaffelgrenet plysalge	P	F	-	-	-
	Enteromorpha sp.	Rørhinde	P	-	-	-	-
	Ulva fusca	Søsalat	-	-	-	-	-
	Ulva lactuca	Søsalat	-	-	P	-	P

Løgstør Bredning havde den højeste gennemsnitlige artsdiversitet på de udvalgte stationer med 11 arter pr station. I Visby Bredning, Nissum Bredning og området omkring Agerø var der stort set samme gennemsnitlige artsdiversitet pr station (ca. 9 arter pr station), mens der i Lovns Bredning kun var i gennemsnit 6 arter pr station (figur 20). Højeste antal arter på en enkelt station blev fundet i Nissum Bredning (20 arter), mens der kun blev fundet max. 8 arter på en station i Lovns Bredning (figur 20).



Figur 20. Gennemsnitlig (øverst) og maksimalt (nederst) antal arter af makroalger på stationer i Løgstør Bredning, Lovns Bredning, Nissum Bredning, Visby Bredning og området omkring Agerø. Makroalgerne er bestemt ved dykkerindsamlinger på udvalgte stationer med forventet høj biodiversitet.

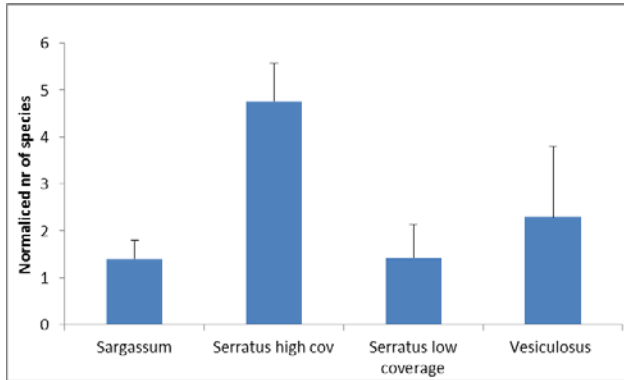
Ved at sammenligne biodiversiteten i maj og oktober 2013 på 7 udvalgte stationer i Løgstør Bredning viste det sig, at der var betydeligt flere arter på disse stationer i foråret sammenlignet med om efteråret. Der blev således fundet 28 arter i maj på de 7 udvalgte stationer, mens der på de samme stationer kun blev fundet 16 arter i oktober. Da videooptagelser på transekterne er foretaget over en længere periode og ikke nødvendigvis samtidigt mellem bredningerne, kan dette potentielt have betydning for fortolkningen af evt. forskelle i artsdiversitet mellem områder.

3.7 Artsdiversitet i relation til store brunalger

Den invasive sargasso-tang er den hyppigst forekommende art i de undersøgte områder på nær Lovns Bredning, og det er desuden er høj plante med en betydelig biomasse. Den kan således have stor potentiel betydning som habitat og områdets biodiversitet kan potentielt blive påvirket, hvis sargasso-tang erstatter andre store brunalgearter som blæretang og savtang, og i øvrigt ikke huser samme diversitet af associeret vegetation og fauna. Derfor blev biodiversiteten undersøgt i store klumper af de store brunalger, de hjemmehørende blæretang og savtang og den invasive sargasso-tang.

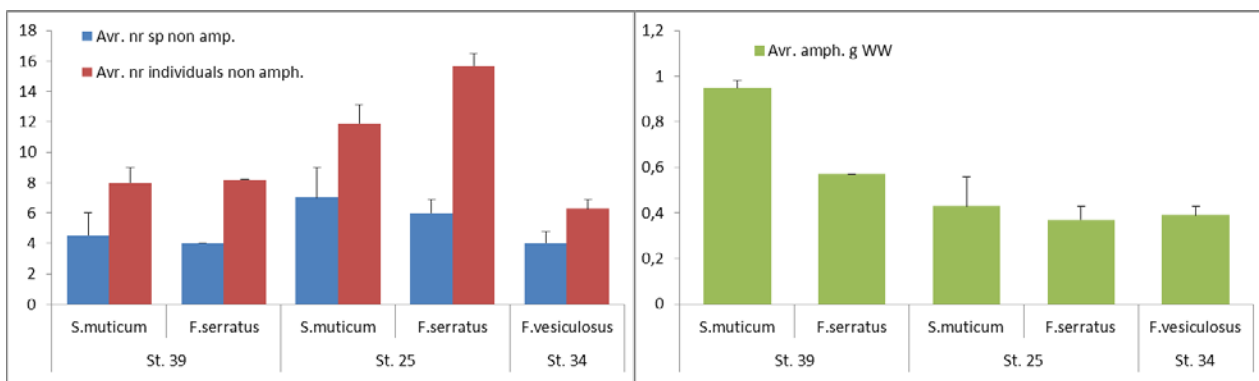
Fælles for både hjemmehørende og den invasive art er, at med øget biomasse af store habitatdannende brunalger falder antallet af andre arter af associerede makroalger, sandsynligvis som følge af udskygning. Dette forhold gælder samlet for gruppen af store brunalger, men også for de enkelte arter. Der var tilsyneladende forskelle i afhængigheden af biomasse for de associerede makroalger mellem de undersøgte arter, men datamaterialet er ikke tilstrækkeligt til at fastslå om der er tale om signifikante forskelle som funkti-

on af art af brunalge. I den efterfølgende analyse blev antal arter af associerede makroalger derfor normaliseret til biomasse af den habitatdannende brunalge. For de undersøgte habitatdannende arter var der højest antal arter i klumper med savtang, hvis disse forekom med lav dækningsgrad. Bortset herfra var der flere arter af associerede makroalger pr biomasseenhed i klumper af sargassotang sammenlignet med de hjemmehørende arter (figur 21).



Figur 21. Artsdiversitet (antal arter pr biomasse enhed) i klumper af savtang (*Fucus serratus*), blæretang (*Fucus vesiculosus*) og sargassotang (*Sargassum muticum*) i Løgstør Bredning. For savtang er der opdelt i klumper med henholdsvis lav og høj dækningsgrad.

For associeret fauna var billedet mindre entydigt. Der blev således ikke fundet en sammenhæng mellem antallet af associerede faunaarter (minus amphipoder) og biomasse af den habitatdannende brunalge, derimod var der en positiv korrelation mellem abundans (antal individer) af andre arter end amphipoder og biomasse af den habitatdannende brunalge. For amphipoderne blev hverken artsdiversitet eller abundans opgjort, men kun biomasse og denne korrelerede ikke med biomasse af den habitatdannende brunalge. Generelt set var der størst artsdiversitet og abundans af andre arter end amphipoder i klumper af sargassotang sammenlignet med de hjemmehørende savtang og blæretang og det samme gør sig gældende for biomasse af amphipoder, men undersøgelsen viste også, at der var større forskelle i alle målte parametre mellem lokaliteter end mellem art af habitatdannende brunalge på den enkelte lokalitet (figur 22).

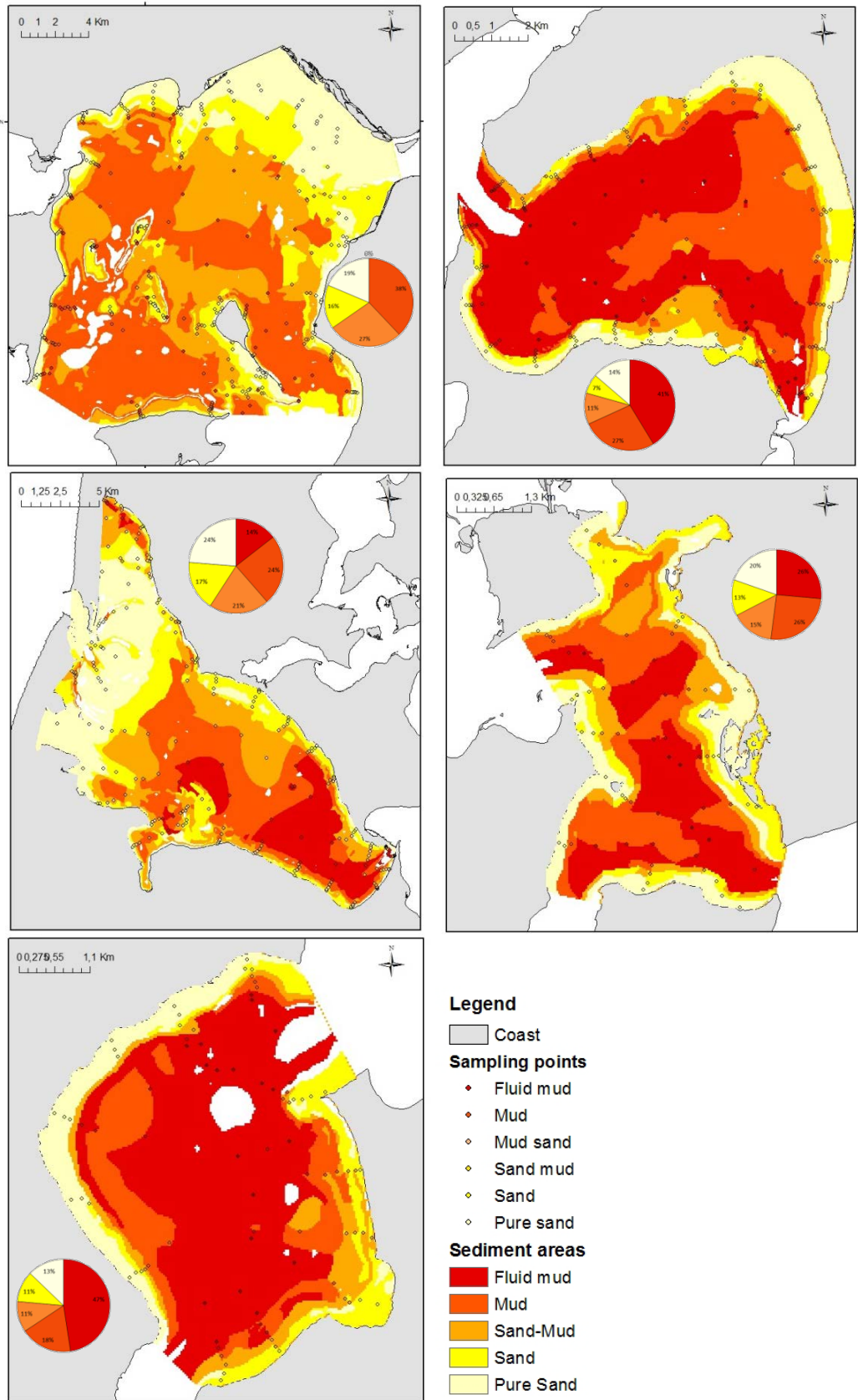


Figur 22. Epifauna diversitet i klumper af savtang (*Fucus serratus*), blæretang (*Fucus vesiculosus*) og sargassotang (*Sargassum muticum*) på 3 stationer i Løgstør Bredning. Til venstre er vist gennemsnitlig antal arter og abundans af andre arter end amphipoder. Til højre er vist biomassen i vådvægt af amphipoder.

3.8 Sedimenttyper

Sedimenttype har stor betydning for rodfæstet bentisk vegetation fordi visse sedimenttyper er uegnede som substrat for vegetationen. Kategorierne flydende mudder og mudderbund er med deres høje indhold af organisk og finkornet materiale svære at forankre rødder i for vegetationen og lette at resuspendere som følge af strøm og bølgenedslag, hvilket skaber dårligere lysgennemtrængning og dermed dårligere forhold for vegetationen. De to kategorier ren sandbund og sand er optimale for rodfæstet vegetation som ålegræs, mens den intermediære bundtype bestående af en blanding af mudder og sand har medium forankringskapacitet.

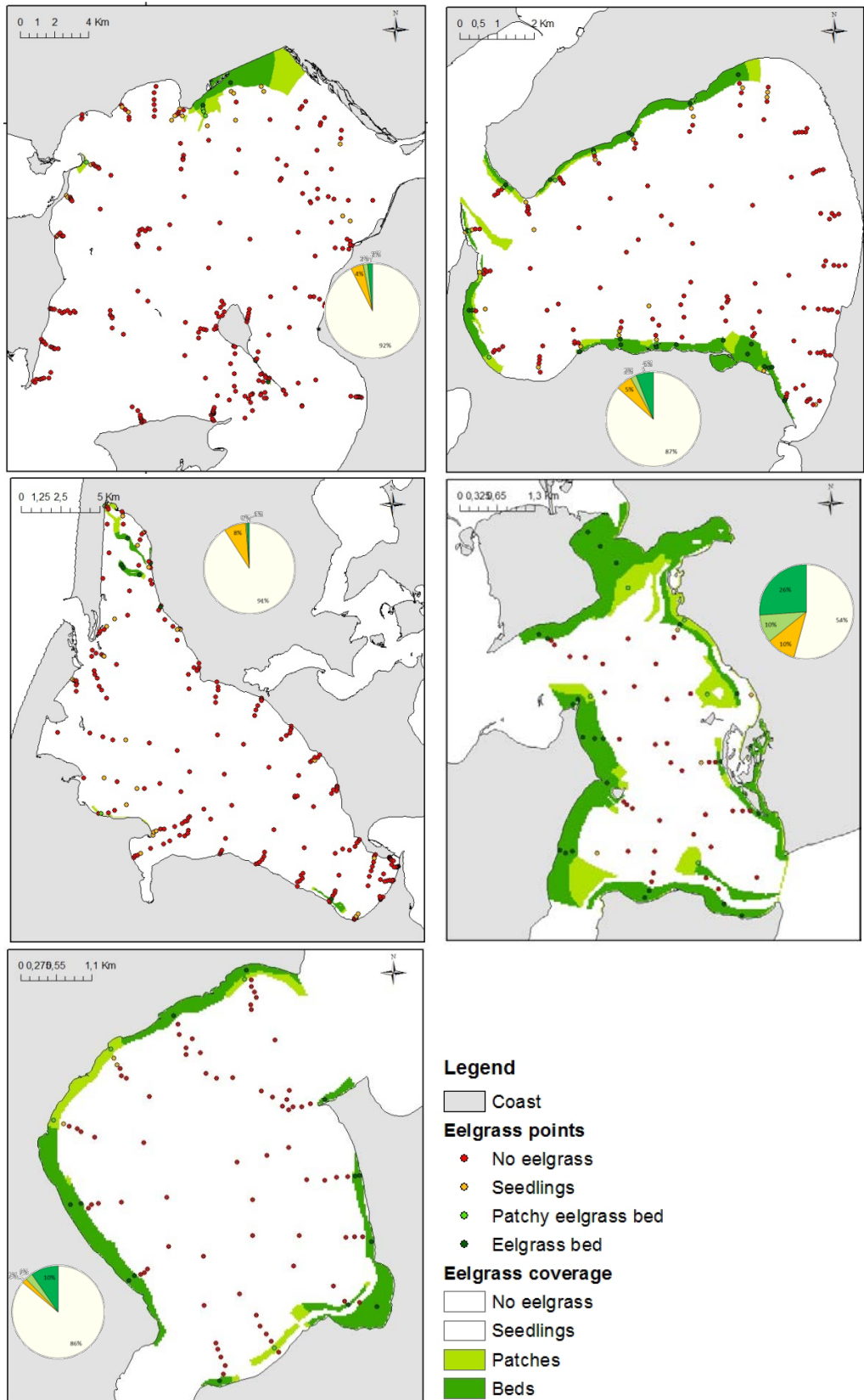
Generelt set blev de mest mudrede sedimenter fundet i de dybere dele af bredningerne, hvorimod de sandede sedimenter fortrinsvis blev fundet i de lavvandede områder (figur 23). Løgstør Bredning og Nissum Bredning havde de største arealer med sandbund eller rent sand, hvor henholdsvis 41% og 35% bestod af de to sand-typer. I Lovns Bredning, Visby Bredning og området omkring Agerø bestod henholdsvis 22%, 24% og 33% af bunden af sandbund eller ren sand (figur 23). Bredninger med den største forekomst af mudder eller flydende mudder er Lovns Bredning og Visby Bredning, hvor henholdsvis 68% og 65% af bunden udgøres af mudderbund eller flydende mudder (figur 23). I området omkring Agerø samt i Løgstør Bredning og Nissum Bredning udgør mudderbunden og det flydende mudder henholdsvis 52%, 38% og 38% af bundarealet (figur 23), hvilket under alle omstændigheder er store arealer med mudderbunde. I de mest vindeksponerede bredninger Løgstør og Nissum er der den tydeligste fordeling af sandbund i relation til den dominerende vestlige-sydvestlige vindretning, mens der i de mere beskyttede områder er en mere homogen fordeling af sandbunden langs kysten på lavt vand.



Figur 23. Sammensætning og fordeling af sedimenttyper i Løgstør Bredning, Lovns Bredning, Nissum Bredning, Visby Bredning og området omkring Agerø.

3.9 Udbredelse af ålegræs

Der var en betydelig forskel i dækningsgraden af ålegræs mellem de forskellige bredninger (figur 24). Således var der enten pletter af ålegræs eller egentlige ålegræsbede på 36% af arealet i området omkring Agerø, mens der kun var ålegræs på 1,5% af arealet i Nissum Bredning. I Visby Bredning og Lovns Bredning er henholdsvis 12% og 8% af arealet dækket af ålegræs, mens kun 4% var dækket i Løgstør Bredning. Ålegræsset forekommer fortrinsvis på lavt vand, på sandede bunde og i områder, der ikke er meget eksponerede for bølgepåvirkning. Dog var der ikke ålegræs på alle de sandede bunde i nogle af bredningerne. I områder med lav grad af eksponering for den dominerende vindretning er ålegræsset jævnt fordelt langs kysterne, mens der i områder eksponeret for vind og bølger er en mere ujævn fordeling.



Figur 24. Udbredelse og dækning af ålegræs i Løgstør Bredning, Lovns Bredning, Nissum Bredning, Visby Bredning og området omkring Agerø.

4. Diskussion

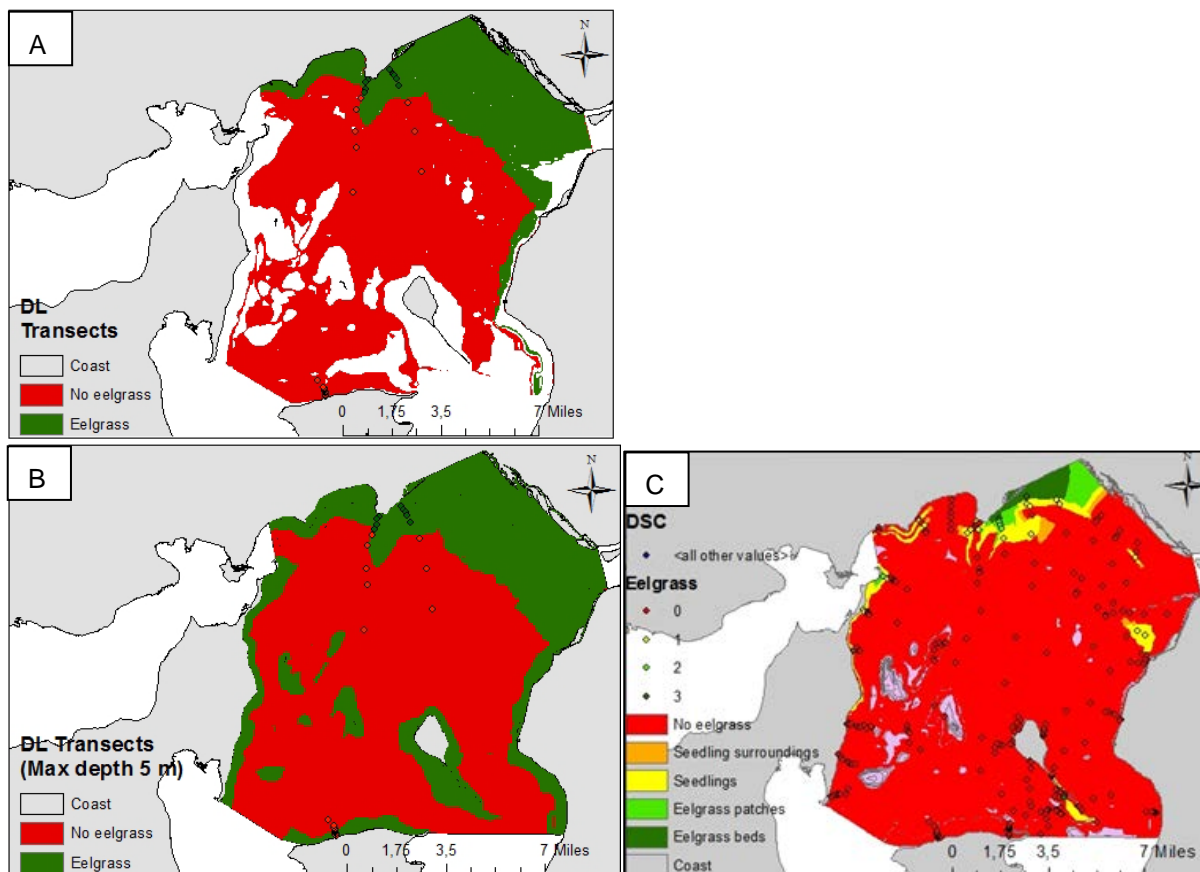
Der er aldrig tidligere i danske farvande foretaget en så omfattende kortlægning af bentisk vegetation og parametre som styrer denne i enkelte områder og dermed er der tilvejebragt et meget detaljeret kendskab til brug for forvaltningen af fiskeriet i Natura 2000-områder i Limfjorden. Til vores kendskab er der heller ikke internationalt foretaget en tilsvarende kortlægning primært baseret på videotransekter. Det store materiale giver udover et detaljeret kendskab til bentisk vegetation i de undersøgte områder også nogle muligheder for at evaluere metoder og miljøtilstand i et bredere perspektiv.

4.1 Metodiske overvejelser

Brug af video til transektstudier giver en række fordele sammenlignet med enten dykkerundersøgelser eller prøvetagning fra bunden af små udsnit af bunden. Metoden er hurtigere, mere omkostningseffektiv og mindre afhængig af det personale, der gennemfører prøvetagningen, og vil dække et langt større udsnit af bunden end det er muligt med prøvetagning fra båd. På den anden side kræver den efterfølgende analyse af videooptagelserne en vis træning af det personale, der skal oparbejde optagelserne. Endvidere er der begrænsninger i den detaljeringsgrad det er muligt at nå for de enkelte parametre, når der alene skal bruges visuel identifikation. Endelig kræver det initial kalibrering af valgte kategorier for fx sedimentparametre for at kunne omsætte kategorierne til kendte variable som tørstof-indhold, glødetab med mere.

Gruppering af makroalger i systematiske grupper eller andre overordnede grupper som fx invasive arter er en nødvendig simplificering ved analyse af videooptagelserne, fordi en række især små arter ikke lader sig identificere på optagelserne. Det påvirker potentielt estimerne af biodiversitet af makroalger i et givent område. Vi har i denne undersøgelse foretaget supplerende dykkerindsamlinger og identifikation af alle arter på udvalgte transekter med konstateret høj biodiversitet for at kompensere for denne ulempe ved videoundersøgelsen. Specifikt i Limfjorden har undersøgelsen endvidere vist, at videooptagelserne bedst gennemføres om foråret/forsommeren fra april-juni, før fytoplankton-opblomstringer gør det sværere at få klare billeder på større vanddybder. Om efteråret vil videoundersøgelser være besværliggjort af vejrforholdene, hvor hyppigt blæsevejr inducerer resuspension og dermed reducerer kvaliteten af videooptagelserne.

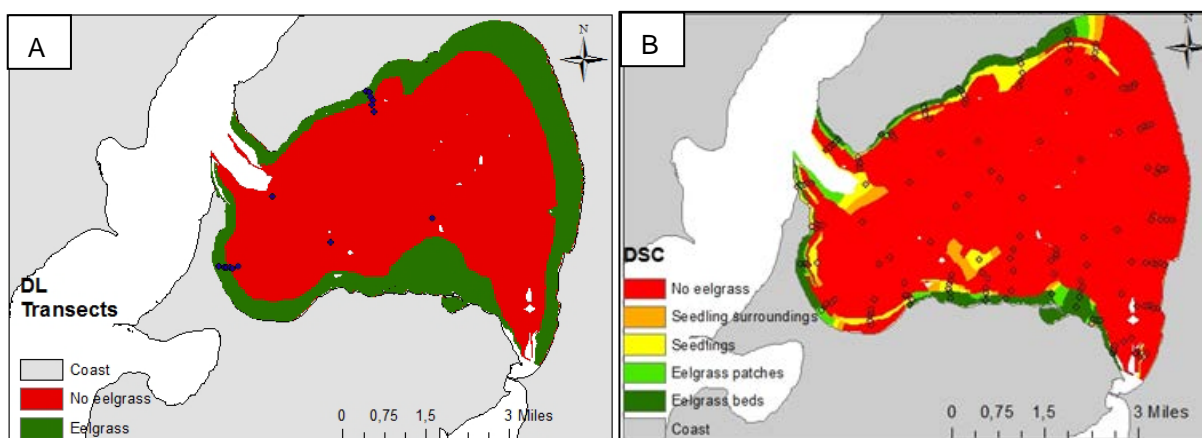
Fysisk prøvetagning af sedimentet er nødvendig for at kalibrere videooptagelserne og er desuden en vigtig del af kortlægningen. Da sedimentforholdene i danske fjordområder ikke ændrer sig drastisk over kortere årrækker, er det imidlertid ikke en kortlægning, som er nødvendig som en standardparameter ved opfølgende undersøgelser. Det samme gør sig gældende for en række af støtteparametrene, fx lys- og iltforhold, som dels kan variere mellem år, men hvis overordnede udvikling over tid har et længere perspektiv og delvist er reflekteret i vegetationens udbredelse. Samlet vil der ved genbesøg således ikke være behov for et tilsvarende omfang af prøvetagningen, der i de fleste år kan koncentreres om udvalgte transekter med store forekomster af vegetation suppleret med lejligedsvise kortlægninger langs alle transekter.



Figur 25. Udbredelse af ålegræs i Løgstør Bredning i 2013 estimeret på A) interpolation af data fra 2 transekter indsamlet af miljøcentrene i 2013 med type "a" (se tekst) barrierer; B) interpolation af data fra 2 transekter indsamlet af miljøcentrene i 2013 med type "b" (se tekst) barrierer; C) interpolation af data fra 50 transekter indsamlet i denne undersøgelse i 2013 med type "a" (se tekst) barrierer.

I de fleste af de undersøgte Natura 2000-områder er bestandene af bentisk vegetation meget spredt fordelt, hvilket især gælder for ålegræs. Et enkelt eller få transekter i de eksisterende forekomster af vegetation vil derfor tegne et misvisende billede af udbredelse i hele det givne bassin. For at illustrere denne problemstilling blev der foretaget interpolation mellem transekter på baggrund af data fra miljøcentrenes overvågning i 2013 i Løgstør Bredning og Lovns Bredning og sammenlignet med data fra denne undersøgelse. I begge blev der anvendt interpolationsmetoder som i denne undersøgelse (spline with barriers) på baggrund af 3 transekter i Løgstør Bredning og 2 transekter i Lovns Bredning (tilgængelige data). I Løgstør Bredning var to transekter placeret i den nordlige ende af bredningen og den tredje i den sydlige ende af bredningen. Der blev derfor anvendt to forskellige barrierer i interpolationen: a) Interpolationen stopper ved fysiske barrierer som navigationskanaler, øer mm (Figur 25A) eller b) maksimal dybde for observation af ålegræs anvendes som grænse for udbredelse (figur 25B). Da første kriterium ("a") reelt vil afskære de fleste lavtvands-områder, fordi begge transekter ligger i samme område, følger interpolationen i naturbeskyttelsessammenhæng som regel det andet kriterium for interpolation ("b"). I Lovns Bredning ligger transekterne på hver sin kyst og der er derfor kun interpoleret efter første kriterium (figur 26A). Imidlertid viser en sammenligning med udbredelsen som kortlagt i denne undersøgelse (figur 25C og 26B), hvor interpoleringen er foretaget efter det første kriterium ("a"), en meget stor forskel til den udbredelse, der kan beregnes på baggrund af data indsamlet på miljøcentrene. På baggrund af miljøcentrenes data vil der således kunne estimeres en udbredelse i Løgstør Bredning og Lovns Bredning på henholdsvis 28,5% og 28,9% af arealet, mens estimatet baseret på data fra denne undersøgelse er henholdsvis 4,9% og 12,4% af arealet.

En arealbaseret forvaltning vil således fordrer et datagrundlag for bentisk vegetation, der ligger udover miljøcentrenes datagrundlag, ligesom det vil være svært at estimere vegetationens reelle udvikling i en miljø-sammenhæng alene på baggrund af det eksisterende datasæt.



Figur 26. Udbredelse af ålegræs i Lovns Bredning i 2013 estimeret på A) interpolation af data fra 2 transekter indsamlet af miljøcentrene i 2013 med type "b" (se tekst) barrierer; B) interpolation af data fra 38 transekter indsamlet i denne undersøgelse i 2013 med type "a" (se tekst) barrierer.

4.2 Vegetation i Limfjorden

Data indsamlet i denne undersøgelse viser en generelt lav dækningsgrad af bentisk vegetation i Limfjorden som følge af dårlige lysforhold, omfattende iltsvind, højt organisk indhold i sedimentet og små forekomster af egnet hårdt substrat. Alle parametre har betydning for udbredelsen af makroalger og ålegræs og selvom der er forskelle i udbredelse mellem de undersøgte områder, så kunne en enkelt parameter i ingen af delområderne forklare hele udbredelsen af den bentiske vegetation.

En række observationer relateret primært til vanddybde går igen mellem de undersøgte områder. På vanddybder >5-6 m er bunden karakteriseret af mudderflader med et højt organisk indhold, lav lysintensitet, hyppig forekomst af iltsvind (på nær Nissum Bredning) og mangel på stabilt hårdt substrat. På lavere vanddybder <4 m er bunden de fleste steder domineret af mere sandede sedimenter, bedre lysforhold, mindre iltsvind og hyppigere forekomst af stabilt hårdt substrat. Det betyder, at bentisk vegetation har bedst vilkår i de lavvandede områder og at bredninger med en stor andel lavvandede områder derfor har størst dækningsgrad af makroalger og ålegræs. Imidlertid er det på de lavere vanddybder, at der er størst forskelle mellem områderne i undersøgelsen, hvilket kan relateres til en generel eutrofieringsgradient fra Nissum Bredning til Lovns Bredning og graden af eksponering for den dominerende vindretning. Endelig var der betydelige forskelle i artsdiversitet mellem områderne og som funktion af sæson med den største artsdiversitet om foråret, hvor lysforholdene er de bedste.

Undersøgelserne viste, at der ikke nødvendigvis er et ligefremt forhold mellem de enkelte parametre og bentisk vegetation. Det var således forventet, at højere grad af eksponering for den dominerende vindretning ville generere større resuspension og deraf følgende reduceret lysintensitet, men undersøgelsen i Løgstør Bredning viste det modsatte forhold. På 2 m vanddybde var lysintensiteten generelt højest på den eksponerede station. Imidlertid var den eksponerede station karakteriseret ved sandet sediment fra 1-4 m,

mens den beskyttede station var mudret fra 2-3 m dybde. Den dårligere lysintensitet kan således sandsynligvis forklares med, at sedimentet på den beskyttede station er nemmere at resuspendere end på den eksponerede. Eksponering bliver dermed ikke en parameter, der alene afgør levebetingelser for bentisk vegetation.

4.3 Natura 2000-områderne

Løgstør Bredning er i Limfjordssammenhæng karakteriseret ved at være et dybt område med kun 29% og 42% af arealet på vanddybder lavere end henholdsvis 4 og 6 m, hvilket i sig selv er begrænsende for den bentiske vegetation. Til gengæld er bundforholdene egnede for bentisk vegetation med en høj andel sandede eller blandede sedimenter og ingen forekomst af flydende mudder, ligesom der er den højeste andel af stabilt hårdt substrat af alle undersøgte områder. Fluktuationerne i ilt og lys over tid indikerer, at der er en stor vandudskiftning i bredningen i sammenligning med de andre områder (Nissum Bredning er ikke monitoreret for lys og ilt). Imidlertid ligger en stor del af de lavvandede områder med egnet sediment i bredningens nordøstlige hjørne, hvor der er den største grad af eksponering for den dominerende vindretning. I den resterende del af bredningen er kysten karakteriseret af forholdsvis stejle skrænter.

Makroalgесamfundene i Løgstør Bredning er koncentreret langs kysterne, på nær i den nordøstlige del af bredningen, og i sammenhæng med stabilt hårdt substrat på 3-4 m vanddybde. Der var en del rødalger i bredningen, men makroalge-samfundene er især karakteriseret af store forekomster af sargasso-tang i så godt som hele bredningen og på de fleste bundtyper. Udbredelsen af ålegræs er begrænset til den lavvandede nordvestlige del af fjorden med to mindre forekomster ved Livø og den nordlige del af Mors, og ålegræsset i bredningen har med en dækning på kun 8% en ringere udbredelse end lys og sedimentforhold indikerer. En medvirkende forklaring til dette kan være, at der kun er større bestande få steder til "beskyttelse" af frøspirede planter kombineret med den høje grad af eksponering i det meste af bredningen.

Lovns Bredning er en lavvandet bredning, hvor 80% af arealet er på vanddybder <6 m. Til gengæld er der den største andel af mudderbund og flydende mudder, som dækker 68% af området. Områder med mere sandede sedimenter er især lokaliseret i de mere eksponerede områder på østkysten af bredningen, mens det hårde substrat blev fundet i et smalt bælte i den nordvestlige del af bredningen. Stabilt hårdt substrat havde i Lovns den laveste forekomst af alle undersøgte områder. Lovns Bredning er det område, der er mest påvirket af stor tilførsel af næringsalte fra land i form af dårlige lysforhold om sommeren som følge af algeopblomstringer og hyppige og langvarige iltsvindforekomster.

Makroalgесamfundene i Lovns Bredning er generelt artsfattige og domineret af opportunistiske arter, der ikke er fastsiddende. Endvidere er der en vis forekomst af små, oprette rødalger, der ikke har tydelige substratpræferencer. Til gengæld var der den laveste forekomst af den invasive sargasso-tang af alle undersøgte områder. Ålegræs var generelt koncentreret på vanddybder <3 m og var lokaliseret langs kysterne, på nær langs den eksponerede østkyst, på trods af, at der her var egnede sedimentforhold. Imidlertid er der her en høj grad af eksponering og intet beskyttende udgangspunkt for frøspirede planter. Desuden kan hyppige nedslag af tætte bestande af blåmuslinger her forhindre etablering af egentlige ålegræsbede. Der har været en tendens til, at succesfulde nedslag og rekruttering af blåmuslinger har koncentreret sig på vanddybder <3-4 m, hvor risikoen for iltsvind er betydeligt mindre end i de dybere dele af området.

Nissum Bredning er det Natura 2000-område, hvor der foregår fiskeri, med den laveste gennemsnitlige dybde, hvor 43% og 67% af arealet er på lavere end henholdsvis 4 og 6 m vanddybde. Sedimentet er pri-

mært sandet eller blandet sand og mudder og minder i sammensætning om Løgstør Bredning. Stabilt, hårdt substrat forekommer spredt, men primært i den nordlige del af bredningen og Nissum Bredning har den næsthøjeste forekomst af stabilt hårdt substrat af de undersøgte områder.

Fordelingen af makroalger følger det hårde substrat og som i Løgstør Bredning er sargasso-tang den hyppigst forekommende art. Artsdiversiteten af makroalge-samfundene var højest i Nissum Bredning (målt som max antal arter på en enkelt station) og især var artsdiversiteten høj i gruppen af brunalger. Udbredelse af makroalger er i bredningen primært begrænset af stabilt substrat. Selvom sedimentforholdene er egnede for ålegræs i store dele af bredningen, er der en meget lav dækningsgrad af ålegræs i området og lavest af alle de undersøgte områder. Ålegræsset var primært lokaliseret i det nordvestlige og sydøstlige hjørne af bredningen. En kombination af høj grad af eksponering og mangel på tætte bestande til beskyttelse af frøspirede planter er den sandsynlige forklaring på den begrænsede udbredelse.

4.4 Visby Bredning vs. området omkring Agerø

En sammenligning af Visby Bredning med området omkring Agerø for dække af vegetationen viser tydelige forskelle mellem de to områder. I området omkring Agerø er der den højeste dækningsgrad af både makroalger (op til 35% af arealet) og ålegræs (36% af arealet) af de undersøgte områder og med jævn dækning langs det meste af kysten. Udbredelsen af makroalger og ålegræs er i området i høj grad sammenfaldende om end ålegræsset fortrinsvis er ud til 3 m vanddybde med enkelte forekomster ud til 4 m i den nordlige del af området, mens makroalgerne primært følger tilstedeværelse af stabilt hårdt substrat og forekommer i store klumper ud til 4 m vanddybde. Til sammenligning var der dækning af makroalger på op til 14% af arealet og ålegræs på 12% af arealet i Visby Bredning. I Visby Bredning forekommer ålegræsset langs det meste af kysten ud til 3 m vanddybde. Sedimentforholdene og forekomst af stabilt hårdt substrat er sammenlignelige mellem de to områder, idet det mere sandede sediment primært forekommer på vanddybder <3-4 m og andelen af stabilt hårdt substrat er lav. Ligeledes var de generelle lys- og iltforhold i måleperioden sammenlignelige mellem de to områder, hvilket indikerer, at også området omkring Agerø er påvirket af tilførslen af næringssalte.

På baggrund i forskellene i vegetationsdække kan det således se ud til, at forbuddet mod fiskeri i området omkring Agerø har haft en positiv virkning på den bentiske vegetation. Imidlertid er der en anden væsentlig forskel mellem de to bredninger, som sandsynligvis er af større betydning. Hvor området omkring Agerø er meget lavvandet med 60% og 98% af arealet på vanddybder lavere end henholdsvis 4 og 6 m er det for Visby Bredning henholdsvis 29% og 52% af arealet. Forskellen i hypsografisk fordeling mellem de to områder har meget stor betydning for vegetationens potentielle udbredelse, specielt i Limfjorden som generelt set er kendetegnet ved en lysbegrænset udbredelse af bentisk vegetation. Endelig er der en forskel i sedimentsammensætning på vanddybder mellem 3-4 m, med et mere mudret sediment i Visby Bredning. Dermed kan forskelle i udbredelse af vegetationen mellem de to områder ikke nødvendigvis forklares ved forbuddet mod fiskeri. På den anden side kan det heller ikke afvises, at forbuddet kan have haft betydning for den konstaterede forskel i udbredelse af bentisk vegetation mellem områderne. Det er dog overvejende sandsynligt, at især forskellen i hypsografisk fordeling udgør den dominerende forklaringsmodel.

4.5 Diversitet i brunalge-samfundene

Den invasive sargasso-tang var en dominerende art i makroalge-samfundene i alle områder på nær Lovns Bredning og det kan frygtes, at den vil udkonkurrere hjemmehørende arter som savtang og blæretang. I henhold til Habitatdirektivet skal invasive arter bekæmpes. Før en eventuel indsats mod sargasso-tang iværksættes eller fiskeri i områder domineret af sargasso-tang tillades, vil det dog være formålstjenligt at vide, om sargasso-tang påvirker biodiversiteten i de områder, den invaderer.

For associerede makroalgearter var der for både de hjemmehørende blæretang og savtang samt den invasive sargasso-tang en fælles trend med faldende artsdiversitet med stigende biomasse af den habitatdannende brunalge. Lavest antal arter blev fundet i klumper af sargasso-tang, men der var ikke tale om signifikante forskelle i forhold til de hjemmehørende arter. Faldende antal arter med øget plantedække af sargasso-tang er dokumenteret i andre områder, hvor det er blevet foreslået, at effekten skyldes stigende grad af udskygning med øget plantedække (Britton-Simmons 2004). I et studie af invasionen af sargasso-tang i Limfjorden viste Stæhr et al (2008), at i samme periode som sargasso-tangs øgede forekomst på nye lokaliteter og indenfor de lokaliteter, hvor de allerede var kommet, var der et fald i forekomst af hjemmehørende arter indenfor slægterne *Saccharina*, *Fucus*, og *Codium*. Disse tendenser var dog ikke stærke og der er samlet set ikke ført endegyldigt bevis for, at forekomster af sargasso-tang vil reducere artsdiversiteten af andre makroalger.

For associeret epifauna er resultaterne heller ikke entydige for invasiv versus hjemmehørende arter. Hvor der på én station er identisk abundans af associeret fauna i invasiv og hjemmehørende art (st. 39) er der på en anden station en større abundans hos den hjemmehørende art. Hvis data normaliseres for biomasse var der imidlertid en smule højere abundans i klumper af sargasso-tang. En større forekomst af epifauna i sargasso-klumper i sammenligning med klumper af hjemmehørende arter er i Limfjorden også dokumenteret af Wernberg et al (2004) i en sammenligning med den hjemmehørende skulptetang (*Halidrys siliquosa*). Antallet af andre arter end amphipoder var større i sargasso-tang end i savtang og blæretang omend denne forskel ikke var statistisk signifikant. Tilsvarende resultater er fundet i Limfjorden (Wernberg et al 2004) og i Nordsøen (Buschbaum et al 2006). Imidlertid viste vores undersøgelse også, at der var større forskel i artsdiversitet af associeret epifauna mellem stationer end mellem arter af brunalger, hvilket også er observeret i andre studier (Engelen et al 2013). For biomassen af amphipoder blev der ligeledes fundet mindre forskelle mellem arter af brunalger og større forskelle mellem områder, hvilket yderligere understreger, at specifik lokalitet - selv indenfor samme bredning - kan have større betydning for sammensætning af den associerede fauna end om der er tale om en hjemmehørende eller invasiv art af brunalge.

Er der således ikke data, der kan understøtte en forestilling om, at sargasso-tang vil påvirke biodiversiteten i de områder de invaderer, adskiller sargasso-tangs biologi sig på anden vis fra de hjemmehørende brunalger, hvilket har økologisk betydning. Mens de hjemmehørende brunalger har en nogenlunde konstant biomasse over året fundet både i denne undersøgelse og af andre (Pedersen et al 2005), så varierer biomassen af sargasso-tang meget. Om foråret er der således høje biomasser af sargasso-tang, mens der på de samme transekter er betydeligt lavere biomasser om efteråret. Pedersen et al (2005) observerede et tilsvarende mønster og kunne desuden fastslå, at sargasso-tang har en højere produktivitet og hurtigere omsætningshastighed end de hjemmehørende brunalger. En del af biomassen af sargasso-tang knækker simpelthen af i sensommeren og om efteråret og bliver omsat på bunden. Det gør sargasso-tang til en semi-opportunistisk art, der dels bidrager til hurtig regenerering af næringsstoffer og dels udgør en trussel mod fx ålegræs, når de afrevne planter driver rundt i de lavvandede områder.

Referencer

- Britton-Simmons K.H. (2007). Direct and indirect effects of the introduced algae *Sargassum muticum* on benthic, sub-tidal communities of Washington State, USA. *Marine Ecology Progress Series* 277: 61-78.
- Buschbaum C., Chapman S.A., Saier B. (2006). How and introduced seaweed can affect epibiota diversity in different coastal systems. *Marine Biology* 148:743-754.
- Engelen A.H., Primo A.L., Cruz T., Santos R. (2013). Faunal differences between the invasive Brown macroalgae *Sargassum muticum* and competing native macroalgae. *Biol Invasions* 15:171-183.
- Harries, D.B. Harrow S., Wilson J.R., Mair J.M. and Donnan D.W. (2007). The establishment of the invasive alga *Sargassum muticum* on the west coast of Scotland: a preliminary assessment of community effects. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87, pp 1057-1067. doi:10.1017/S0025315407057633.
- Pedersen M.F., Stæhr P.A., Wernberg T., Thomsen M.S. (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.
- Stæhr P.A., Pedersen M.F., Thomsen M.S., Wernberg T., Krause-Jensen D. (2000). Invasion of *Sargassum muticum* in Limfjorden (Denmark) and its possible impact on the indigenous macroalgae community. *Marine ecology progress series* 207:79-88.
- Wernberg T. Thomsen M.S. Stæhr P.A, Pedersen M.F. (2004). Epibiota communities of the introduced and indigenous macroalgal *Sargassum muticum* and *Halidrys siliquosa* in Limfjorden (Denmark). *Helgol Mar Res.* 58:154-161.