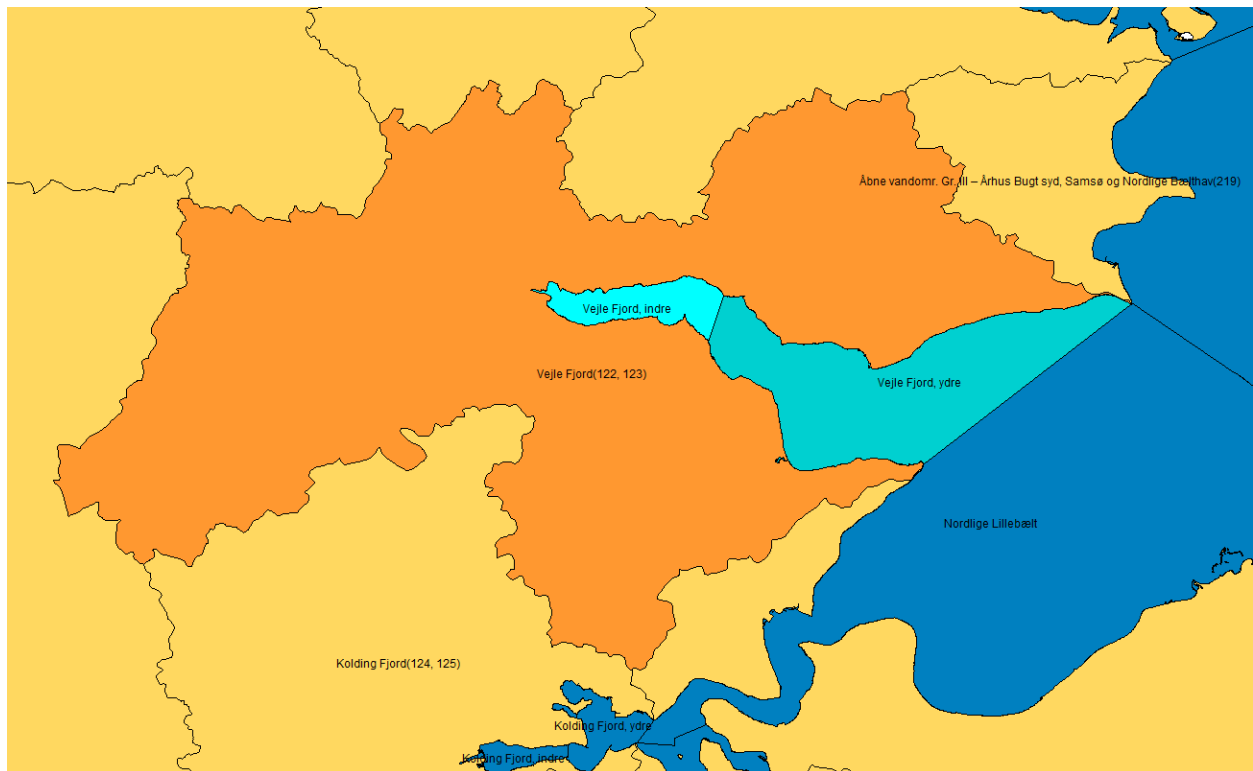


BILAG 1: Fjordtjek 1 – foreløbig dataopsamling, analyse og konklusion

Foreløbig miljøtilstandsvurdering af Vejle Fjord samt en udredning af videnshuller i forhold til aktiv retablering af miljøforholdene i fjorden.



Rapport til Teknisk Forvaltning i Vejle Kommune

Udarbejdet af:

Mogens R. Flindt & Troels Lange

Biologisk Institut

Syddansk Universitet

Indhold

Opsummering - Hvad er miljøtilstanden og hvordan kan den forbedres i Vejle Fjord?	3
Forord	4
Fjorden og oplandet	5
Belastningsforhold	6
Fjordens tilstand og det afledte indsatsbehov.....	8
Presfaktorer	12
Lysforholdene - KD - i fjorden.	13
Iltforhold i overflade- og bundvand	15
Næringsstoffer og -salte.....	16
Bundforhold	20
Ålegræs.....	22
Muslinger.....	23
Øget forekomst af strandkrabber	26
Udvikling i bundfauna i området nord for Ankær Vig.....	27
Referencer	29

Opsummering - Hvad er miljøtilstanden og hvordan kan den forbedres i Vejle Fjord?

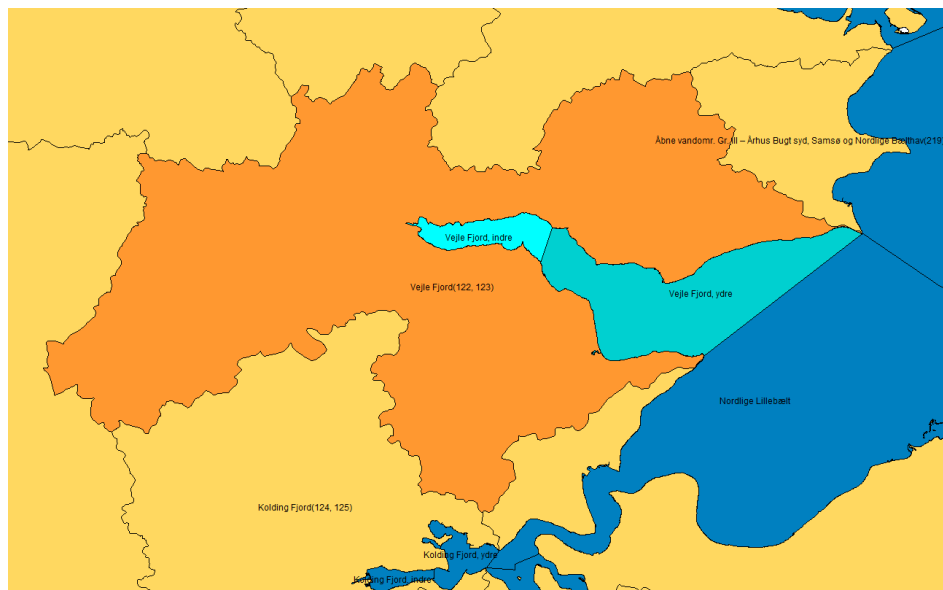
1. **Den høje næringssaltbelastning er den primære udfordring**, som fastholder Vejle Fjord i dårlig miljøtilstand. Høj næringssaltsbelastning favoriserer skidtalger som vil dominere fjorden og kvæle ålegræs. Når store mængder skidtalger nedbrydes øges risikoen for iltsvind. Over tid ophobes de store algemængder som mudder i fjordbunden.
 - 1.1. Løsningstilgang: Muslingeopdræt og ålegræsudplantninger er næringsreducerende tiltag, som kan forbedre miljøforholdene.
2. **Fjordbunden er præget af mudder**. Det er en konsekvens af mange år med høj næringsbelastning, som ved algers vækst omsættes til organisk stof, der over tid ophobes i havbunden som mudder.
 - 2.1. Løsningstilgang: Sandcapping af mudderområder kan "nulstille" havbunden, som vil forbedre både lysforhold og bundforholdene for særligt ålegræs og muslinger.
3. **Store arealtab af ålegræs** i Vejle Fjord har samtidig medført tab af vigtige økosystemtjenester så som næringssaltsfiltrering og opvæksthabitater for store rovfisk.
 - 3.1. Løsningstilgang: Stor-skala udplantning af ålegræs.
4. **Kritisk tilbagegang af store rovfisk** pga. tab af opvæksthabitater og intensivt fiskeri. Manglen på torsk og andre store rovfisk medfører ukontrollerede bestande af mellemstore rovdyr (kutlinger, hundestejler, krabber m.fl.) som reducerer alge-græssende krebsdyr. Mangel på græssere fremmer tilstedeværelsen af skidtalger og dermed en dårlig miljøtilstand.
 - 4.1. Løsningstilgang: Marin naturgenopretning af tabte habitater som stenrev og ålegræs kan understøtte opvækst af fx torskeyngel, som kan kontrollere og reducere bestande af mellem-store rovdyr.
5. **Alvorlige miljøfaktuelle videnshuller** hindrer optimal forvaltning af Vejle Fjord. Særligt er den økologisk tilstand stort set ukendt i de højproduktive lavvande områder, hvor økosystemtjenesterne er stærkest.
 - 5.1. Løsningsforslag: Etablering af lavvandede miljøstationer i den indre og ydre del af fjorden, samt arealbaseret monitoring af ålegræs.

Forord

Biologisk Institut, SDU er af Vejle Kommune blevet bedt om at lave dette fjord-tjek, hvor formålet var at afsøge diverse miljødatabaser, for at opnå et historisk perspektiveret og opdateret vurdering af miljøforholdene i Vejle Fjord. Dette fjord-tjek er en opsamling af data, for dels at opnå indsigt i, hvilke presfaktorer som hindrer en forbedring af miljøtilstanden, men rapporten indeholder også en vurdering af hvilke miljømæssige videnshuller, som bør dækkes for at kunne give en præcis vurdering af potentialet for at aktivere diverse marine virkemidler. Denne rapport er første version af miljøvurderingen (Fjordtjek 1), som er et arbejde der vil fortsætte det næste år og ende ud i en fuld version, der dækker alle tilgængelige og relevante miljøforhold i Vejle Fjord.

Fjorden og oplandet

Vejle Fjord er en ca. 22 km lang øst-vestvendt fjord med et samlet vandfladeareal på 108 km². Heraf udgør det indre vandområde 16.3 km², mens yderområde dækker 92 km². Inderfjorden er lavvandet med dybder fra 0-5 m, mens yderfjordens smalle lavvandsområder via skrænter falder ned på dybder mellem 10-20 m. Vejle Fjord er i vandplansarbejdet defineret af disse to særskilte vandområder med hver deres miljøtilstandsvurdering og indsatsbehov. Fjorden strækker sig fra Vejle til Trelde Næs på sydsiden og Juelsminde på nordsiden, hvor den løber ud i Kattegat (Figur 1).

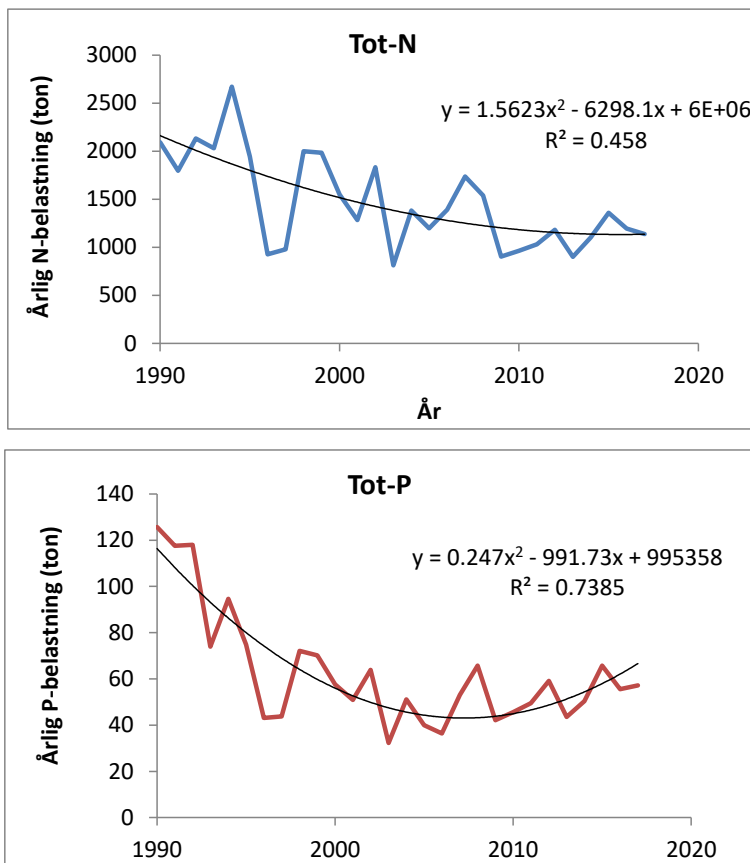


Figur 1. Viser Vejle Fjord med de 2 vandområder samt udløbet i kystvandsområdet Nordlige Lillebælt. Oplandet vises her samlet, men består af del-afstrømningsområder defineret af primære vandløb som udmunder i fjorden.

Oplandet til Vejle Fjord er 724 km². Arealanvendelsen domineres af landbruget som med en arealudnyttelse på over 60 % har en væsentlig betydning for vandområdernes tilstand. En stor del af de våde lavbundsarealer blev fra slutningen af 1800-tallet, som mange andre steder, drænet og inddraget til intensiv landbrugsproduktion. Historisk har der i Vejle Fjord oplandet været et stort ferskvandsfiskeopdræt, hvor de mange vandløb har funderet dette erhverv. Endeligt har den topografisk lavtliggende Vejle by tidligere bidraget med betragtelig næringsstof-belastning, hvilket dog er reduceret efter at alle rensetrin blev installeret tidligt i 1990'erne.

Belastningsforhold

Udtræk fra miljøstyrelsens database viser nedenstående belastningshistorie for Vejle Fjord (figur 2). Her ses at kvælstofbelastningen er faldet fra omkring 2000 ton N/år i 1990 til ca. 1000-1100 ton N/år i 2010. Fosforbelastningen er faldet tilsvarende fra ca. 120 ton P/år i 1990 til ca. 40 ton i 2005. Herefter er belastningen igen steget, således at den de senere år er på ca. 50 ton P/år.

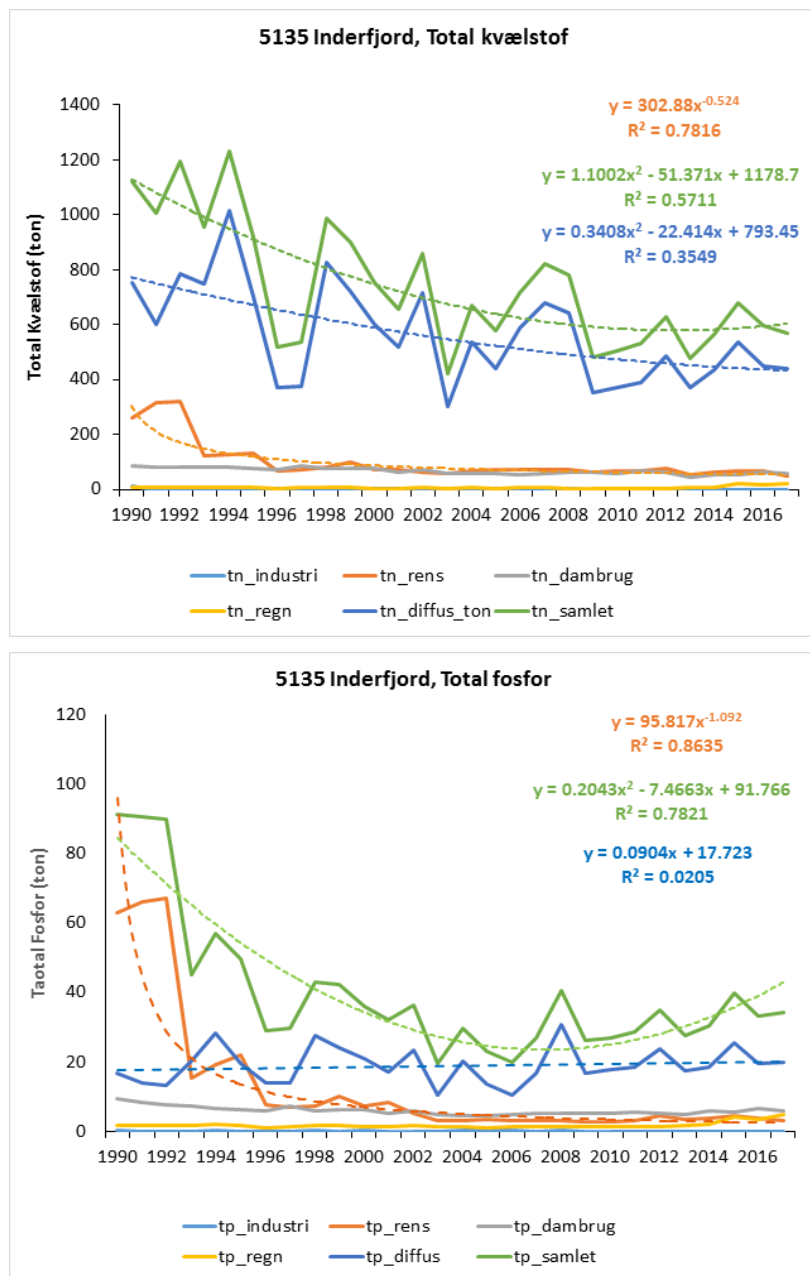


Figur 2. Belastningshistorien for total kvælstof (øverste graf) og total fosfor (nederste graf).

I nedenstående grafer i figur 3 har DCE gennemført en kildeopsplitning for henholdsvis N- og P-belastningen. Her eksemplificeret ved det største delopland til den inderste del af Vejle Fjord. Som det ses udgjorde afstrømningen fra renseanlæg først i 1990'erne ca. 300-400 ton N svarende til omkring 25-30% af den samlede belastning af inderfjorden i Vejle Fjord, mens det diffusive bidrag fra agerlandet var 60-70% af den samlede belastning. Rensningsanlæggene fik midt i 90'erne forbedret næringsstoftilbageholdelsen, således at belastningen af Vejle Fjord

inderfjord blev reduceret til 10-15% af den samlede belastning. Den diffusive N-belastning er også blevet reduceret fra 600-1000 ton N/år til 400-500 ton N/år i de senere år.

Den kildeopsplittede P-belastning for inderfjorden (figur 3 nederst) viser endnu tydeligere, at rensningsanlæggene fik etableret P-fældning først i 1990'erne, hvor P-belastningen faldt fra ca. 60-70 ton P/år til ca. 10 ton P/år i slutningen af 1990'erne videre til under 5 ton P/år siden 2000. Den absolutte diffusive P-belastning er steget fra 15-20 ton P/år i 1990'erne til 20-25 ton P/år i de senere år. Grundet reduktionen i bidraget fra dambrug og rensningsanlæg, er det nu den difusive P-belastning til Vejle Fjord inderfjord, som er størst – ca. 60 %.

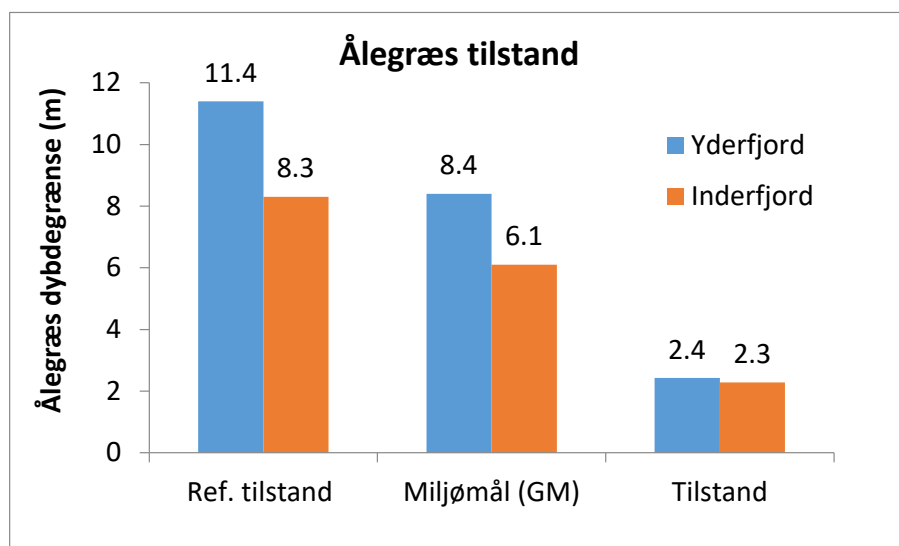


Figur 3. Viser den kildeopsplittede belastning af Vejle Fjord fra 1990-2017. Øverste graf viser kvælstofbelastningen, mens nederste viser fosforbelastningen.

Fjordens tilstand og det afledte indsatsbehov

Tilbage i tid voksede ålegræsset i den indre del af fjorden ned til 8.3 m, mens der i yderfjorden fandtes ålegræsbede på 11.4 m's dybde (se Figur 4). I dag er disse dybdegrænser meget

reducerede, idet ålegræssets kun vokser ned til 2.3 m og 2.4 m's dybde i henholdsvis inderfjorden og yderfjorden. Dette er langt fra miljømålet, som defineres som grænsen mellem god og moderat miljøtilstand henholdsvis 6.1 m og 8.4 m for inder og yderfjorden. Vejle Fjord opfylder derfor ikke EU's Vandrammedirektiv. Den indre del af fjorden har status af ringe miljøtilstand, mens den ydre del har en dårlig miljøtilstand. Der er således behov for en kraftig indsats før miljømålet "god økologisk tilstand" kan opnås! Dette kræver at miljøforholdene tillader, at ålegræsset kan retableres på grænsen mellem god og moderat miljøtilstand, som for henholdsvis inder- og yderfjorden er 6.1 m og 8.4 m.

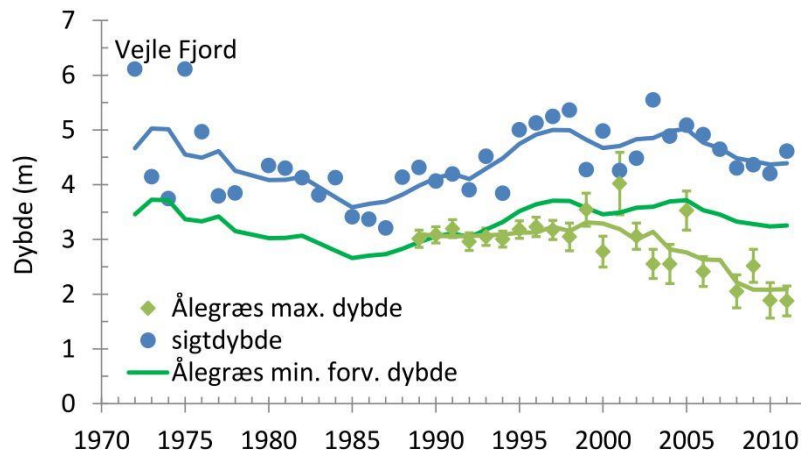


Figur 4. Viser ålegræsdybdegrænserne for inder og yderfjorden i referencetilstanden (1890-1910), EU's miljømål som defineres af grænsen mellem god og moderat miljøtilstand, samt dybdegrænserne i fjordafsnittene i dag (tilstanden). Data fra Miljøstyrelsen.

Miljøministeriet har i vandområdeplanerne opgjort N-belastningen (1054 ton/år), målbelastningen (817 ton N/år) og indsatsbehovet (237 ton N/år) for Vejle Fjord (<mst.dk> Bilag i Vandområdeplaner 2015-2021). Her synliggøres også de virkemidler som skal bidrage til N-belastningsreduktionen: Vådområder (39 ton N/år), Lavbundsprojekter (5.4 ton/år), minivådområder (34.6 ton N/år), skovrejsning (5.5 ton N/år), MFO (13.8 ton N/år), målrettet regulering i agerlandet (82.9 ton N/år), spildevand (4.6 ton N/år), hvilket giver en samlet effekt på 193 ton N/år. Tilbage er 44.2 ton N/år, som er udskudt til efter 2021. Det er så et relevant fagligt spørgsmål, om denne indsats er tilstrækkelig?

Sigtdybden i Vejle Fjord er ikke signifikant forbedret siden 1970'erne, hvor ålegræssets maksimale dybdegrænse er svækket siden 1990'erne (figur 5). Klorofyl koncentrationerne (mål for planteplankton) i fjorden er reduceret gennem de senere år, som et respons på reduktionen

i næringsstofbelastningen, hvilket indikerer, at den reducerede ålegræsudbredelse må skyldes andre presfaktorer.



Figur 5. Viser sigtdybden, ålegræssets maksimale dybdegrænse og den forventede dybde gennem 40 år i Vejle Fjord (DCE 2012).

Der stilles ofte spørgsmål om rimeligheden i at ålegræssets dybdegrænse er en nøgleparameter i fastsættelsen af miljøtilstanden i vore fjorde. Dette er imidlertid en velbegrundet parameter, idet planten yder en lang række økosystemservices, når den dækker store områder i fjordene og disse services kan ikke erstattes af andre primærproducenter (Flindt et al. 1999, Romero et al 2006, Duffy 2006). Der er derfor blandt marin-økologer enighed om, at ålegræsset skal retableres før vore lavvandede fjorde kan opnå god eller høj økologisk tilstand.

Problemet er, at ålegræsdækningen og biomassen i Vejle Fjord er reduceret til spredte totter som udgør få procent af referencetilstandens høje dækning. Det betyder at de økosystemtjenester ålegræsset ydede i reference-tilstanden ikke aktiveres ved de meget lave biomasser i Vejle Fjord. Blandt de vigtigste økosystemtjenester kan nævnes at ålegræsenge vækstbetinget optager næringssalte, som derved bliver utilgængelige for lyssvækkende planteplankton og iltforbrugende hurtigt voksende skidtalger. Ålegræs har potentiale til at optage 100-300 kg N per ha per år, og fungerer derved som et levende filter. Under produktionen lægger ålegræs ilt ud gennem rødderne, hvorved der opstår en veliltet rodzone under bedene. Dette medfører, at jern udfældes i oxideret form (Fe^{3+}) i rodzonen, hvorved adsorptionskapaciteten for fosfat øges som følge af ålegræsproduktionen.

I Vejle Fjord ville referencetilstandens ålegræsbiomasse potentielt have optaget 300-500 ton N og 50-70 ton P hvert år. Disse næringsstoffer optages nu af planteplankton og skidtalger, som

ikke kan understøtte robuste fødekæder, men fastholder fjorden i en dårlig miljøtilstand. Og indsatsbehovet med en N-reduktion på 193 ton N/år kompenserer altså ikke for det N-optag og immobilisering som en veletableret ålegræspopulation vil bidrage med. Det er derfor naturligt at være fagligt skeptisk – i forhold til om indsatsbehovet er tilstrækkelig højt!

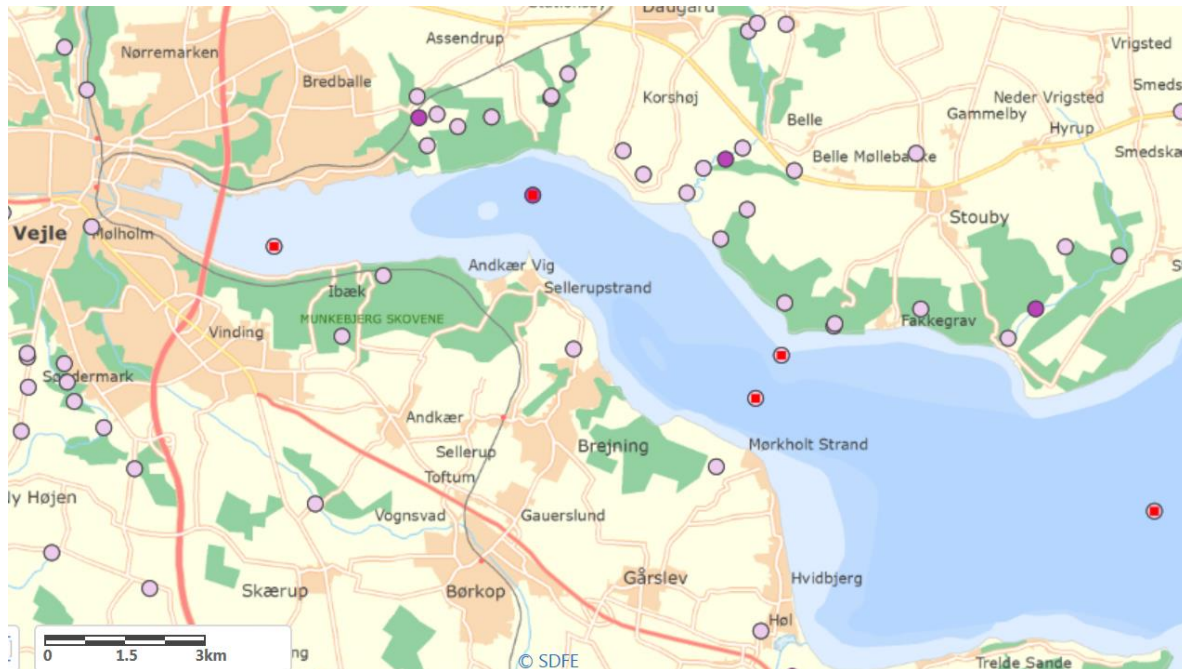
Tidligere beskyttede ålegræsset også havbunden mod erosion og holdt derved på de fine organiske partikler, som nedbrydes i overfladesedimenterne, hvorved næringssaltene frigives til sedimenternes porevand, og umiddelbart kunne optages af ålegræssets rødder.

Næringsstofcyklerne er derved rumligt tæt kobled, når ålegræsset dominerer produktionen.

I vind- og bølge-eksponerede kyst- og fjord-områder, som tidligere husede de frodige ålegræsenge, er bundforholdene blevet for grovkornede (grus, ral, sten og skaller) til at ålegræsset kan reetableres. Dette skyldes at der ikke længere findes naturlige mekanismer, som sikrer aflejring og tilbageholdelse af det finkornede materiale. Tilsvarende har mange års overgødsning medført, at fjordenes vindbeskyttede lavvandede områder og de dybere områder har fået tilført ekstra meget organisk materiale. Tabet af ålegræs på lavt vand og den deraf forøgede sedimenterosion har også medvirket til den ekstra transport af fint materiale til dybere vand. De dybe områder i fjordene er derfor blevet beriget med organisk materiale. Som dokumenteret (Lundkvist et al. 2017), har disse organisk rige sedimenter svært ved at konsolideres - bunden kan bedst beskrives som meget mudret til flydende mudder, og er ikke længere et velegnet substrat for ålegræsplanter (Flindt et al. 2016). Disse områder har tabt deres forankringskapacitet, hvorved ålegræsskud bliver trukket ud af sedimenterne ved selv lave strømhastigheder. Fysiske habitat-forandringer af denne karakter resulterer i tabt habitat, idet det tager 100 år for naturen at nedbryde det organiske materiale, så bundforholdene forbedres (Valdemarsen et al. 2014).

Presfaktorer

Mange presfaktorer fastholder miljøet i Vejle Fjord i en dårlig tilstand og det er disse mekanismer rapporten har fokus på. Disse kan hvis data tillader det, bekvemt vurderes som gradienter fra den indre til den ydre del af fjorden. De officielle miljødatabaser er derfor afsøgt for stationer som giver denne mulighed. Der har siden amtets tid og nu under Miljøstyrelsens ansvar eksisteret 4 stationer i fjorden. Disse har imidlertid ikke været permanent aktive.



Figur 6. Viser de 4 stationers placering i Vejle Fjord.

Den inderste station VEJ0003772 blev lukket med nedlæggelsen af Vejle Amt i 2007. Station VEJ0004273 nord for Ankjær Vig blev åbnet i 1999 og er stadig aktiv. Station VEJ0004669 nord for Mørkholt Strand var aktiv i perioden 2001-2007, mens den ydre station VEJ0005367 var aktiv fra 2000 til 2014. Dette giver meget sparsomme muligheder for at lave gradient analyser af diverse relevante miljøparametre, idet alle kun var aktive i 2004, mens der kun er 2 stationer aktive i 2014. I resten af rapporten har vi derfor valgt at fokusere på stationen ved Ankjær Vig som har været aktiv i den længste periode og stadig er aktiv. Det er også bemærkelsesværdigt at alle Vejle Fjord stationerne ligger på dybere vand, som grundet lysforholdene i fjorden ikke understøtter en bundnær iltproduktion, og derfor er præget af dårlige iltforhold. Data fra disse stationer kan ikke fagligt forsvarligt ekstrapoleres ind på lavvandsområder (0-3m dybde), hvor produktionen og økosystemtjenesterne findes. Dette skyldes at miljøforholdene er forskellige i

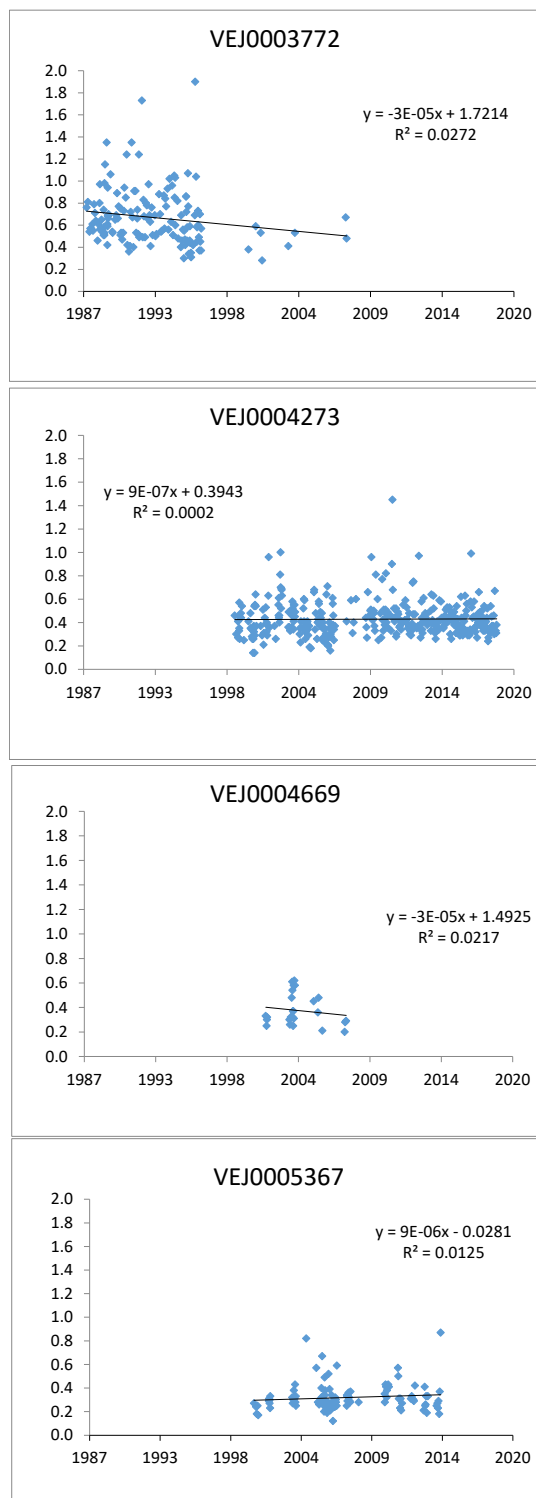
disse områder: På de dybere stationer er bundforholdene, lysforholdene, iltforholdene og biodiversiteten ringere end i lavvandsområderne langs kysten. Og da der ikke eksisterer officielle lavvandsstationer i Vejle Fjord er det anbefalelsesværdig at oparbejde miljøinformation fra disse områder. I nedenstående tabel er miljøforholdene kondenseret for relevante parametre, således man kan sammenligne de 2 forskellige habitater.

Tabel 1. Viser miljøforholdene i lavvands- og dybere områder

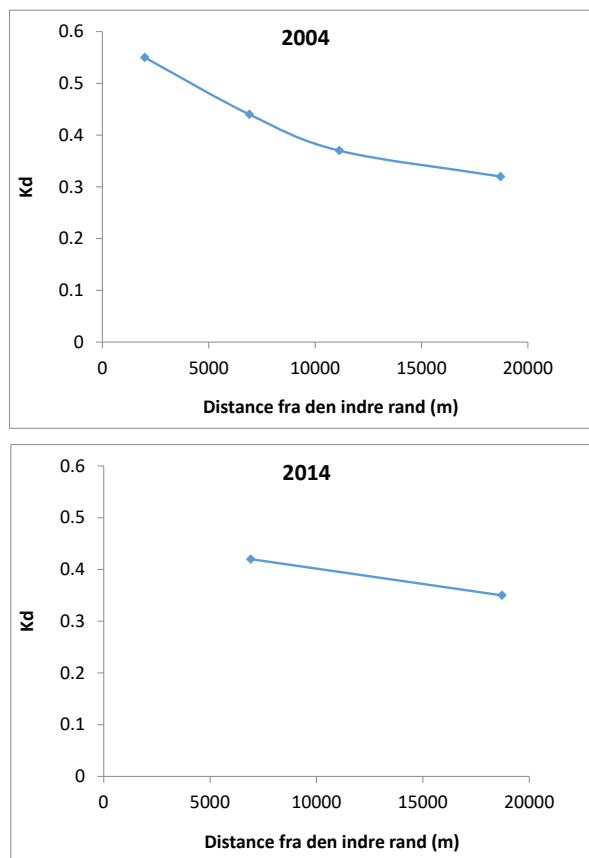
Parameter	Lavvandede områder	Dybere områder
Bundforhold fysisk	sandede	mudrede
lysforhold	gode	dårlige
iltforhold	gode/moderate	dårlige
Primærproduktion (dominerende)	makroalger, kiselalger	planteplankton i vandet
Potentiale for retablering af ålegræs	god/moderat	dårlige lysforhold
Potentiale for høj Biodiversitet	god	dårlig iltforhold
Potentiale for barriere-stenrev	god	dårlig
Potentiale for muslingeproduktion	god	for dårlige bund- & iltforhold

Lysforholdene - KD - i fjorden.

Myndighederne (Vejle Amts miljøforvaltning og MST) har gennem årene målt på lysforholdene i Vejle Fjord. Dette er gjort ved at måle lyssvækkelsen ned igennem vandsøjlen på nedenstående stationer og derefter beregne konstanten KD. I Figur 7 ses data, som tydeligt demonstrerer manglen på kontinuerede stationer i Vejle Fjord.



Figur 7. Lyssvækkelsesudtrykket KD på 4 stationer i fjorden. Øverst ses den indre station og nederst den ydre station.

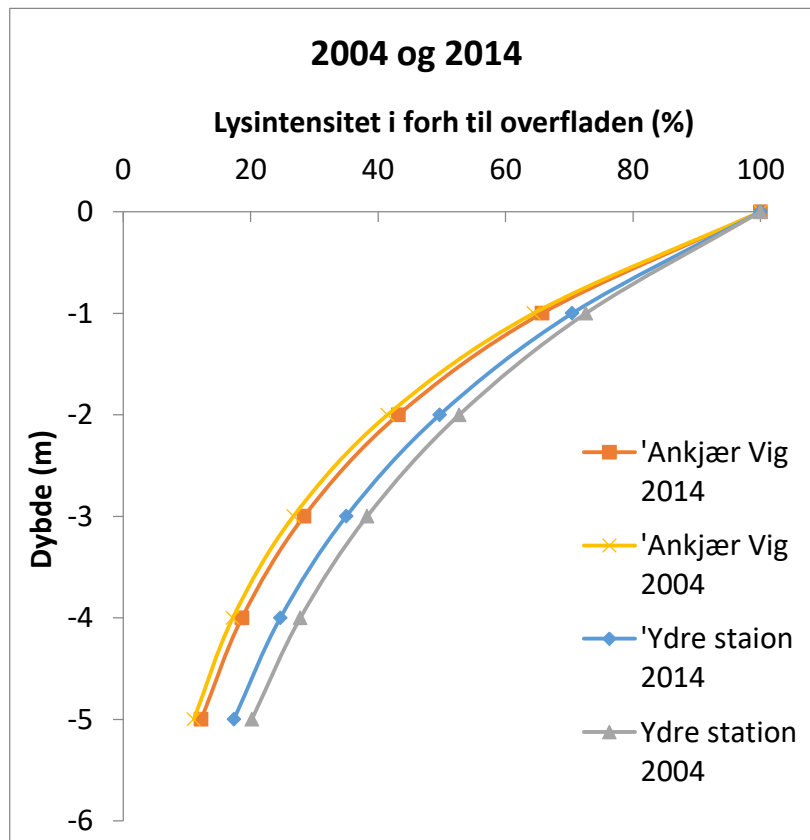


Figur 8. Viser lyssvækkelses-gradienten i 2004 Basseret på 4 punkter (øverst) og i 2014, hvor gradienten kun består af 2 punkter (nederst).

Af figur 7 – øverste graf - ses det at lysforholdene forbedres fra 80'erne frem til ca. 2000. Stationen VEJ0004273 (Ankjær Vig) og den ydre station VEJ0005367, viser begge at lysforholdene ikke forbedres efter 2000, korrelations-hældningerne er nul.

Det er lykkedes at plotte en gradient af KD baseret på 4 stationer i 2004 (Figur 8). Her ses tydeligt, hvordan lysforholdene er mest pressede i den indre del af fjorden og at disse bedres ud i gennem fjorden.

Udviklingen for de 2 stationer som også er aktive i 2014 er præsenteret i figur 9. Som det ses er der en marginal forbedring af lysforholdene på Ankjær Vig stationen, mens lysforholdene på den ydre station forringes lidt, idet der er mindre lys på samme dybde i 2014 sammenlignet med 2004.



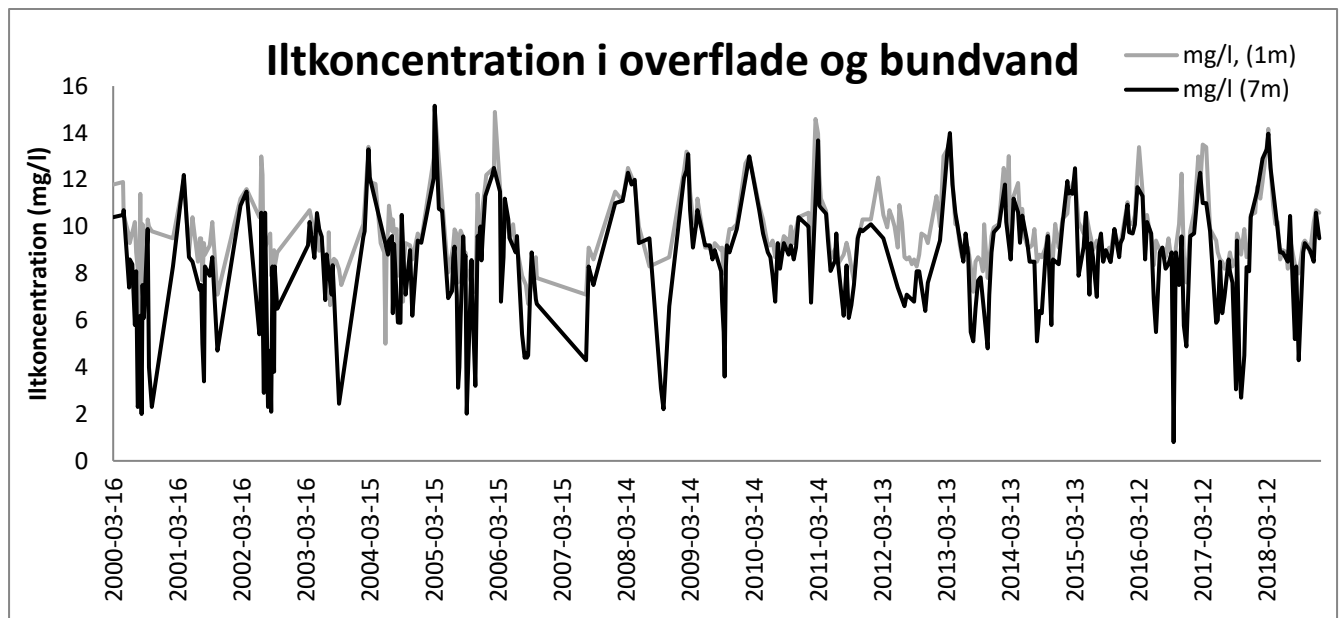
Figur 9. Viser udviklingen i lysforholdene fra 2004 til 2014 for Ankjær Vig stationen og den ydre station.

Iltforhold i overflade- og bundvand

Iltforhold i fjordområder afhænger generelt af primærproducenternes iltproduktion, respiration hos flora og fauna, vandtemperatur, omrøring af vandsøjlen ved vindpåvirkning (DCE 2018).

Iltsvind opstår ved iltkoncentrationer under 4 mg/l og er en konsekvens af den høje næringsbelastning i Vejle Fjord. NOVANA-stationen nord for Ankjær Vig er placeret midt i Vejle Fjord på stor dybde, og dermed ikke repræsentativ for lavvandede områder eller hele Vejle Fjord. Hyppigheden af hændelser med moderat iltsvind i bundvandet har været faldende siden 2010 indtil 2016, hvor moderat iltsvind atter begynder at indtræffer (figur 10). Målinger

foretages hver 14. dag, viser potentielt kun "toppen af isbjerget". Blot tre dage med kraftigt iltsvind kan have alvorlige konsekvenser med fiskedød og tab af ålegræs og gavnlige alger. Monitoring af iltforhold med sonder på lavt vand kunne være en tilgang til højopløselig monitoring af iltforhold. Som supplement gennemfører Miljøstyrelsen og DCE flere iltvindstogter årligt, men kortlægning er fokuseret på dybe havområder og baseres på interpoleringen over store områder.



Figur 10: Iltkoncentration i overflade- og bundvand nord for Ankær Vig i periode 2000-2018. Denne NOVANA-station 7-8 m dyb og placeret ca. midt i fjorden. Prøvetagningsfrekvensen varierer, men er typisk 2 uger. Iltsvind indtræffer ved iltkoncentrationer under 4 mg /l og klassificeres som moderat iltsvind ved 2-4 mg/l og kraftigt iltsvind ved 0-2 mg/l.

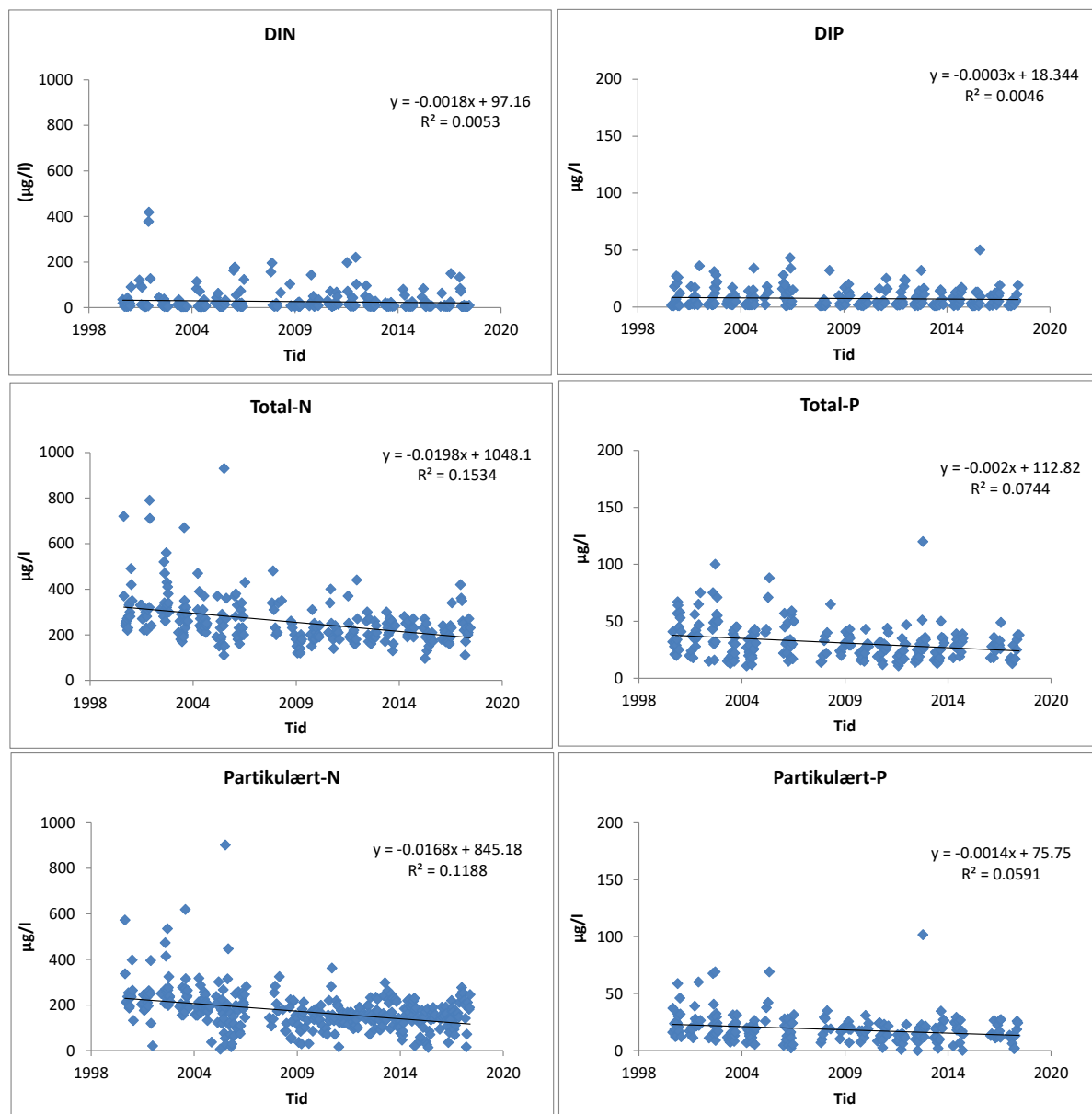
Næringsstoffer og -salte

Der ligeledes trukket næringsstof- og næringssaltsdata ud af databaserne, som præsenteres i de kommende grafer. Databehandlingen er foretaget således at alle data i vækstsæsonen fra april til og med oktober er plottet for næringssalte, total næringsstoffer og partikulære næringsstoffer. Dette giver indsigt i hvorledes næringsstofkoncentrationerne i fjorden påvirkes af afstrømningen, omsætningen i fjorden og udvekslingen over den ydre rand til det Nordlige Lillebælt. Næringssalte og næringsstoffer understøtter opvækst af lyssvækkende planteplankton og hurtigt voksende skidtalger. Begge grupper realiserer høje vækstrater når der er tilstrækkelig lysintensitet sammen med næringsrigdom. Problemet med disse grupper er at

de nedbrydes hurtigt ved et stort iltforbrug. Det betyder at næringssaltene cykles hurtigere rundt når disse algetyper dominerer, i modsætning til når ålegræsenge dominerer produktionen. Ålegræs indeholder store mængder strukturvæv, som er langsomt nedbrydeligt. Det tager mere end et år at nedbryde ålegræsblade og endnu længere tid at nedbryde rodstænglerne, mens skidtalger og planteplankton nedbryder i løbet af 2 uger. Konsekvensen er at der let opstår iltsvind når disse alger nedbrydes ved højere vandtemperaturer, mens ålegræsvævet nedbrydes så langsomt, at iltsvind normalt ikke vil forekomme (Flindt et al. 1999; Valdemarsen et al. 2014). Endvidere vil høje næringssaltskoncentrationer i vækstsæsonen medføre risici for at ålegræsset sættes til i lyssvækkende epifytter, som sidder på bladene og danner barrierer mellem bladoverfladerne og vandet.

Som det ses af figur 11, så har udviklingen i opløste N-næringssalte (DIN) ikke ændret sig de sidste knap 20 år. Koncentrations-niveauet i vækstsæsonen har ligget stabilt mellem 0-150 µg DIN/l og koncentrationer på 50-150 µg DIN/l er for høje til at opnå en god økologisk tilstand. Ved disse koncentrationer vil skidtalgerne og epifytter have for gode vækstbetingelser. Total N og partikulært N er imidlertid faldet de senere år, mest på baggrund af at de maksimale N-koncentrationer i vækstsæsonen er reducerede, da der i de senere år ikke findes koncentrationer på 700-1000 µg Tot-N/l, som i første del af måleprogrammet.

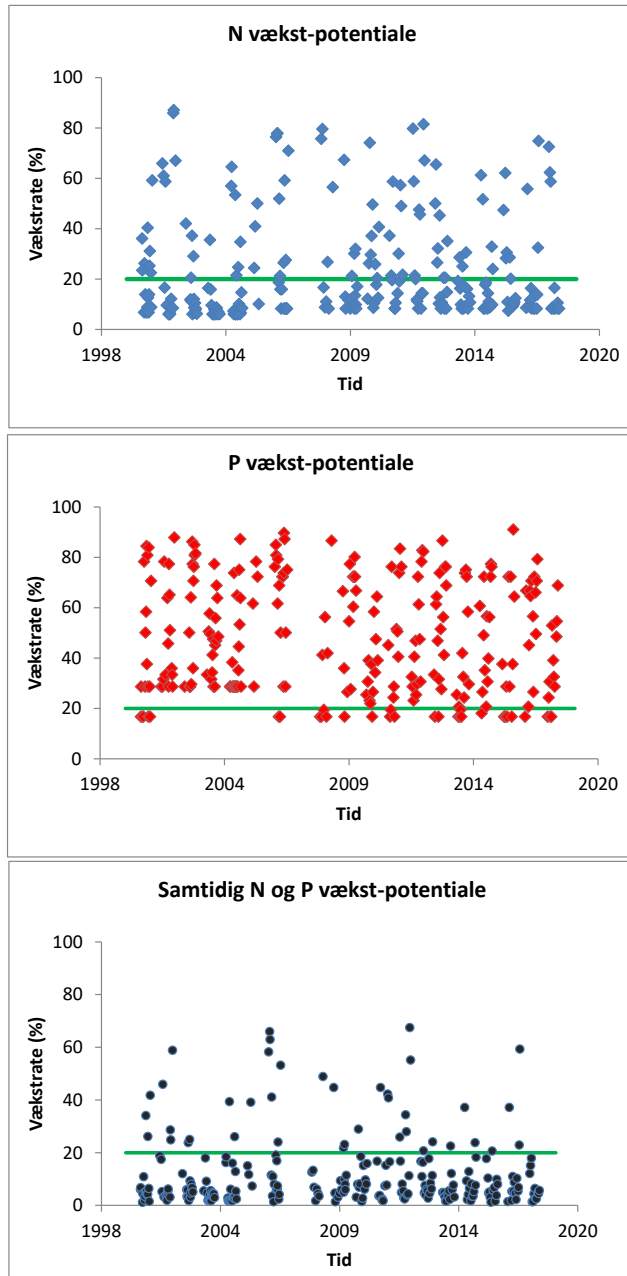
Der har heller ikke været nogen reduktion i opløste P-næringssaltene (DIP) gennem måleperioden, mens både de total-P og partikulære P koncentrationer er faldet svagt. P-næringssaltene ligger ofte på 10-50 µg DIP/l, hvilket også er rigeligt høje koncentrationer til at understøtte vækst af skidtalgerne og epifytter. Her bør det bemærkes at disse næringssaltsniveauer er målt, mens algerne er i vækst, da data er fra vækstsæsonen. Algerne har altså optaget næringssalte der matcher deres tilvækst i biomasse.



Figur 11. Viser øverst næringssaltskoncentrationerne i vækstsæsonen i årene 1999-2018 (N til venstre og P til højre). I midten ses total-puljerne af næringsstoffer og nederst er det de partikulære fraktioner. Alle data er fra Ankjær Vig stationen. Vækstsæsonen er her defineret fra april til og med oktober.

Der findes mange litteraturværdier for hvilke koncentrationer af N og P som understøtter kraftig vækst af disse uønskede algegrupper. Ved koncentrationer $> 50 \mu\text{g DIN/l}$ og $5-7 \mu\text{g DIP/l}$ kan skidtalgerne realisere halvdelen af deres maksimale vækstrate. Hvis der skal opnås en forbedring af miljøtilstanden skal disse alger ikke kunne realisere mere end 20% af deres

maksimalle vækstrater. Baseret på næringssaltskoncentrationerne for Ankjær Vig stationen kan man prædiktivt sandsynliggøre vækstpotentiallet for disse algegrupper i lavvandede områder, hvor lyset ikke begrænser væksten. Beregningen ses i figur 12.



I 18 af vækstsæsonens 30 uger begrænser DIN algevæksten, mens den ikke er tilstrækkelig begrænset i 12 uger.

I 4 uger begrænser DIP algevæksten, mens den ikke er tilstrækkelig begrænset i 26 uger.

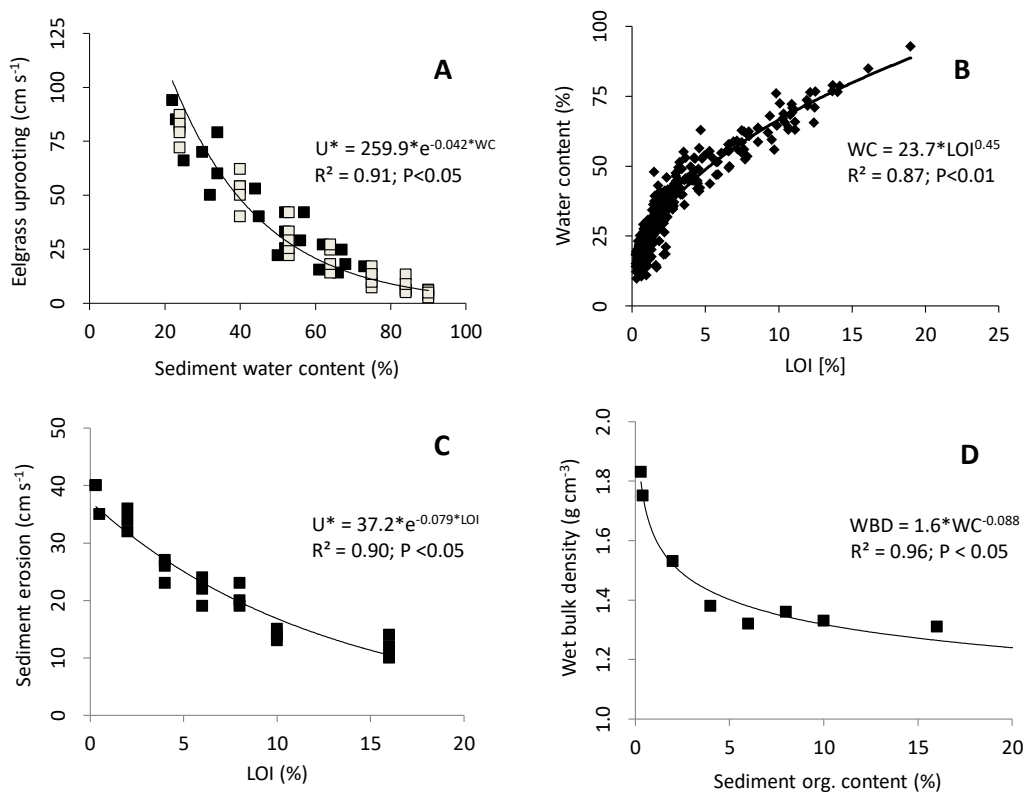
I 23 uger af vækstsæsonen begrænser kombinationen af DIN og DIP algevæksten, mens den ikke er tilstrækkelig begrænset i 7 uger.

Figur 12. Viser vækstpotentiallet ved de målte næringssaltskoncentrationer i overfladevandet på Ankjær Vig stationen. Øverste ses vækstpotentiallet baseret på N, i midten baseret på P og nederst baseret på både N og P.

Syv uger i vækstsæsonen hvor skidtalgerne ikke begrænses af næringssalte, vil danne baggrund for masseforekomster af disse alger, ligesom epifytter potentielt vil begrænse vækstforholdene for ålegræsset i området. Der er behov for en yderligere reduktion i næringsstofbelastningen. Om de planlagte knap 200 ton N er tilstrækkeligt vil tiden vise.

Bundforhold

Bundforholdene er som tidligere nævnt meget vigtige i forhold til om sedimentet kan forankre ålegræs, ligesom forholdene også er betydende i forhold til hvor højfrekvent der opstår ophvirvling af bunden, hvilket momentant forringer de bundnære lysforhold. En suite af essentielle parametre kobler til miljøforholdene i sedimenterne og disse er vist i Figur 13.



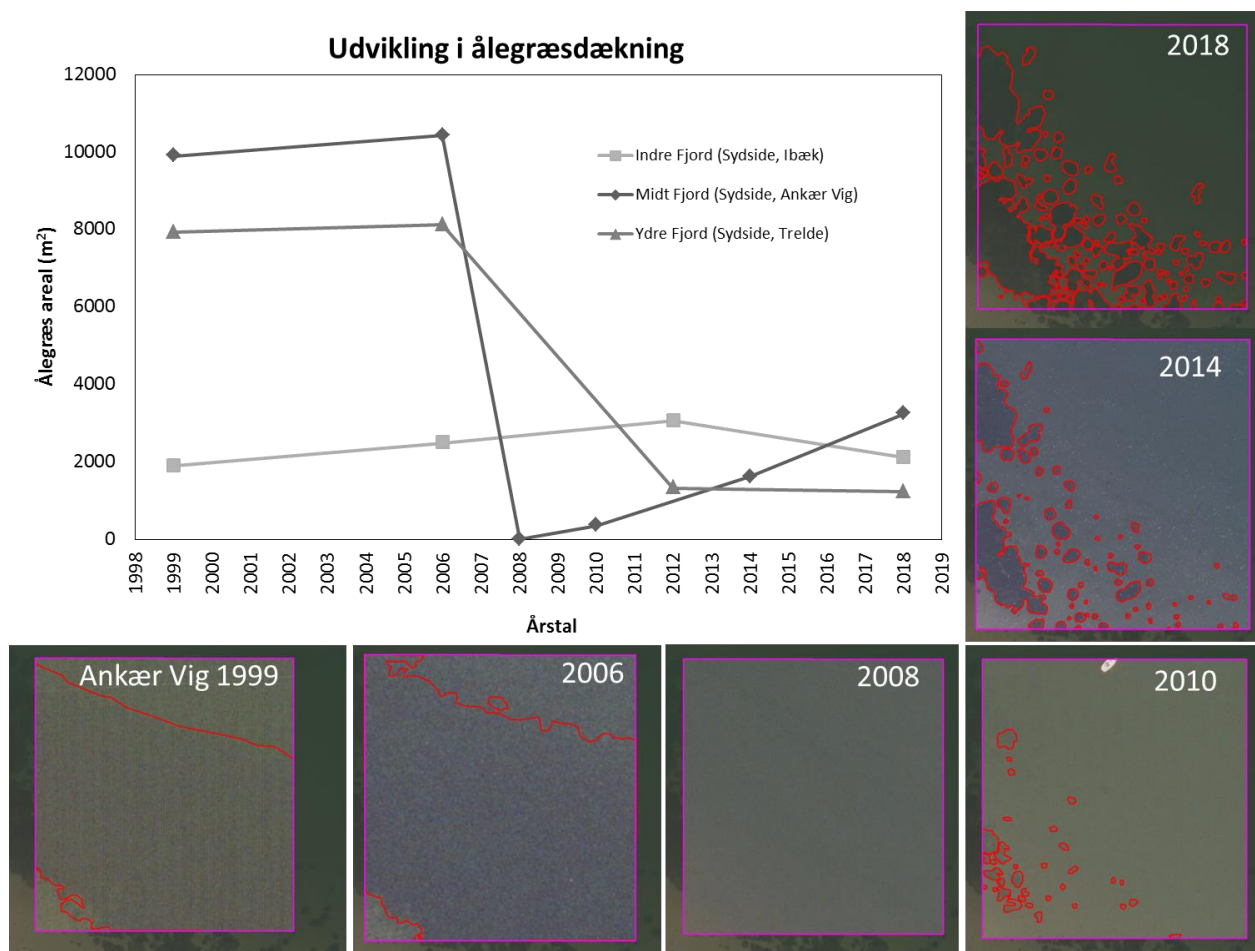
Figur 13. A) viser sedimentets vandindhold i forhold til hvilken strøm/bølge-kraft (cm/sek) der skal til for at løsrive ålegræsskud fra sedimentet. B) viser sammenhængen mellem sedimentets organiske indhold (glødetab) og vandindholdet. C) viser tærskelværdien for sediment-erosion som funktion af glødetabet. D) viser den specifikke våde massefylde som funktion af sedimentets vandindhold.

Disse data findes ikke i Vejle Fjord. GEUS har et marint sedimentkort, men dette indeholder ikke denne type sedimentoplysninger, og det er for grovmasket. Når vi parrer data, hvor SDU i Citizen Science sammenhæng har lavet kerne på 5 stationer, viser GEUS-kortet (figur 14) sandede flader, mens vores analyser indikerer meget mudrede data.

Her er et stort videnshul og der er derfor behov for at kortlægge Vejle Fjord for sedimentforhold, hvilket er indlejret i projektforslaget. Aktiviteten rummer prøvetagning på ca. 50 stationer, fordelt på variable dybder ud gennem fjorden. Sedimentanalyserne vil inkludere opskæring i dybdelagene 0-1, 1-2, 2-3, 3-5, 5-10, 10-15 og 15-20cm og følgende analyser vil blive udført: vandindhold, tørstof, glødetab, C-, N-, P-indhold samt en kornstørrelsesanalyse.

Ålegræs

Ålegræs er et økologisk nøgleelement i det marine miljø i Danmark og tilstedeværelsen af ålegræs er nødvendig for at opnå god økologisk tilstand. Ålegræs er en miljøforbedrende plante som påvirker miljøet omkring positivt, som tidligere beskrevet. Derfor er kendskab til udbredelsen af ålegræs væsentlig, da mangel på ålegræs kan være med til at fastholde Vejle Fjord i dårlig økologisk tilstand. Miljøstyrelsen monitorer den maksimale dybdegrænse for ålegræs, som en del af NOVANA programmet (figur 5), mens udviklingen i arealudbredelsen af ålegræs er ukendt i Vejle Fjord. Som et supplement hertil er der gennemført et pilot-studie med kortlægning af ålegræs i repræsentative områder på tre lokaliteter ud gennem Vejle Fjord (figur 15). Massive tab af ålegræs hører ikke kun fortiden til. Pilot-studiet viste at store tab af ålegræs også forekommer i nyere tid, som det var tilfældet i 2006-2008, hvor 80-100% af ålegræsarealet blev tabt af ukendte årsager i den midterste og ydre del af fjorden. Dette katastrofale tab af ålegræs var i perioden hvor Amterne blev nedlagt, derfor er NOVANA monitoring meget mangelfuld og bidrager ikke til forståelsen af hændelsen. Afledte effekter af høj næringsbelastning som iltsvind, kan være en forklaring på disse tab af ålegræs. I Ankær Vig rekoloniserer ålegræs langsomt området, mens tabet er uændret i den ydre del af fjorden. Sådanne massive tab af ålegræs registreres ikke med det nuværende ålegræs monitorings program, som i stedet har fokus på dybdegrænsen af ålegræs. Bedre kendskab til ålegræsudbredelsens dynamik vil bidrage til forståelse af de økologiske processer og dermed miljøforholdende i Vejle Fjord.

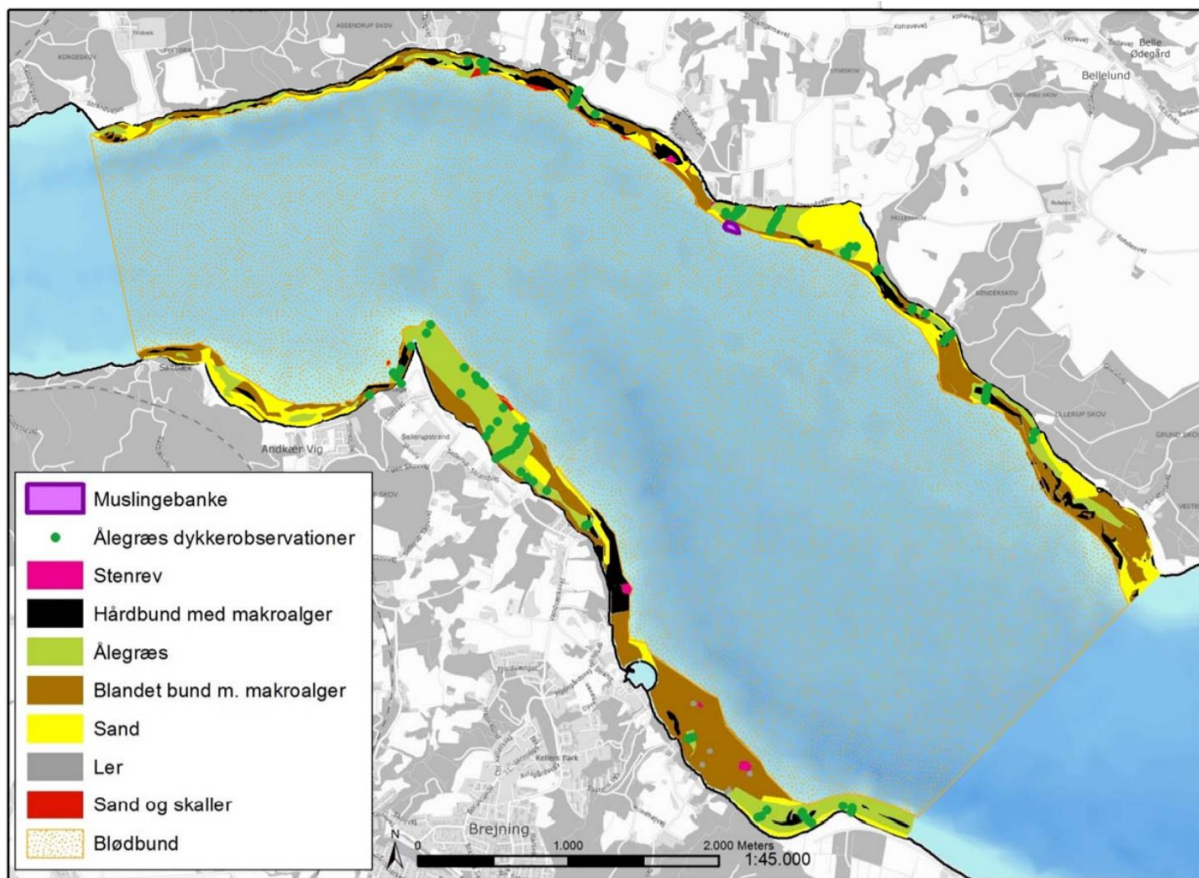


Figur 15: Udvikling i arealudbredelsen af ålegræs i tre repræsentative område ud gennem Vejle Fjord. Billederne viser et eksempel på en tidsserie i fokusområdet i Ankær Vig (ca. 1 ha). Kortlægningen er baseret på ortofotos fra [Miljøportalen](https://miljoportalen.dk/) og <https://download.kortforsyningen.dk/> med georefereret optegning af ålegræsbede i MapInfo og understøttet af fysiske besøg. Ortofotos fra år med ringe kontrast mellem havbund og ålegræsbede er ekskluderet.

Muslinger

Blåmuslinger og andre muslinger er gavnlige bunddyr, som bidrager med en række økosystem-tjenester. De er effektive filtrerende organismer, som renser vandsøjlen for plankton og partikulært materiale, hvilket øger vandets klarhed (Lüskow & Riisgård 2018). Blåmuslinger danner banker som øger havbundens strukturrigdom og giver fast substrat, hvor tang kan vokse (Paquette et al. 2019). Dette stimulerer en højere biodiversitet, da mindre mobil fauna her kan

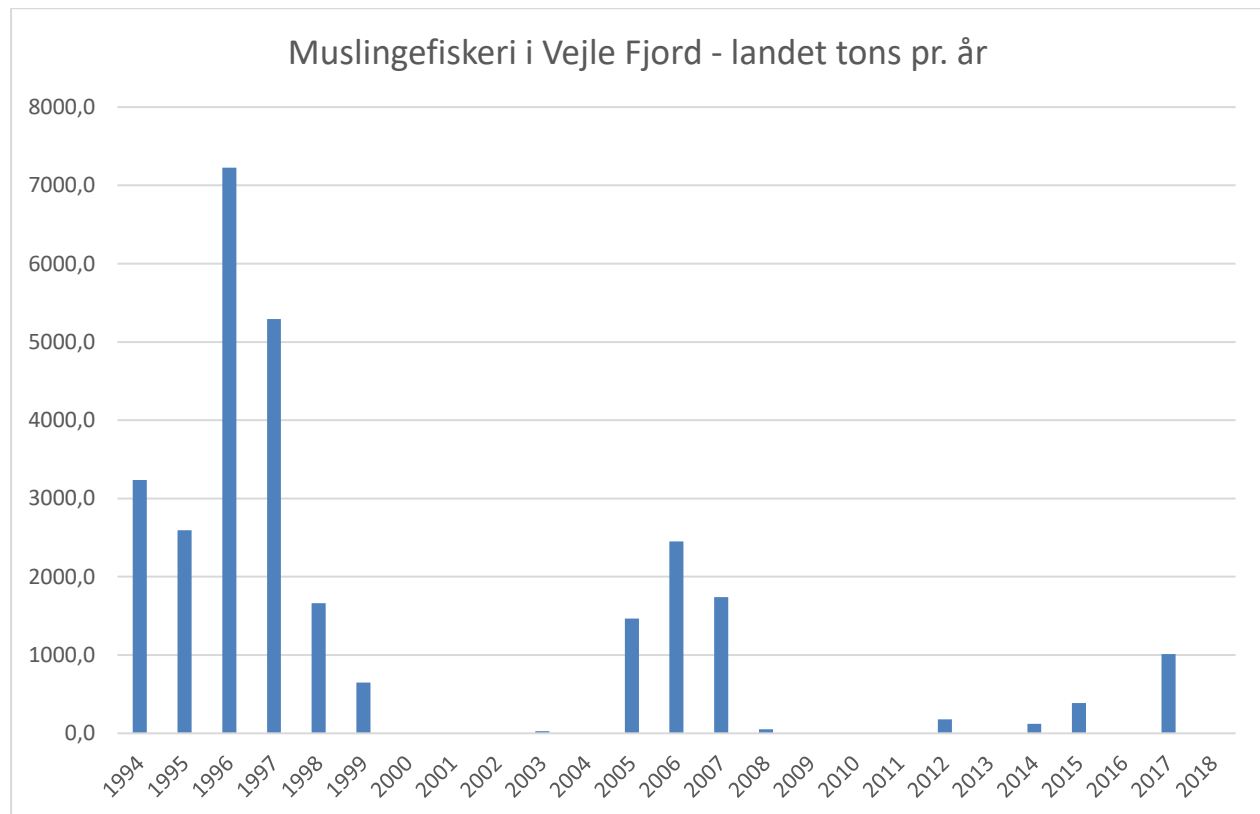
finde skjul, som igen er fødeemner, der tiltrækker større rovdyr (Norling & Kautsky 2007). Desværre har Vejle Fjord tabt mange store muslingebanker igennem de sidste 20-30 år. Det rapporterer lokale muslinge-, garn- og lystfiskere fra Vejle Fjord. Niras (2016) kortlagde det midterste område af fjorden i forbindelse med en VVM-undersøgelse. I hele undersøgelsesområder var forekomsten af blåmuslinger på under 0.1%, mens der på skrænterne ud mod det dybere bassin var en forekomst på maksimalt 1-2% blåmuslinger (Niras 2016). I hele undersøgelsesområdet fandtes kun en muslingebanke (figur 16).



Figur 16 Kortlægning af bundforhold og habitattyper i undersøgelsesområdet i midten af Vejle Fjord. Figuren er gengivet fra Niras 2016.

Ud over de mundtlige dialoger med lokale fiskere og Niras (2016) kortlægning i midt-fjorden, da er kendskabet til muslinger forekomster meget begrænset. Det vides altså ikke hvorvidt muslingernes vigtige økologiske funktioner er tabt i Vejle Fjord, men det kan være tilfældet, hvis tendenserne er de samme i den øvrige del af fjorden. En egentlig kvantificerende kortlægning af den naturlige muslingeforekomst vil kunne afklare dette videnshul.

Der er registreret landinger af blåmuslinger fra Vejle Fjord helt tilbage fra 1885. Desuden er der i 1939 og 1940 dyrket blåmuslinger på pæle i fjorden. Produktion af blåmuslinger i Vejle Fjord går derfor langt tilbage i tiden. De officielle landingstal af muslinger fra Fiskeristyrelsen i årene 1994-2018 fremgår af figur 17.



Figur 17. Viser landing af muslinger i Vejle Fjord i perioden 1994-2018. Figuren er dannet på baggrund af opgivne tal fra Fiskeristyrelsen.

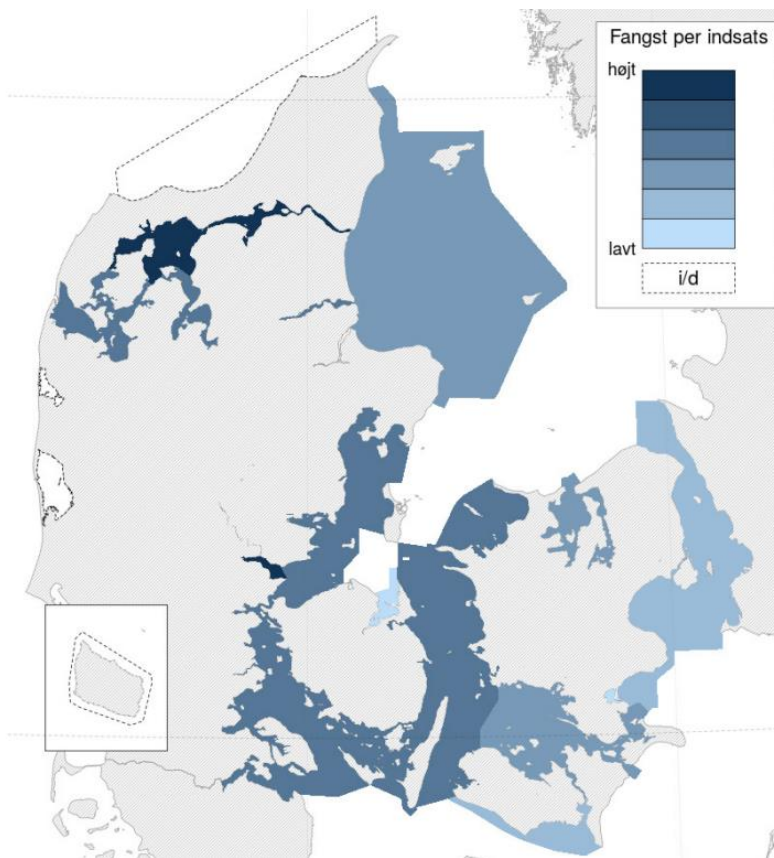
I 2012 gav NaturErhvervstyrelsen tilladelse til muslingefiskeri i yderfjorden, men kun i to mindre afgrænsede områder, hvor kun ét fartøj måtte fiske af gangen. Muslingefiskeriet i Vejle Fjord har siden 2012 været væsentlig mindre både i forhold til landede mængder og fiskeriperiode end tidligere. Dette skyldes bl.a., at NaturErhvervstyrelsen inden for de seneste år har påbudt, at muslingefiskeriet skal overvåges vha. en såkaldt blackbox. Kravet om blackbox på muslingefartøjer har gjort det muligt at kontrollere muslingefiskeriet i langt større udstrækning end tidligere, og dermed gjort det lettere at håndhæve muslingefiskeri i afgrænsede områder (DTU 2015).

Der er senest fisket muslinger i Vejle yderfjord ultimo 2017, hvor der blev givet tilladelse til at opfiske 1.000 tons. I 2018 er der ikke søgt og givet tilladelse til muslingefiskeri.

Forvaltningen i Vejle Kommune har løbende dialog med Fiskeristyrelsen (tidligere NaturErhvervstyrelsen) om muslingefiskeriet i Vejle Fjord. Dialogen er sket siden 2012, da Vejle Kommune mener, at det er nødvendigt at begrænse og styre muslingefiskeriet. Der er derfor indgået en uformel aftale om, at styrelsen hører kommunen, inden der gives tilladelse til fiskeri i yderfjorden. Der er de senere år ikke fisket muslinger i inderfjorden.

Øget forekomst af strandkrabber

Vejle Fjord er hårdt belastet af store forekomster af strandkrabber (figur 18). Det bekræftes af lokale fiskere, visuelle observation og er ved flere lejligheder fremhævet i nyhedsmedierne ([link 1](#), [link 2](#), [link 3](#)). Strandkrabbe-bestandene lader til at være ude af kontrol pga. manglende prædatorer, men også den generelt forringede miljøtilstand, hvor strandkrabben har fundet en niche, som den åbenlyst stortrives i. Det store antal strandkrabber bidrager formentlig til at fastholde miljøet i dårlig tilstand ved direkte skadevirkning på det økologisk vigtige ålegræs og gennem indirekte trofiske kaskader. Trofiske kaskader er funktionelle skift i et økosystems fødenet, som følge af forstyrrelse på et eller flere trofiske niveauer. Det er sandsynligt at strandkrabbens høje antal, medfører en stor grad af prædation på små krebsdyr (f.eks. tanglopper og tanglus), som ellers bidrager til at græsse hurtigt-voksende alger, de såkaldte skidt alger. Uden disse græssende krebsdyr, vil ålegræsset kvæles i skidt-alger (Östman et al. 2016; Moksnes et al. 2008). Strandkrabbens direkte skadevirkning på ålegræs er vel-rapporteret i USA og Canada, hvor den er en invasiv art. Strandkrabbens afklipning af ålegræsskud samt opgravning af ålegræsskud, i søgen på muslinger, rapporteres fra amerikanske og canadiske estuarier, som værende på et system-skala niveau. Altså er hele ålegræspopulationer tabt eller voldsomt reducerede, som konsekvens af over-tætheder af strandkrabber (Hanson 2004; Malyshev & Quijón 2011; Garbary et al. 2014; Neckles 2015; Matheson et al. 2016). Tab af ålegræs er samtidig et tab af opvækst habitat for netop de prædatorer (torsk, fladfisk, ulk mm.), som holder strandkrabben i skak og reducerer dens antal. Hermed startes en ond spiral, som er med til at fastholde Vejle Fjord i dårlig tilstand. Storskala krabbefangst kunne være en tilgang til at afhjælpe problemet, hvilket var en succes i det sydøstlige Canada. Her førte en målrettet krabbefangst til rekolonisering af ålegræs og til naturlig genoprettelse af muslingebestande, som havde været under strandkrabbens hårde prædation ([link til hjemmeside](#) og [video om projektet](#)).

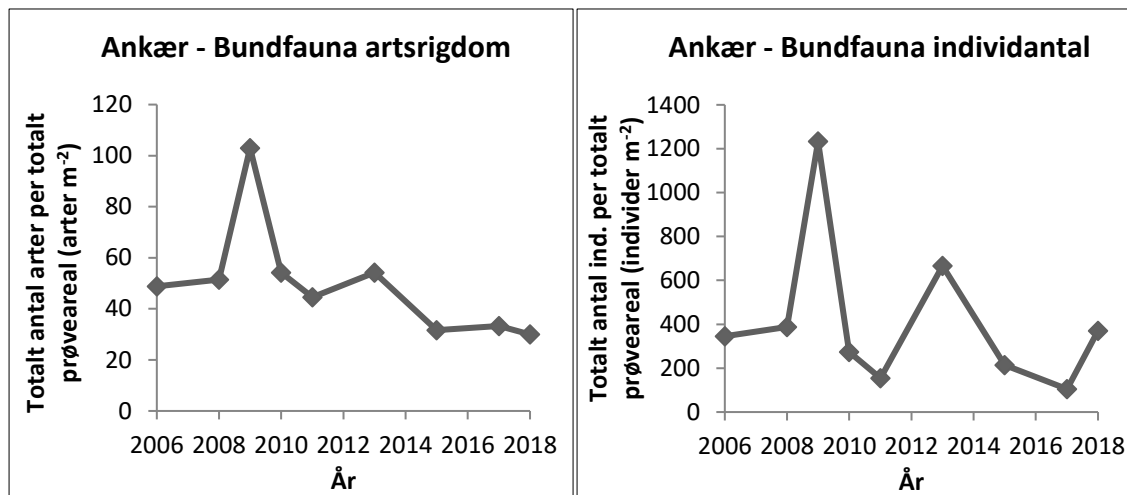


Figur 18: Fangst per indsats af Strandkrabber i de indre danske farvande i 2016. Fangsten er kategoriseret fra lav til høj fangst per indsats i seks farveinddelte kategorier (fra lys (1) til mørk blå (6)). Gengivet fra DTUs nøglefiskerrapport ([DTU 2017](#)).

Udvikling i bundfauna i området nord for Ankær Vig

Bundfauna består af havbørsteorme, muslinger og krebsdyr m.fl., som udfører vigtige økologiske funktioner så som filtrering af plankton og dermed rensning af vandsøjlen, omsætning af organisk stof i havbunden og er vigtige fødeemner for fisk. En divers bundfauna er mere robust overfor presfaktorer og indikerer ligeledes god miljøtilstand (Raffaeli et al. 2009, DCE 2018). I Vejle Fjord monitoreres bundfaunaen i et område (NOVANA station nord for Ankær Vig). Bundfaunaens artsrigdom varierer med mere end en faktor 3 i perioden fra 2006-2018 (figur 19, til højre). Der er et generelt faldende artsantal efter klimaks-året i 2009, hvilket samtidig indikerer at miljøforholdene langt fra er i bedring. Individantallets variation er i høj grad afhængig af fødetilgængelighed og er ikke nødvendigvis et udtryk for ændret miljøtilstand (figur 19, til venstre).

Datagrundlaget for bundfaunamonitering varierer både med hensyn til replikationsantal og prøvetagningsareal mellem årene og er desuden udtaget på forskellige vanddybder, hvilket begrænser flere analyser af disse data. Der indhentes i den nuværende monitoring 42 bundfaunaprøver i ét større område nord for Ankær Vig. Prøvetagningen kunne optimeres ved etablering af 10 faste stationer (4 replikater) på en gradient ud gennem Vejle Fjord, som dækker både lave og dybe områder.



Figur 19: Bundfaunaens artsrigdom og individantal ved NOVANA-stationen nord for Ankær Vig.

Referencer

- Flindt MR, Rasmussen EK, Valdemarsen T, Erichsen A, Kaas H, Canal-Vergés P (2016) Using a GIS-tool to evaluate potential eelgrass reestablishment in estuaries. *Ecological Modelling* 338:122–134
- Flindt MR, Pardal MÂ, Lillebø AI, Martins I, Marques JC (1999) Nutrient cycling and plant dynamics in estuaries: A brief review. *Acta Oecologica* 20:237–248
- Garbary DJ, Miller AG, Williams J, Seymour NR (2014) Drastic decline of an extensive eelgrass bed in Nova Scotia due to the activity of the invasive green crab (*Carcinus maenas*). *Marine Biology* 161:3–15
- DCE (2012) Marine områder 2011. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus
- DCE (2018) Marine områder 2016. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus
- DCE (2018) Iltsvind i danske farvande i august-september 2018. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus
- DTU (2015) Muslingeproduktion i Vejle Fjord - muligheder og begrænsninger. DTU Aqua-rapport nr. 295-2015
- Duffy JE (2006) Biodiversity and the functioning of seagrass ecosystems. *Marine Ecology Progress Series* 311:233–250
- Hanson AR (Ed. . (2004) Status and conservation of eelgrass (*Zostera marina*) in eastern Canada. New Brunswick
- Lundkvist M, Gangelhof U, Lunding J, Flindt MR (2007) Production and fate of extracellular polymeric substances produced by benthic diatoms and bacteria: A laboratory study. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 75:337–346
- Lüskow F, Riisgård HU (2018) In Situ Filtration Rates of Blue Mussels (Mytilus edulis) Measured by an Open-Top Chamber Method. *Open Journal of Marine Science* 08:395–406
- Malyshev A, Quijón PA (2011) Disruption of essential habitat by a coastal invader: New evidence of the effects of green crabs on eelgrass beds. *ICES Journal of Marine Science* 68:1852–1856
- Matheson K, McKenzie CH, Gregory RS, Robichaud DA, Bradbury IR, Snelgrove PVR, Rose GA (2016) Linking eelgrass decline and impacts on associated fish communities to European green crab *Carcinus maenas* invasion. *Marine Ecology Progress Series* 548:31–45

- Moksnes P-O, Gullström M, Tryman K, Baden S (2008) Trophic cascades in a temperate seagrass community. *Oikos* 117:763–777
- Neckles HA (2015) Loss of eelgrass in Casco Bay, Maine, linked to green crab disturbance. *Northeastern Naturalist* 22:478–500
- Niras (2016) VVM–undersøgelse for ny jernbaneforbindelse på tværs af Vejle Fjord Kortlægningsrapport – Del 2 Marine forhold. 91 sider.
- Norling P, Kautsky N (2007) Structural and functional effects of *Mytilus edulis* on diversity of associated species and ecosystem functioning. *Marine Ecology Progress Series* 351:163–175
- Östman Ö, Eklöf J, Eriksson BK, Olsson J, Moksnes PO, Bergström U (2016) Top-down control as important as nutrient enrichment for eutrophication effects in North Atlantic coastal ecosystems. *Journal of Applied Ecology* 53:1138–1147
- Paquette L, Archambault P, Guichard F (2019) From habitat geometry to ecosystem functions in marine mussel beds. *Marine Ecology Progress Series* 608:149–163
- Raffaelli D, Solan M, White P, Pierce G, Paterson D (2009) Marine biodiversity and ecosystem function: empirical approaches and future research needs. *Marine Ecology Progress Series* 311:175–309
- Romero J, Lee K-S, Perez M, Mateo MA, Alcoverro T (2006) Nutrient Dynamics in Seagrass Ecosystems. In: *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Larkum, AWD, Orth, RJ, & Duarte, CM, editors. Vol. 2 Springer pp. 227–254
- Valdemarsen T, Quintana CO, Kristensen E, Flindt MR (2014) Recovery of organic-enriched sediments through microbial degradation: Implications for eutrophic estuaries. *Marine Ecology Progress Series* 503:41–58