

Makroalgeindikatorer og deres anvendelse til VRD tilstandsvurdering

Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 28. september 2020

Forfatter:
Jacob Carstensen

Institut for Bioscience

Rekvirent: Miljøstyrelsen

Antal sider: 25

Faglig kommentering: Dorte Krause-Jensen

Kvalitetssikring, centret: Anja Skjoldborg Hansen, DCE



**AARHUS
UNIVERSITET**

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Tel.: +45 8715 0000
E-mail: dce@au.dk
<http://dce.au.dk>

Indhold

1	Forord og problemstilling	3
2	Vurdering af makroalgeindikatorers sikkerhed, præcision og repræsentativitet (sp. 1 og 2)	4
2.1	Smålandsfarvandet, syd (ID 34)	4
2.2	Grønsund (ID 45)	5
2.3	Haderslev Fjord (ID 106)	6
2.4	Horsens Fjord, indre (ID 128)	7
2.5	Køge Bugt (ID 201)	8
2.6	Kalundborg Fjord (ID 29)	9
2.7	Smålandsfarvandet, åbne del (ID 206)	10
2.8	Lillebælt, syd (ID 216)	11
2.9	Østersøen, Christiansø (ID 57)	12
3	Vurdering af modellens forudsætninger (sp. 3)	14
4	Sammenfatning	17
5	Referencer	19
	Bilag 1	20
	Bilag 2	21
	Bilag 3	22

1 Forord og problemstilling

Makroalger indgår som den ene del af det biologiske kvalitetselement 'Makroalger og blomsterplanter' under det Europæiske Vandrammedirektiv. Derfor er der udviklet indikatorer ud fra overvågningsdata indsamlet under NOVANA programmet, som kan anvendes til at vurdere den økologiske tilstand af makroalger. Udviklingen af disse indikatorer er beskrevet i en ny rapport (Carstensen, 2020).

Som opfølgning på rapporten er DCE blevet anmodet om at foretage beregninger af makroalgeindikatorerne for den seneste tilstandsvurderingsperiode (2014-2019). Efter aftale med MST har DCE leveret disse beregninger og det underliggende datamateriale (Bilag 1 med tilhørende Excel fil, som indgår som Bilag 2), således at MST kan forholde til datamaterialet, robustheden i beregningerne og de deraf afledede tilstande.

Efterfølgende har MST bedt DCE om at forholde sig til beregningerne i en række konkrete vandområder, hvor datagrundlaget og forudsætningerne for beregning af tilstand vurderes utilstrækkeligt. Derudover ønsker MST, at DCE forholder sig til konkrete spørgsmål omkring de valgte antagelser for makroalgeindikatorerne. MST har d. 18 september 2020 sendt en bestilling (Bilag 3), hvor MST ønsker svar på følgende spørgsmål:

1. *Er det sikret, at de beregnede tilstandsvurderinger har tilstrækkelig sikkerhed og præcision til at kunne indgå i tilstandsvurderinger for kystvandområderne i de kommende Vandområdeplaner?*
2. *Er datagrundlaget gennemgået med henblik på at sikre, at de beregnede tilstandsvurderinger er repræsentative for det enkelte kystvand og dermed angiver en retvisende eutrofieringstilstand for kystvandet som hele?*
3. *Har AU sikret sig, at den grundlæggende model til beregning af makroalgeindikatorer og særligt metoden til beregning af reference- og klassegrænser for makroalgeindikatorerne er retvisende?*
herunder
 - 3a. *Er det rimeligt at antage, at det maksimale antal af flerårige makroalgarter indenfor det enkelte kystvand er den samme i dag som i en referencesituation?*
 - 3b. *Er det rimeligt at antage, at den maksimalt opnåelige kumulerede dækningsgrad af flerårige makroalger indenfor det enkelte kystvand er den samme i dag som i en referencesituation?*

Den korte tidsfrist for svar (3 dage) betyder, at ikke alle svar kan underbygges med en detaljeret analyse, og DCE anbefaler derfor, at MST igangsætter yderligere udredninger for at belyse disse problemstillinger.

2 Vurdering af makroalgeindikatorers sikkerhed, præcision og repræsentativitet (sp. 1 og 2)

DCE har beregnet indikatorer (k_{bio} for kumulativ dækning og k_{bio} for antal flerårige arter) for alle vandområder, hvor der var data fra perioden 2014-2019. Der er stor variation i antallet af observationer, som har været til rådighed – fra 4 observationer i 'Østersøen, Christiansø' til 437 observationer i 'Østersøen, Bornholm'. Denne store variation i datamaterialet betyder, at k_{bio} er bestemt med varierende sikkerhed, hvilket kan ses af spredningen på k_{bio} estimerne i den tilhørende Excel fil. Estimationen af k_{bio} er endvidere betinget af, at der er observationer for kumulativ dækning og antal flerårige arter på dybder, hvor lys bliver begrænsende for makroalgerne.

For mange vandområder har det ikke været muligt at bestemme k_{bio} , idet der mangler observationer på større dybder med lysbegrænsning. Sådanne tilfælde indgår ikke i tilstandsvurderingerne og er markeret på figurerne i Bilag 2. Desuden fremgår de af figurer (tekst indsat; Bilag 2) og tabel med parameter estimer (#NA for k_{bio} i Bilag 1).

For nogle vandområder er k_{bio} bestemt med så stor usikkerhed, at estimatet ikke er signifikant forskellig fra nul, vurderet med 99% konfidens ($P < 0.01$). Estimer, som ikke er signifikante, indgår ikke i tilstandsvurderingerne og er ligeledes markeret på figurerne i Bilag 2.

Når estimerne for k_{bio} sammenholdes med klassegrænserne (Carstensen 2020), kan sandsynlighedsfordelingen mellem de fem tilstandsklasser bestemmes. En præcis indikator vil fordele sig indenfor en enkelt tilstandsklasse, hvis indikatoren har en værdi, som ligger centralt i intervallet for tilstandsklassen. Tilsvarende kan en præcis indikator fordele sig over to tilstandsklasser, såfremt indikatoren har en værdi tæt på grænsen mellem de to tilstandsklasser. Derimod er en indikator, som fordeler sig over tre eller flere tilstandsklasser, ikke præcis og resulterer i lavere sikkerhed af tilstandsvurderingen. I nedenstående vurderinger er det antaget, at klassifikationen er tilstrækkelig sikker, hvis mindst 80% af sandsynlighedsfordelingen er fordelt mellem de to mest sandsynlige tilstandsklasser.

2.1 Smålandsfarvandet, syd (ID 34)

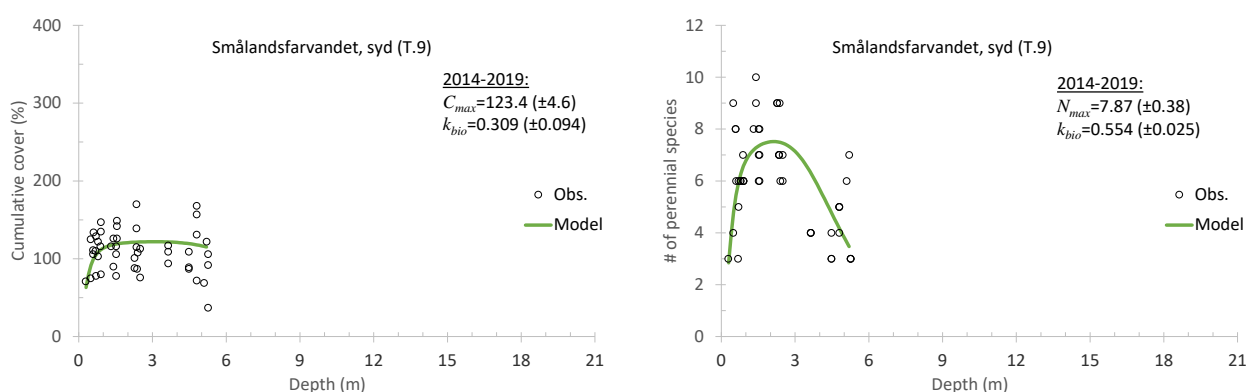
MST spørgsmål: I "Smålandsfarvandet, syd" er tilstandsvurderingen baseret på 1 makroalge-transekt, som ydermere ikke er repræsentativt for vandområdet?!. Derudover indgår relativt få datapunkter i estimeringen af k_{bio} , som måske derfor ikke er retvisende for en tilstandsklassifikation af vandområdet?!.

DCE svar:

I dette vandområde er der i perioden 2014-2019 gennemført 4 undersøgelser på 1 transekt, som er placeret på nordsiden af Fejø. Transektet er undersøgt i 2014, 2015, 2016 og 2017. Parameterestimatet for k_{bio} er signifikant for både kumulativ dækning ($P=0,0021$) og antal flerårige arter ($P < 0,0001$) (Figur 2.1). Vandområdet er et forholdsvist åbent område med spredte øer, hvor vandudvekslingen med Storebælt og den åbne del af Smålandsfarvandet er stor og

påvirkningen fra lokale kilder er begrænset. Selvom der kun er data fra et transekt, så vurderes det at være repræsentativt for dette forholdsvis homogene vandområde.

Estimaterne for k_{bio} er bestemt på basis af 48 observationer, som er jævnt fordelt over dybdegradienten ud til 6 m, og der er ikke umiddelbart enkelte observationer, som alene påvirker estimaterne i stor udstrækning (høj influens). Det bemærkes dog, at k_{bio} for kumulativ dækning er mindre velbestemt end k_{bio} for antal flerårige arter, hvilket betyder, at tilstanden for kumulativ dækning (moderat) er bestemt med mindre end 50% sikkerhed. Dog er forskellen mellem tilstandsvurderingerne baseret på kumulativ dækning og antal flerårige arter mindre (henholdsvis moderat og ringe), og den samlede vurdering repræsenterer en sandsynlighedsfordeling mellem god, moderat og ringe (24%, 60% og 16%), som lige netop opfylder kriteriet for tilstrækkelig sikkerhed i tilstandsvurderingen.



Figur 2.1. Kumulativ dækning og antallet af flerårige arter over dybdegradienten for vandområdet 'Smålandsfarvandet, syd', sammen med de estimerede modeller (parametre indsat).

Det vurderes, at det undersøgte transekt er repræsentativt for vandområdet og at datagrundlaget lige netop er tilstrækkeligt for at give en tilstandsvurdering. Det anbefales dog, at MST udvider overvågningen i dette område med flere transekter, som kan beskrive makroalgeforholdene på dybder større end 5 m, for at opnå en større sikkerhed i tilstandsklassifikationen. Samlet anses tilstandsvurderingen (moderat) for 'Smålandsfarvandet, syd' at være retvisende.

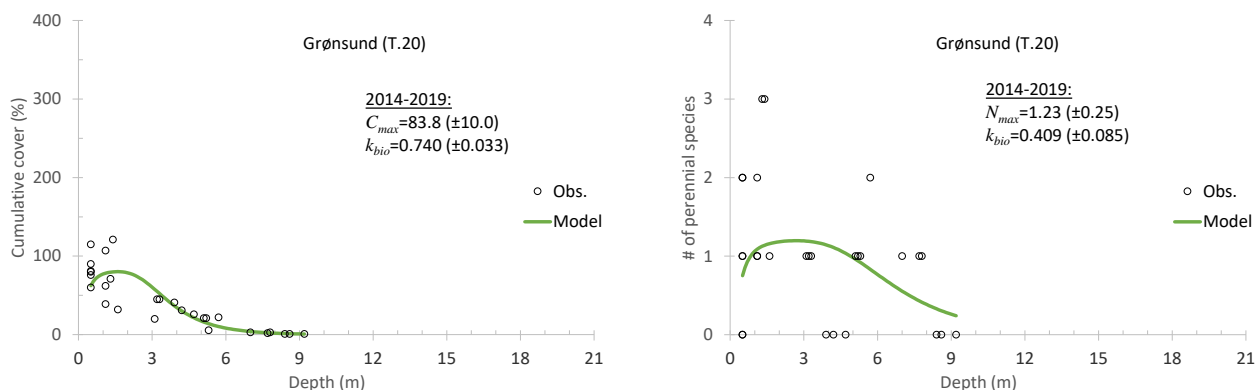
2.2 Grønsund (ID 45)

MST spørgsmål: Datagrundlaget for Grønsund er - med kun 28 observationer og kun fra en undersøgelse i 2018 - meget sparsomt, og må være i underkanten i forhold til at kunne beregne en retvisende makroalgetilstand. Dertil kan oplyses at der ikke længere er makroalgeovervågning i Grønsund fordi MST har vurderet, at der ikke er nok områder med egnet substrat, til at gennemføre en meningsfuld makroalgeovervågning.

DCE svar:

I dette vandområde er der i perioden 2014-2019 gennemført en enkelt undersøgelse d. 21. august 2018 på to transekter (0701601#5071 og 0701602#5072) ud fra kysten ved Møn. Der er kraftige strømninger i området omkring de to transekter, hvilket giver en næsten konstant resuspension af sediment (cf. dykker på undersøgelsen, Christian Darling), hvilket påvirker både forholdene under overvågningen og makroalgerne. Endvidere består substratet på

det ene transekt delvist af betonklodser som en del af molen ved Hårbølle Havn, hvilket er et mindre egnet substrat for makroalger. Af disse årsager, indgår transekterne ikke længere i overvågningen.



Figur 2.2. Kumulativ dækning og antallet af flerårige arter over dybdegradienten for vandområdet 'Grønsund', sammen med de estimerede modeller (parametre indsat).

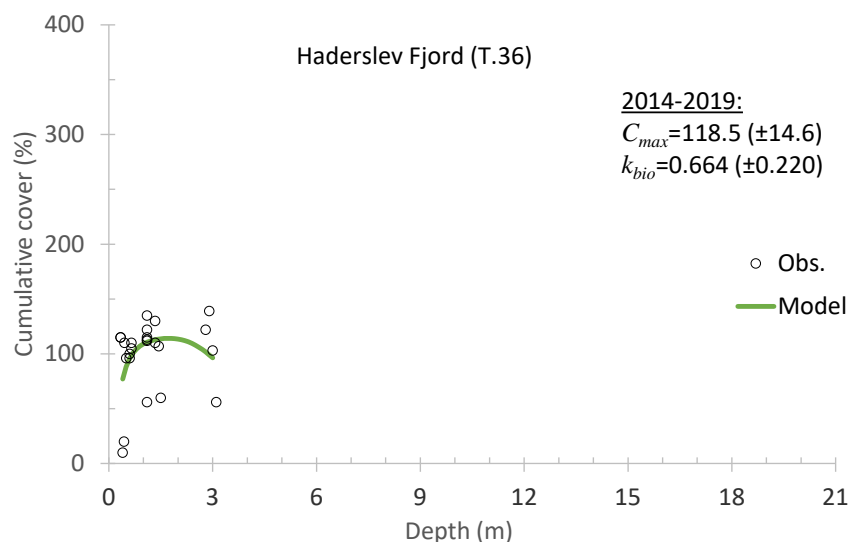
Det vurderes, at de to transekter ikke er velegnede til vurdering af tilstanden for makroalger i Grønsund (Fig. 2.2), og der bør arbejdes på at finde mere egnede transekter med roligere strømforhold og bedre sigt, som svarer til vandområdet generelt. Derfor er tilstandsvurderingen for 'Grønsund' ikke retvisende. Ydermere bemærkes, at overvågningen i dette vandområde ikke fortsætter.

2.3 Haderslev Fjord (ID 106)

MST spørgsmål: Datagrundlaget for Haderslev Fjord er - med kun 24 observationer - meget sparsomt, og må være i underkanten i forhold til at kunne beregne en retvisende makroalgetilstand. Dertil kommer at kumulativ dækningsgrad og antal arter ikke aftager markant indenfor det dybdeinterval, hvor der er data, hvorfor k_{bio} må være relativt usikkert bestemt. Derudover kan oplyses at der ikke længere er makroalgeovervågning under NOVANA i Haderslev Fjord, fordi MST har vurderet, at der ikke er nok områder med egnet substrat, til at gennemføre en meningsfuld makroalgeovervågning.

DCE svar:

I dette vandområde er der i perioden 2014-2019 gennemført 8 undersøgelser på 3 transekter, hvoraf 2 er placeret i midterfjorden og 1 er placeret i yderfjorden. Transekterne er undersøgt i 2014, 2015 og 2016, og samlet er der i alt 24 punktobservationer. Parameterestimatet for k_{bio} er signifikant for kumulativ dækning ($P=0,0068$), men kunne ikke estimeres for antal flerårige arter. Det bestemte k_{bio} estimat for kumulativ dækning afhænger dog helt af en enkelt observation på 3,1 m (Fig. 2.3), og uden denne ene observation kan k_{bio} ikke bestemmes. Ydermere bemærkes, at overvågningen i dette vandområde ikke fortsætter.



Figur 2.3. Kumulativ dækning over dybdegradienten for vandområdet 'Haderslev Fjord', sammen med den estimerede model (parametre indsat).

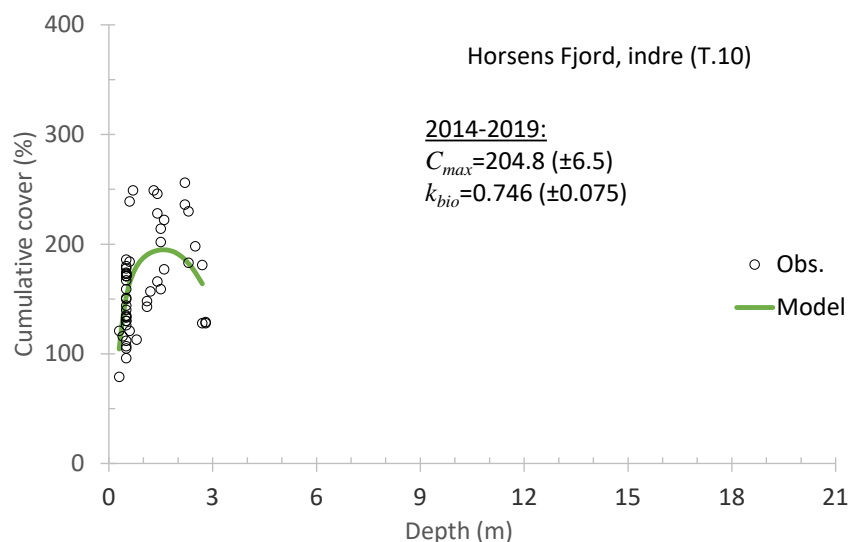
Det vurderes, at estimatet af k_{bio} er meget påvirket af en enkelt observation. Derfor er tilstandsvurderingen for 'Haderslev Fjord' ikke retvisende.

2.4 Horsens Fjord, indre (ID 128)

MST spørgsmål: Der er kun få tilgængelige data i Horsens Fjord (et transekt undersøgt i 2014, 2015 og 2016), og der er kun ganske få datapunkter, som indikerer at der er et fald i henholdsvis kumulativ dækningsgrad og antallet af flerårige arter med dybden, og som dermed er dimensionsgivende for k_{bio} . Tilstandsvurderingen må derfor være behæftet med stor usikkerhed!?. Dertil kan oplyses at der ikke længere er makroalgeovervågning i Horsens Fjord, indre. Makroalgeovervågningen er indstillet idet det vurderes, at der ikke er nok områder med egnet substrat, til at gennemføre en meningsfuld makroalgeovervågning.

DCE svar:

I dette vandområde er der i perioden 2014-2019 gennemført 9 undersøgelser på 3 transekter (BVH3#1744, BVH6#1747 og BVH9#1750), hvoraf 1 er placeret tæt ved Horsens Havn (BVH9#1750). Ydermere er der kun undersøgt dybder ned til 0,5 og 1,2 m på to af transekterne (BVH3#1744 og BVH9#1750), således at dybdegradienten kun er repræsenteret ved et transekt (BVH6#1747). Transekterne er undersøgt i 2014, 2015 og 2016, og samlet er der i alt 54 punktobservationer (Fig. 2.4). Parameterestimatet for k_{bio} er signifikant for kumulativ dækning ($P < 0,0001$), men kunne ikke estimeres for antal flerårige arter. Størstedelen af de 54 observationer afspejler ikke en lysbegrænset fase for makroalger, og estimatet af k_{bio} afhænger af 3 observationer fra samme undersøgelse i 2014. Uden disse observationer kan k_{bio} ikke bestemmes. Ydermere bemærkes, at overvågningen i dette vandområde ikke fortsætter.



Figur 2.4. Kumulativ dækning over dybdegradienten for vandområdet 'Horsens Fjord, indre', sammen med den estimerede model (parametre indsat).

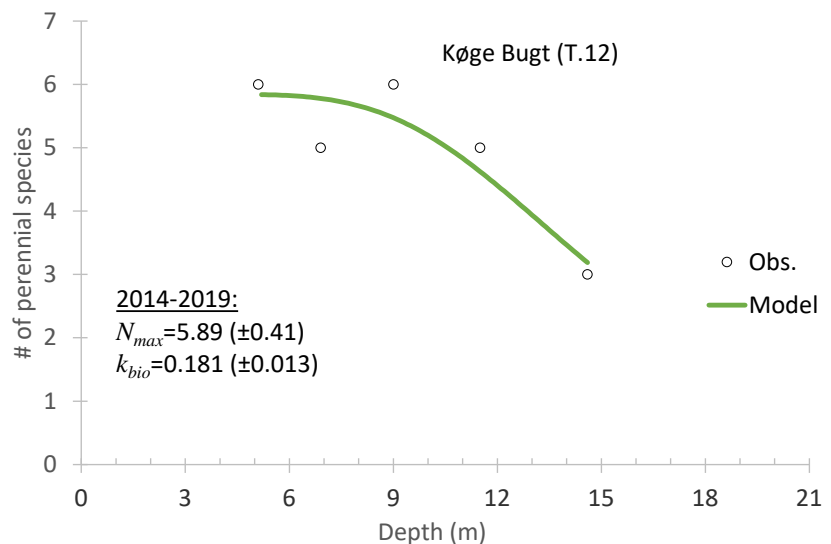
Det vurderes, at estimatet af k_{bio} er meget påvirket af enkelte observationer og at lysbegrænsningen ikke er tilstrækkeligt repræsenteret i data. Derfor er tilstandsvurderingen for 'Horsens Fjord, indre' ikke retvisende.

2.5 Køge Bugt (ID 201)

MST spørgsmål: Datagrundlaget for Køge Bugt er - med kun 5 observationer alle fra den samme undersøgelse i 2015 - meget sparsomt, og må være i underkanten i forhold til at kunne beregne en retvisende makroalgetilstand. Dertil kan oplyses at der ikke længere er makroalgeovervågning i Køge Bugt. Makroalgeovervågningen er indstillet idet det vurderes, at der ikke er nok områder med egnet substrat, til at gennemføre en meningsfuld makroalgeovervågning.

DCE svar:

I dette vandområde er der i perioden 2014-2019 gennemført en enkelt undersøgelse d. 24. august 2015, hvor makroalgensamfundet er bestemt på 5 dybder på et transekt (DMU287) ud for Stevns Klint. Transektet ligger i den sydligste del af vandområdet, på grænsen til vandområdet 'Fakse Bugt', men vurderes ikke at være repræsentativt for vandområdet 'Køge Bugt'. Parameterestimatet for k_{bio} kunne ikke bestemmes for kumulativ dækning, men var signifikant for antal flerårige arter ($P=0,0007$, Fig. 2.5). Dog er k_{bio} for antallet af flerårige arter bestemt på basis af 5 observationer, hvoraf observationen på største dybde (14,6 m) har meget stor påvirkning for estimatet af k_{bio} . Uden denne ene observation på dybden 14,6 m er k_{bio} ikke signifikant.



Figur 2.5. Antallet af flerårige arter over dybdegradienten for vandområdet 'Køge Bugt', sammen med den estimerede model (parametre indsat).

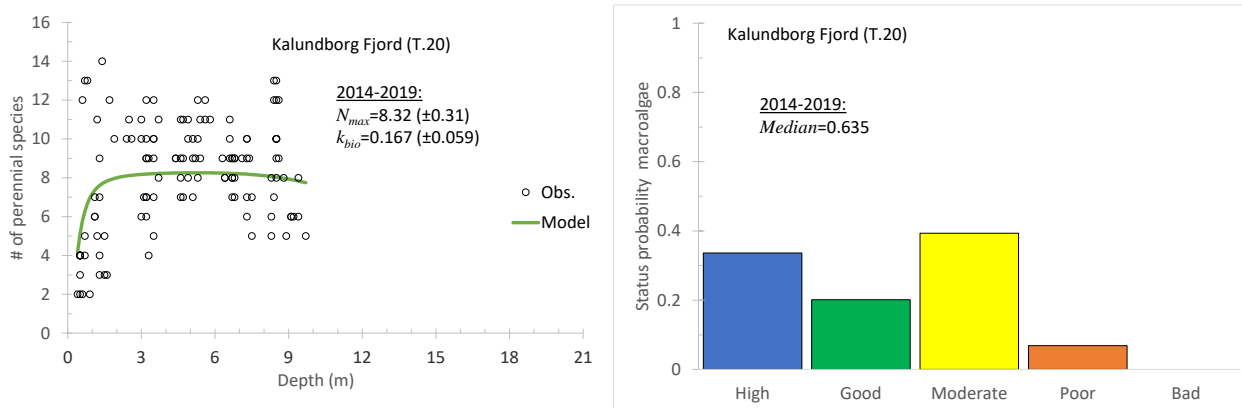
Det vurderes, at transektet ikke er repræsentativt for Køge Bugt og at estimationen af k_{bio} er meget påvirket af en enkelt observation. Derfor er tilstandsvurderingen for 'Køge Bugt' ikke retvisende.

2.6 Kalundborg Fjord (ID 29)

MST spørgsmål: Det er kun den ene makroalgeindikator - k_{bio} for antal flerårige arter - som er beregnet for Kalundborg Fjord. Et kig på datagrundlaget viser, at det er meget svært at se et fald i antallet af arter med dybden, som er nødvendigt for at beregne k_{bio} . Det må vel betyde at k_{bio} for Kalundborg Fjord og dermed tilstandsvurderingen for makroalger er associeret med meget stor usikkerhed, eller?!

DCE svar:

I dette vandområde er der i perioden 2014-2019 gennemført 8 undersøgelser på 2 transekter, som er placeret midt i fjorden på henholdsvis sydsiden af Røsnæs og nordsiden af Asnæs. Transekterne er undersøgt i 2014, 2015, 2016 og 2018. Parameterestimatet for k_{bio} kunne ikke bestemmes for kumulativ dækning, men var signifikant for antal flerårige arter ($P=0,0055$, Fig. 2.6). Det skal dog bemærkes, at spredningen på k_{bio} er forholdsvis stor, hvilket betyder, at tilstandsvurderingen kan være høj, god, moderat eller ringe med henholdsvis sandsynlighederne 34%, 20%, 39% og 7%.



Figur 2.6. Antallet af flerårige arter over dybdegradienten for vandområdet 'Kalundborg Fjord', sammen med den estimerede model (parametre indsat), og den tilhørende fordeling mellem tilstandsklasser.

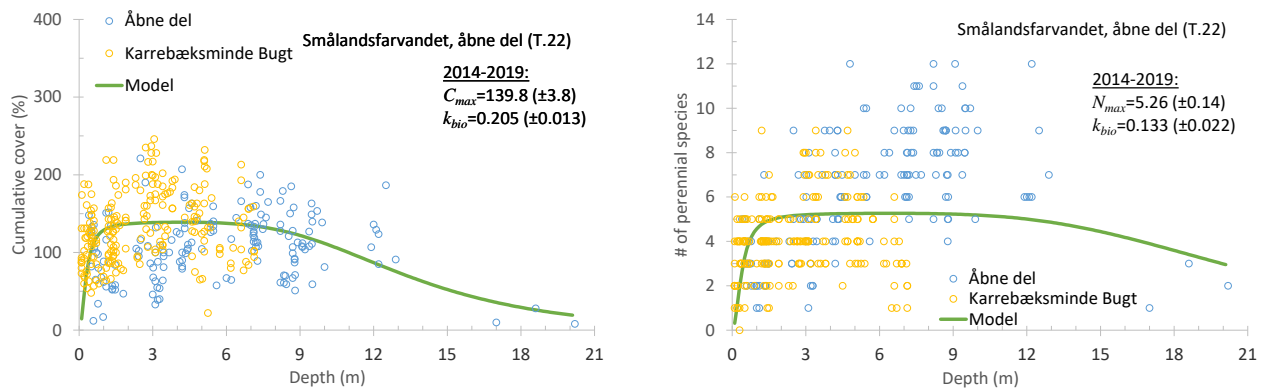
Vurderet ud fra medianen i EQR fordelingen for k_{bio} er tilstanden i dette vandområde god, men konfidensen i denne tilstandsbestemmelse er meget lav (20%), hvorfor det anbefales at indsamle flere data fra dybder over 10 m for at opnå større sikkerhed i estimatet for k_{bio} . På grund af den lave sikkerhed i tilstandsvurderingen, vurderes anvendelsen af en enkelt klasse for tilstanden ikke at være retvisende.

2.7 Smålandsfarvandet, åbne del (ID 206)

MST spørgsmål: Der indgår data fra 8 transekter og i omegnen af 400 individuelle observationer i makroalge-tilstandsvurderingen for Smålandsfarvandet, åbne del. Det bør dog vurderes om tilstandsvurderingen er reel, idet det kun er 3 observationer fra 1 transekt ud af 8, der indikerer dybde makroalgeforekomster. Det er dermed dette ene transekt - som er placeret i den åbne del af Smålandsfarvandet, åbne del, som entydigt kommer til at definere makroalgetilstanden, mens makroalgedata fra de mere kystnære dele af vandområdet ikke vægtes ligeligt.

DCE svar:

I dette vandområde er der i perioden 2014-2019 gennemført 35 undersøgelser på 9 transekter, hvoraf 3 transekter befinder sig omkring Agersø og Omø (#4917,#4918',#4919), 3 transekter ligger i Karrebæksminde Bugt (0101094#2233,0101142#2174,0101143#2367) og 3 transekter ligger i den mere åbne del af Smålandsfarvandet (DMU253, 0201097#1902,0201100#2375). Der er data fra alle 6 år og samlet set er der 378 dybde-specifikke observationer af kumulativ dækning og antal flerårige arter. Parameterestimatet for k_{bio} er signifikant for både kumulativ dækning ($P<0,0001$) og for antal flerårige arter ($P<0,0001$), men modellen for antal flerårige arter ser ikke ud til at passe godt til data, idet antallet af flerårige arter stiger markant helt ned til omkring 10 m (Fig. 2.7). En årsag hertil er, at makroalgedata fra Karrebæksminde Bugt afviger væsentligt fra de andre transekter i dette vandområde, hvilket påvirker estimerterne. Endvidere bemærkes, at k_{bio} hovedsageligt er bestemt ud fra 3 punktobservationer, som stammer fra den samme undersøgelse af et enkelt transekt ved Omø.



Figur 2.7. Kumulativ dækning og antallet af flerårige arter over dybdegradienten for vandområdet 'Smålandsfarvandet, åbne del', sammen med de estimerede modeller (parametre indsat). Makroalgeobservationer er opdelt på data fra Karrebæksminde Bugt og resten af vandområdet (åbne del).

Det tilrådes, at vandområdet 'Smålandsfarvandet, åbne del' opdeles i to områder, 'Karrebæksminde Bugt' og 'Smålandsfarvandet, åbne del', da der forekommer væsentlige forskelle i dybdegradienten for kumulativ dækning og antal flerårige arter. Endvidere bør det tilstræbes at få flere observationer på dybder over 12 m. Disse forhold gør, at tilstandsvurderingen for 'Smålandsfarvandet, åbne del' ikke er retvisende.

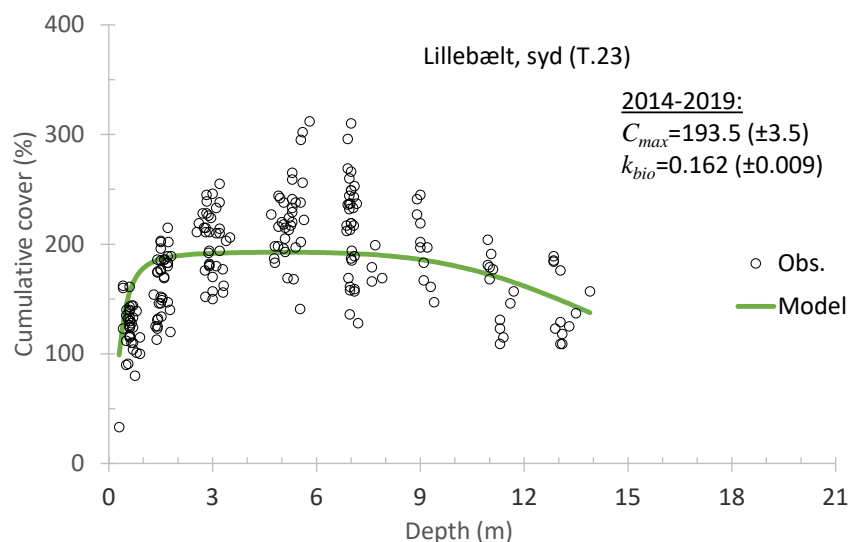
2.8 Lillebælt, syd (ID 216)

MST spørgsmål: Der indgår data fra 3 transekter i tilstandsvurderingen - to af de tre transekter indeholder kun data til 7 m's dybde og det sidste transekt har datadækning ned til 14 m's dybde. Det er således kun en svag aftagende tendens på 1 transekt der er udslagsgivende for makroalgetilstanden i Lillebælt, syd.

DCE svar:

I dette vandområde er der i perioden 2014-2019 gennemført 12 undersøgelser på 3 transekter, som er lokaliseret på vestsiden af Helnæs (T-7#2611), den nordlige spids af Ærø (T-11#2300) og den sydøstlige del af Als (DMU0239#1928). Transekterne er undersøgt i 2014, 2015, 2016 og 2019, og samlet set er der 216 dybde-specifikke observationer af kumulativ dækning (Fig. 2.8) og antal flerårige arter. Dybder over 7,2 m, som er bestemmende for k_{bio} , er kun overvåget på transektet ved Als. Parameterestimatet for k_{bio} er signifikant for kumulativ dækning ($P < 0,0001$), men kunne ikke bestemmes for antal flerårige arter. Selvom de større dybder kun er repræsenteret på et transekt, så er der stor overensstemmelse mellem de tre transekter på de lavere dybder, og transektet ved Als kan derfor antages at være repræsentativt for vandområdet.

Den estimerede værdi for k_{bio} er sammenlignelig med estimaterne for andre vandområder i nærheden ('Flensborg Fjord, ydre': $k_{bio} = 0,183$; 'Åbenrå Fjord': $k_{bio} = 0,237$; 'Lillebælt Bredningen': $k_{bio} = 0,253$; 'Langelandsund': $k_{bio} = 0,225$). Da 'Lillebælt, syd' er det mest åbne område, vil lysforholdene i dette område forventes at være bedre og dermed forventes k_{bio} at være lavest. Gradienterne for k_{bio} understøttes også af tilsvarende gradienter i lysforholdene i disse områder (Carstensen 2020; 'Lillebælt, syd': $k_d = 0,286$; 'Flensborg Fjord, ydre': $k_d = 0,326$; 'Åbenrå Fjord': $k_d = 0,360$; 'Lillebælt Bredningen': $k_d = 0,329$; 'Langelandsund': $k_d = 0,322$). Det vurderes derfor, at indikatoren k_{bio} for kumulativ dækning giver et retvisende billede af makroalgensamfundet i 'Lillebælt, syd'.



Figur 2.8. Kumulativ dækning over dybdegradienten for vandområdet 'Lillebælt, syd' sammen med den estimerede model (parametre indsat).

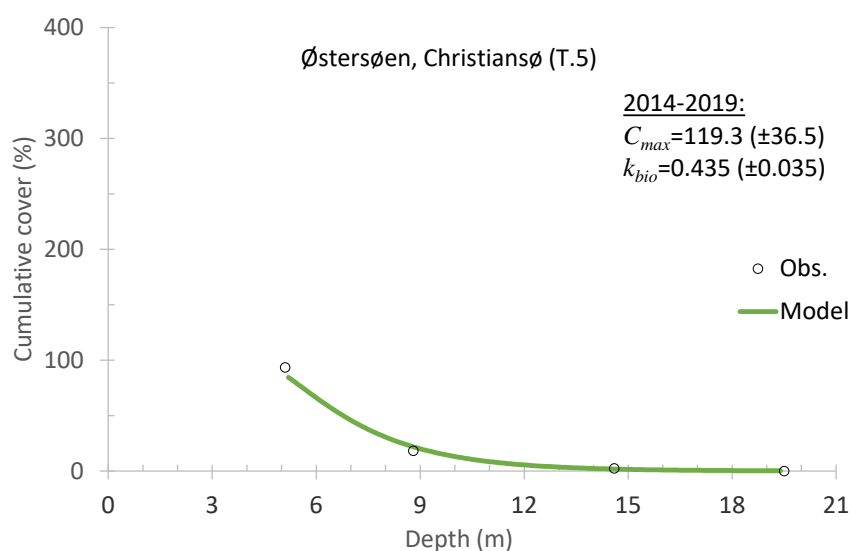
Eftersom ovennævnte områder har sammenlignelige værdier for k_{bio} , som stemmer godt overens med lysforholdene, så må områderne også forventes at have sammenlignelige tilstande. Tilstanden i 'Lillebælt, syd' stemmer dog ikke overens med tilstanden i de andre områder (Bilag 1; 'Lillebælt, syd': HØJ; 'Flensborg Fjord, ydre': MODERAT; Åbenrå Fjord': RINGE; 'Lillebælt Bredningen': MODERAT; 'Langelandssund': MODERAT), hvilket indikerer, at klassegrænserne i 'Lillebælt, syd' er mindre restriktive end for de andre områder. Eftersom klassegrænserne er bestemt ud fra referenceværdier for ålegræs (Carstensen 2020), må denne markante forskel i tilstandsvurderingen for makroalger skyldes en tilsvarende markant forskel i referenceværdierne for ålegræs. Hvis det antages, at de rumlige forskelle i lysforhold mellem disse områder ikke har ændret sig over tid (dvs. lysforholdene har ændret sig relativt ens for områder), så er referenceværdien for ålegræs i 'Lillebælt, syd' meget lav sammenlignet med de andre områder (Timmermann et al. 2020; 'Lillebælt, syd': 9,6 m; 'Flensborg Fjord, ydre': 13,0 m; Åbenrå Fjord': 12,9; 'Lillebælt Bredningen': 11,5; 'Langelandssund': 9,5 m). Ydermere er referenceværdien for ålegræs i 'Lillebælt, syd' relativ lav i forhold til andre sammenlignelige områder, hvor der ikke er beregnet tilstandsvurdering for makroalger (Timmermann et al. 2020; 'Genner Bugt': 10,9 m; 'Det Sydfynske Øhav': 11,2 m; 'Storebælt SV': 10,6 m). Det vurderes derfor, at referenceværdien for ålegræs i 'Lillebælt, syd' er for lav, hvilket betyder, at klassegrænserne for k_{bio} er for høje og dermed at tilstandsvurderingen også bliver for positiv.

Det anbefales, at referenceværdien for ålegræssets dybdegrænse i 'Lillebælt, syd' revurderes med henblik på at opnå større samhørighed med andre beslægtede områder. Efter en sådan revurdering kan nye klassegrænser udregnes for makroalgeindikatorerne. På baggrund af de u hensigtsmæssige klassegrænser er tilstandsvurderingen for makroalger i 'Lillebælt, syd' ikke retvisende.

2.9 Østersøen, Christiansø (ID 57)

Dette område er ikke indeholdt i MSTs forespørgsel, men er medtaget, fordi DCE vurderer, at datagrundlaget er utilstrækkeligt.

I dette vandområde er der i perioden 2014-2019 gennemført en enkelt undersøgelse d. 17. august 2016, hvor makroalgesamfundet er bestemt på 4 dybder på et transekt (DMU603) midt imellem Græsholm og Tat. Området er domineret af kraftig gennemstrømning og transektet har 100% hårdbund på alle dybder. På de 4 dybder er der 80-98% dækning af Østersømusling (*Mytilus trossulus*) foruden 1-3% dækning af brakvandsrur (*Amphibalanus improvisus*). Derudover er der stor dækning af røde skorpealger, som ikke indgår i hverken kumulativ dækning eller antal flerårige arter. Parameterestimatet for k_{bio} er signifikant for kumulativ dækning ($P=0,0065$, Fig. 2.9) og ikke signifikant for antal flerårige arter ($P=0,0241$).



Figur 2.9. Kumulativ dækning over dybdegradienten for vandområdet 'Østersøen, Christiansø' sammen med den estimerede model (parametre indsat).

Sammenlignet med det nærliggende vandområde 'Østersøen, Bornholm', så er antallet af flerårige arter og den kumulative dækning på transektet ved Christiansø meget lave. Ved Bornholm er den kumulative dækning typisk mellem 100% og 200% på dybder ned til over 10 m, og antallet af flerårige arter er typisk mellem 3 og 6, hvor der maksimalt optræder 2 arter på transektet ved Christiansø. Det vurderes, at det undersøgte transekt ikke er velegnet for overvågning af makroalger og derfor ikke bør indgå i tilstandsvurderingen. Derfor er tilstandsvurderingen for 'Østersøen, Christiansø' ikke retvisende.

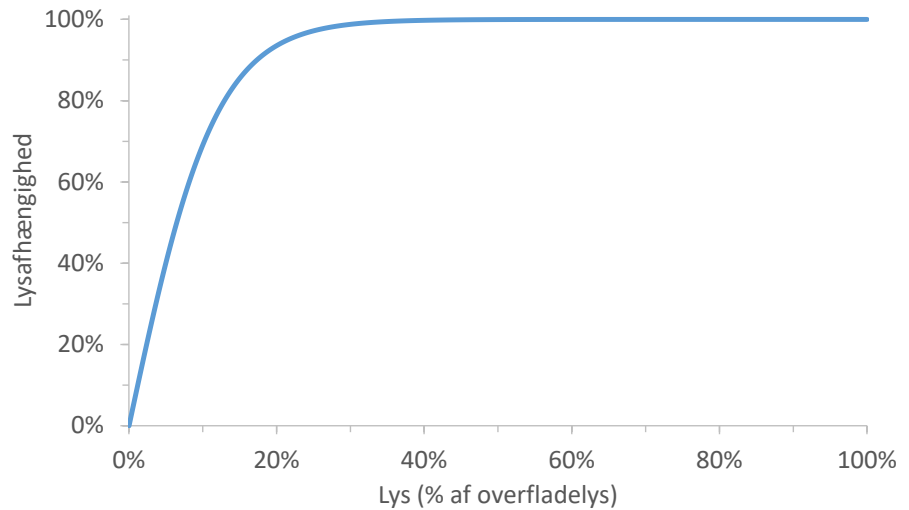
3 Vurdering af modellens forudsætninger (sp. 3)

Modellen for kumulativ dækning og antallet af flerårige arter antager, at makroalgeudbredelsen er begrænset af fysisk eksponering på lavt vand og af lys på dybt vand. Derudover indgår der en faktor i modellen, som beskriver græsningstrykket fra søpindsvin.

Lysbegrænsningen er beskrevet ved en lysmætningsfunktion (hyperbolsk tangent) kombineret med et eksponentielt aftagende funktion, som beskriver, hvordan kumulativ dækning og antal flerårige arter aftager med lyssvækkelsen gennem vandsøjlen. Den eksponentielt aftagende udbredelse af makroalger med dybden er beskrevet med parameteren k_{bio} , som udgør en eutrofieringsindikator.

Modellen forudsætter:

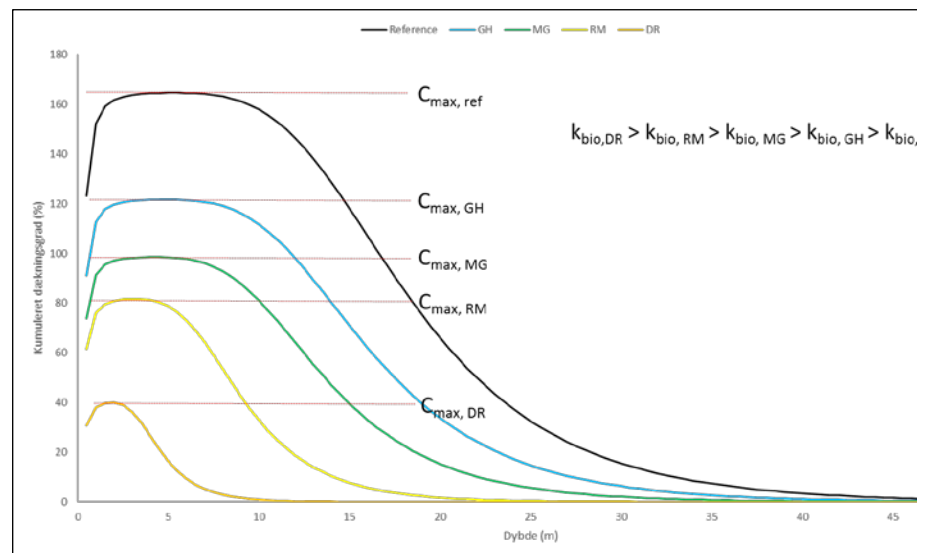
- At den fysiske eksponering er ens for alle vandområder. Det skal bemærkes, at den fysiske eksponering kun har betydning for de øverste ca. 2 m. Den fælles faktor for fysisk eksponering er vist i Carstensen (2020, Fig. 3.7).
- At græsningen fra søpindsvin kun afhænger af den registrerede dækning af søpindsvin. Dette betyder, at græsningseffekten (ved samme dækning af søpindsvin) er ens for alle vandområder, selvom der kan være tale om forskellige arter af søpindsvin. Det skal bemærkes, at græsningseffekten er lille for langt de fleste vandområder. Den fælles faktor for græsningseffekten er vist i Carstensen (2020, Fig. 3.7).
- At overgangen fra lysmætning til lysbegrænsning (målt i procent af overfladeindstrålingen) er ens for alle vandområder. Parameteren $\frac{I_0}{I_{sat}}$ er estimeret til 8.5, hvilket betyder, at lysbegrænsningen først begynder omkring dybder med 20% overfladelys (Fig. 3.1).
- At makroalgeudbredelsen opnår et maksimalt niveau (C_{max}) indenfor hvert vandområde, når der ikke er fysisk eksponering, græsningstryk eller lysbegrænsning. C_{max} bestemmes specifikt for hvert vandområde og periode.
- At makroalgeudbredelsen aftager (approximativt) eksponentielt med dybden (beskrevet ved k_{bio}), når der er lysbegrænsning, svarende til den (næsten) lineære del af lysafhængighedskurven (Fig. 3.1). k_{bio} bestemmes specifikt for hvert vandområde og periode.



Figur 3.1. Parameteriseringen af lysafhængigheden for makroalgeudbredelsen ved $\frac{I_0}{I_{sat}} = 8.5$.

MST anfører i oplægget til spørgsmål 3 (Bilag 3), at anvendelsen af modellen til tilstandsvurdering forudsætter, at C_{max} skal være uændret fra nuværende vurderingsperiode til referenceperioden. Dette er dog ikke korrekt, idet denne forudsætning ikke er en betingelse for modellen.

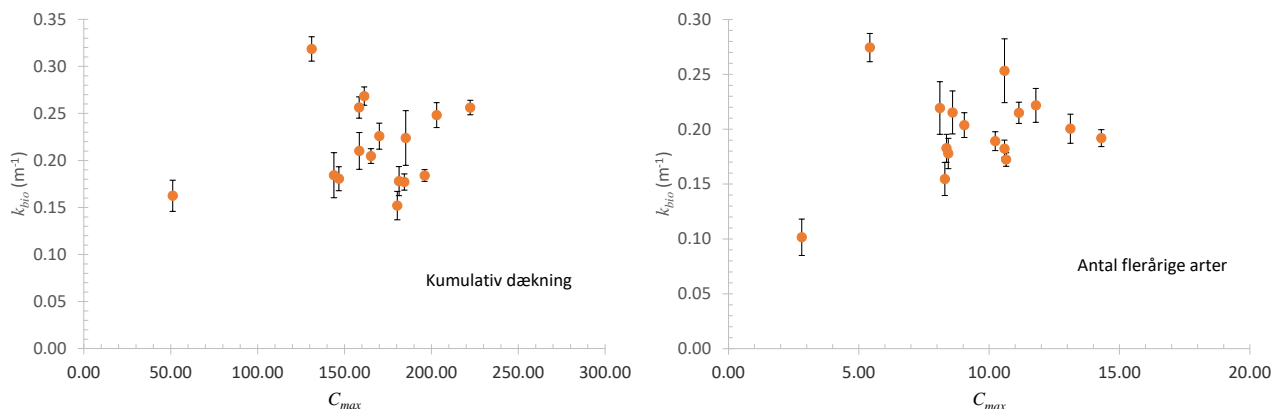
Tilstandsvurderingen er baseret udelukkende på k_{bio} . C_{max} og k_{bio} er to uafhængige parametre, hvoraf det er dokumenteret, at C_{max} hovedsageligt relaterer sig til salinitet og k_{bio} hovedsageligt relaterer sig til lys (k_d) (Carstensen 2020). Da C_{max} og k_{bio} indgår som to uafhængige parametre i modellen, vil modellen kunne beskrive den ønskede situation (Fig. 3.2).



Figur 3.2. Simulering af kumuleret dækningsgrad i relation til dybde for uafhængige kombinationer af C_{max} og k_{bio} . Fra Bilag 3.

At de to parametre også er uafhængige i praksis, og ikke kun i modellen, kan illustreres ved at undersøge estimerterne for C_{max} og k_{bio} for områder med sammenlignelige lysforhold. Områder fra åbne kyster og farvande med sammenlignelige k_d værdier viser, at der ikke er nogen afhængighed mellem C_{max} og k_{bio} (Fig. 3.3). Hvis der var en naturlig sammenhæng mellem C_{max} og k_{bio} ,

som kunne underbygge MSTs antagelse, så ville man forvente en tydeligere sammenhæng, når det tages i betragtning, at C_{max} varierer fra 50 til 220 for kumulativ dækning og fra 3 til 14 for antal flerårige arter. Der er derfor hverken matematisk eller empirisk evidens for, at C_{max} og k_{bio} er afhængige. Derfor er eutrofieringsindikatoren k_{bio} ikke påvirket af, hvorvidt C_{max} har ændret sig over tid.



Figur 3.3. Estimer af k_{bio} og C_{max} for områder med sammenlignelige lysforhold ($0.2 < k_d < 0.3$). Områderne indbefatter udenfor VRD (Kattegat, Nordlige Kattegat 12 sm, Skagerrak, Storebælt nord 12 sm, Storebælt S 12 sm, Østersøen 12 sm) og VRD vandområderne (Djursland Øst, Jammerland Bugt og Musholm Bugt, Kalundborg Fjord, Nordlige Øresund, Storebælt NV, Kattegat Læsø, Nordlige Kattegat, Ålbæk Bugt, Sejerø Bugt, Århus Bugt og Begtrup Vig, Århus Bugt syd Samsø og Nordlige Bælt-hav, Lillebælt syd). Baseret på estimer fra Carstensen (2020).

Endvidere anfører MST, at det omfattende historiske observationsmateriale (Høgslund et al. 2018) indikerer, at der historisk set var langt flere arter end i dag. DCE påpeger, at dette udsagn ikke er baseret på en videnskabelig vel-dokumenteret analyse, som tager højde for, at artsrigdommen stiger med det undersøgte areal. Derfor findes der ikke nogen velunderbygget dokumentation for, at C_{max} skulle være højere i referencesituation end i dag.

Modellen til beskrivelse af kumulativ dækning og antal flerårige arter er baseret på veletablerede mekanistiske sammenhænge mellem planters lysafhængighed og lyssvækkelse som funktion af dybden. Dette gør det muligt ud fra overvågningsdata at adskille de forskellige faktorer, som påvirker makroalgeudbredelsen. Makroalgernes lysafhængighed er entydigt beskrevet ved parameteren k_{bio} , som er dokumenteret tæt koblet til lysforhold – en relation, som må forventes at være naturgiven, og derfor ikke forventes at have forandret sig fra en referenceperioden og til i dag. Under antagelse af, at referenceværdierne for ålegræs dybdeudbredelse er korrekte, så vil referenceværdier og klassegrænser for k_{bio} ligeledes være korrekte. DCE mener derfor, at makroalgeindikatorerne er retvisende.

4 Sammenfatning

En kritisk gennemgang af datagrundlaget og klassegrænser for beregning af makroalgeindikatorer har medført, at DCE vurderer, at de beregnede indikatorer ikke er retvisende for en række vandområder (Afsnit 2), som derfor ikke bør indgå i en samlet tilstandsvurdering. Dermed kan den økologiske tilstand for makroalger bestemmes for 25 vandområder (Tabel 4.1), hvoraf 2 vandområder vurderes at være i høj tilstand, 3 vandområder vurderes at være i god tilstand, 15 vandområder vurderes at være i moderat tilstand og 5 vandområder vurderes at være i ringe tilstand. Generelt er tilstanden for makroalger bedre i de åbne kystvand end i fjordene.

Tilstandsvurderingen er baseret på en teoretisk velfunderet model, som adskiller forskellige faktorer, som påvirker makroalgeudbredelsen. Det er ovenfor påvist, at eutrofieringsindikatoren k_{bio} bestemmes uafhængig af C_{max} , hvilket betyder, at bestemmelsen af k_{bio} ikke er påvirket af en eventuel ændring i C_{max} over tid. Hvorvidt C_{max} har ændret sig fra en referencesituation til i dag er dog uvist, men kan muligvis testes ved en detaljeret statistisk analyse af det historiske datamateriale (Høgslund et al. 2018). DCE vurderer, at det videnskabelige og modelmæssige grundlag for eutrofieringsindikatoren k_{bio} er robust, og at k_{bio} giver et retvisende billede af makroalgeudbredelse i forhold til lys, såfremt et tilstrækkeligt datagrundlag kan etableres.

Et tilstrækkeligt datagrundlag for at kunne bestemme k_{bio} kræver, at der er overvågningsdata fra dybder, hvor udbredelsen af makroalger er lysbegrænset. Præcisionen på k_{bio} afhænger af antallet af observationer, der afspejler en lysbegrænsning. Ud fra kriterier om en ønsket præcision af k_{bio} , er det muligt at udregne et minimum antal observationer fra den lysbegrænsede del af vandsøjlen. Det anbefales derfor

- At fastlægge krav til præcisionen på k_{bio} .
- At gennemgå det eksisterende overvågningsprogram for at identificere transekter, som opfylder krav om observationer på dybder, hvor der optræder lysbegrænsning.
- At afsøge muligheden for nye transekter med forekomster af makroalger på dybder med udpræget lysbegrænsning.
- At vurdere den rumlige repræsentativitet af transekternes rumlige fordeling.
- At vurdere behovet for et minimum antal transekter.

Tabel 4.1. Parameter estimatet for k_{bio} for kumulativ dækning og antallet af flerårige arter med tilhørende tilstand på basis af grænseværdierne i Carstensen (2020). Sidste kolonne angiver den samlede tilstandsvurdering for makroalger ved aggregering af de to indikatorer. #NA: k_{bio} kunne ikke bestemmes. #NS: k_{bio} var ikke signifikant ($P > 0.01$). Tabellen er en opdateret udgave af Bilag 1, efter kritisk gennemgang af datagrundlaget for de enkelte vandområder (Afsnit 2). EQR værdierne har farvekode i henhold til Vandrammedirektivet: Blå=høj, grøn=god, gul=moderat, orange=ringe og rød=dårlig.

Type	Vandområde	Kumulativ dækning		Antal flerårige arter		Samlet
		k_{bio}	EQR	k_{bio}	EQR	EQR
T.5	Østersøen, Bornholm	0.162	0.886	#NA		0.886
T.5	Østersøen, Christiansø ¹	0.435	0.315	#NS		0.315
T.9	Smålandsfarvandet, syd	0.309	0.596	0.554	0.329	0.463
T.10	Horsens Fjord, indre ¹	0.746	0.215	#NA		0.215
T.10	Horsens Fjord, ydre	#NA		#NA		
T.12	Hjelm Bugt	#NS		#NS		
T.12	Køge Bugt ¹	#NA		0.181	0.712	0.712
T.13	Det sydfynske Øhav	#NA		0.257	0.396	0.396
T.13	Lillebælt, Bredningen	0.253	0.440	0.208	0.494	0.467
T.14	Rødsand og Bredningen	0.343	0.714	0.293	0.777	0.749
T.17	Isefjord, indre	0.469	0.532	0.498	0.451	0.492
T.17	Isefjord, ydre	0.286	0.590	0.399	0.388	0.492
T.17	Roskilde Fjord, ydre	#NA		#NA		
T.20	Djursland Øst	0.255	0.490	0.187	0.591	0.542
T.20	Grønsund ¹	0.740	0.189	0.408	0.275	0.232
T.20	Jammerland Bugt og Musholm Bugt	#NS		#NA		
T.20	Kalundborg Fjord ¹	#NS		0.167	0.635	0.635
T.20	Nordlige Øresund	0.288	0.530	0.301	0.457	0.493
T.20	Storebælt, NV	0.229	0.540	#NS		0.540
T.21	Kattegat, Læsø	0.251	0.518	0.176	0.688	0.603
T.21	Kattegat, Nordsjælland	0.145	0.762	#NA		0.762
T.21	Kattegat, Nordsjælland >20 m	0.146	0.837	#NA		0.837
T.21	Nordlige Kattegat, Ålbæk Bugt	0.232	0.426	0.175	0.526	0.478
T.22	Ebeltoft Vig	#NA		#NA		
T.22	Kalø Vig	#NA		#NS		
T.22	Langelandssund	0.225	0.592	#NA		0.592
T.22	Sejerø Bugt	0.165	0.580	0.156	0.563	0.574
T.22	Smålandsfarvandet, åbne del ¹	0.205	0.680	0.133	1.000	0.834
T.22	Vejle Fjord, ydre	0.251	0.522	0.246	0.486	0.504
T.22	Århus Bugt og Begtrup Vig	#NA		#NA		
T.22	Århus Bugt syd, Samsø og Nordlige Bælthav	0.259	0.424	0.200	0.514	0.469
T.23	Als Fjord	0.304	0.394	0.250	0.445	0.423
T.23	Flensborg Fjord, indre	0.373	0.387	0.363	0.370	0.388
T.23	Flensborg Fjord, ydre	0.183	0.544	0.155	0.578	0.563
T.23	Lillebælt, syd ¹	0.162	0.992	#NS		0.992
T.23	Åbenrå Fjord	0.237	0.410	0.378	0.255	0.334
T.27	Roskilde Fjord, indre	0.803	0.346	0.662	0.371	0.359
T.28	Vejle Fjord, indre	0.552	0.329	#NS		0.329
T.31	Odense Fjord, ydre	0.564	0.397	0.475	0.434	0.426
T.36	Haderslev Fjord ¹	0.664	0.297	#NA		0.297

¹ Tilstandsvurdering er ikke foretaget på baggrund af estimaterne for k_{bio} , da det vurderes, at datagrundlaget eller klassegrænser er utilstrækkeligt.

5 Referencer

Carstensen, J. (2020). Macroalgae indicators for assessing ecological status in Danish WFD water bodies. Teknisk Rapport 170 fra DCE, Aarhus Universitet. <https://dce2.au.dk/pub/TR170.pdf>

Høgslund, S., Carstensen, J., Krause-Jensen, D. (2018). Historiske observationer af ma-kroalger og andre blomsterplanter end ålegræs i danske kystområder. Notat fra DCE. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2018/Historiske_observationer_af_makroalger.pdf

Timmermann, K., Christensen, J.P.A., Erichsen, A. (2020). Referenceværdier og grænseværdier for ålegræsdybdegrænser til brug for vandområdeplanerne. Videnskabelig rapport 390 fra DCE, Aarhus Universitet. <https://dce2.au.dk/pub/SR390.pdf>

Bilag 1

Udkast til VRD status for makroalger

Tabel: Parameter estimatet for k_{bio} for kumulativ dækning og antallet af flerårige arter med tilhørende tilstand på basis af grænseværdierne i Carstensen (2020). Sidste kolonne angiver den samlede tilstandsvurdering for makroalger ved aggregering af de to indikatorer. #NA: k_{bio} kunne ikke bestemmes. #NS: k_{bio} var ikke signifikant ($P > 0.01$).

Type	Vandområde	Kumulativ dækning		Antal flerårige arter		Samlet
		k_{bio}	EQR	k_{bio}	EQR	EQR
T.5	Østersøen, Bornholm	0.162	0.886	#NA		0.886
T.5	Østersøen, Christiansø ¹	0.435	0.315	#NS		0.315
T.9	Smålandsfarvandet, syd	0.309	0.596	0.554	0.329	0.463
T.10	Horsens Fjord, indre	0.746	0.215	#NA		0.215
T.10	Horsens Fjord, ydre	#NA		#NA		
T.12	Hjelm Bugt	#NS		#NS		
T.12	Køge Bugt	#NA		0.181	0.712	0.712
T.13	Det sydfynske Øhav	#NA		0.257	0.396	0.396
T.13	Lillebælt, Bredningen	0.253	0.440	0.208	0.494	0.467
T.14	Rødsand og Bredningen	0.343	0.714	0.293	0.777	0.749
T.17	Isefjord, indre	0.469	0.532	0.498	0.451	0.492
T.17	Isefjord, ydre	0.286	0.590	0.399	0.388	0.492
T.17	Roskilde Fjord, ydre	#NA		#NA		
T.20	Djursland Øst	0.255	0.490	0.187	0.591	0.542
T.20	Grønsund	0.740	0.189	0.408	0.275	0.232
T.20	Jammerland Bugt og Musholm Bugt	#NS		#NA		
T.20	Kalundborg Fjord	#NS		0.167	0.635	0.635
T.20	Nordlige Øresund	0.288	0.530	0.301	0.457	0.493
T.20	Storebælt, NV	0.229	0.540	#NS		0.540
T.21	Kattegat, Læsø	0.251	0.518	0.176	0.688	0.603
T.21	Kattegat, Nordsjælland	0.145	0.762	#NA		0.762
T.21	Kattegat, Nordsjælland >20 m	0.146	0.837	#NA		0.837
T.21	Nordlige Kattegat, Ålbæk Bugt	0.232	0.426	0.175	0.526	0.478
T.22	Ebeltoft Vig	#NA		#NA		
T.22	Kalø Vig	#NA		#NS		
T.22	Langelandssund	0.225	0.592	#NA		0.592
T.22	Sejerø Bugt	0.165	0.580	0.156	0.563	0.574
T.22	Smålandsfarvandet, åbne del	0.205	0.680	0.133	1.000	0.834
T.22	Vejle Fjord, ydre	0.251	0.522	0.246	0.486	0.504
T.22	Århus Bugt og Begtrup Vig	#NA		#NA		
T.22	Århus Bugt syd, Samsø og Nordlige Bælthav	0.259	0.424	0.200	0.514	0.469
T.23	Als Fjord	0.304	0.394	0.250	0.445	0.423
T.23	Flensborg Fjord, indre	0.373	0.387	0.363	0.370	0.388
T.23	Flensborg Fjord, ydre	0.183	0.544	0.155	0.578	0.563
T.23	Lillebælt, syd	0.162	0.992	#NS		0.992
T.23	Åbenrå Fjord	0.237	0.410	0.378	0.255	0.334
T.27	Roskilde Fjord, indre	0.803	0.346	0.662	0.371	0.359
T.28	Vejle Fjord, indre	0.552	0.329	#NS		0.329
T.31	Odense Fjord, ydre	0.564	0.397	0.475	0.434	0.426
T.36	Haderslev Fjord	0.664	0.297	#NA		0.297

¹Parameter estimatet for k_{bio} er baseret på kun 4 observationer, på trods af at det er signifikant. Men estimatet vurderes urealistisk sammenlignet med området omkring Bornholm og bør derfor ikke bruges til tilstandsvurdering.

Bilag 2

Excel fil 'Classification VP3 v4.xlsx'

Filen indeholder følgende ark:

- 'plots', som indeholder figurer for makroalgeobservationer sammenholdt med de estimerede modeller og figurer, som viser sandsynlighedsfordelingen for k_{bio} mellem de 5 forskellige tilstandsklasser.
- 'dist_combine3', som indeholder sandsynlighedsfordelingerne for k_{bio}
- 'simul_Nartex', som indeholder dybdegradienten for antallet af flerårige arter simuleret med den estimerede model
- 'parmest_NL_Nperennialex', som indeholder parameter estimater for modellen for antallet af flerårige arter
- 'simul_kumdaekex', som indeholder dybdegradienten for kumulativ dækning simuleret med den estimerede model
- 'parmest_NL_kumdaekex', som indeholder parameter estimater for modellen for kumulativ dækning
- 'Makroalger VP3', som indeholder udtræk fra ODA med kumulativ dækning, antal flerårige arter samt en række andre støtteparametre

Bilag 3

Bestilling til DCE

Spørgsmål og kommentarer til de nye makroalgeindikatorer og deres anvendelse i relation til tilstandsvurderinger i VOP3

Miljøstyrelsen ønsker AU's svar på flere spørgsmål og kommentarer relateret til de nye makroalgeindikatorer, hhv. 'k_{bio} for kumuleret dækningsgrad af flerårige makroalger' og 'k_{bio} for antallet af flerårige makroalgearter'. Spørgsmålene relaterer sig både til det faglige grundlag for de udviklede indikatorer, som de er beskrevet i TR170¹, og datagrundlaget og de vurderinger, der ligger til grund for de foreløbige makroalgetilstandsvurderinger for perioden 2014-2019, som også er beregnet af AU.

1) Er det sikret, at de beregnede tilstandsvurderinger har tilstrækkelig sikkerhed og præcision til at kunne indgå i tilstandsvurderinger for kystvandene i de kommende Vandområdeplaner?

I de af AU beregnede tilstandsvurderinger baseret på makroalgeindikatorerne, og fremsendt til MST d. 26-08-2020, er makroalgeindikatorerne anvendt til tilstandsbedømmelse for 32 kystvande. Et nærmere kig på datagrundlaget viser dog, at der for flere af vandområderne kun er yderst sparsomt datagrundlag.

På baggrund heraf ønsker MST en kritisk gennemgang af det forhåndenværende datagrundlag for perioden 2014-2019, med henblik på at sikre, at de beregnede tilstandsvurderinger har tilstrækkelig sikkerhed og præcision til at kunne indgå i tilstandsvurderinger for kystvandene i de kommende Vandområdeplaner.

MST har noteret sig problemer i nedenstående vandområder, men ønsker det fulde datagrundlag i alle vandområder gennemgået i relation til denne problematik.

Vandområde	ID	Kommentar
Smålandsfarvandet, syd	34	I "Smålandsfarvandet, syd" er tilstandsvurderingen baseret på 1 makroalge-transekt, som ydermere ikke er repræsentativt for vandområdet?!. Derudover indgår relativt få datapunkter i estimeringen af k _{bio} , som måske derfor ikke er retvisende for en tilstandsklassifikation af vandområdet?!.
Grønsund	45	Datagrundlaget for Grønsund er - med kun 28 observationer og kun fra en undersøgelse i 2018 - meget sparsomt, og må være i underkanten i forhold til at kunne beregne en retvisende makroalgetilstand. Dertil kan oplyses at der ikke længere er makroalgeovervågning i Grønsund fordi MST har vurderet, at der ikke er nok områder med egnet substrat, til at gennemføre en meningsfuld makroalgeovervågning.
Haderslev Fjord	106	Datagrundlaget for Haderslev Fjord er - med kun 24 observationer - meget sparsomt, og må være i underkanten i forhold til at kunne beregne en retvisende makroalgetilstand. Dertil kommer at kumulativ dækningsgrad og antal arter ikke aftager markant indenfor det dybdeinterval, hvor der er data, hvorfor K _{bio} må være relativt usikkert bestemt. Derudover kan oplyses at der ikke længere er makroalgeovervågning under NOVANA i Haderslev Fjord, fordi MST har vurderet, at

¹ Carstensen, J., 2020. Macroalgae indicators for assessing ecological status in Danish WFD water bodies. Technical Report 170 from DCE, Aarhus University.

		der ikke er nok områder med egnet substrat, til at gennemføre en meningsfuld makroalgeovervågning.
Horsens Fjord, indre	128	Der er kun få tilgængelige data i Horsens Fjord (et transekt undersøgt i 2014, 2015 og 2016), og der er kun ganske få datapunkter, som indikerer at der er et fald i henholdsvis kumulativ dækningsgrad og antallet af flerårige arter med dybden, og som dermed er dimensionsgivende for k_{bio} . Tilstandsvurderingen må derfor være behæftet med stor usikkerhed!? Dertil kan oplyses at der ikke længere er makroalgeovervågning i Horsens Fjord, indre. Makroalgeovervågningen er indstillet idet det vurderes, at der ikke er nok områder med egnet substrat, til at gennemføre en meningsfuld makroalgeovervågning.
Køge Bugt	201	Datagrundlaget for Køge Bugt er - med kun 5 observationer alle fra den samme undersøgelse i 2015 - meget sparsomt, og må være i underkanten i forhold til at kunne beregne en retvisende makroalgetilstand. Dertil kan oplyses at der ikke længere er makroalgeovervågning i Køge Bugt. Makroalgeovervågningen er indstillet idet det vurderes, at der ikke er nok områder med egnet substrat, til at gennemføre en meningsfuld makroalgeovervågning.

2) Er datagrundlaget gennemgået med henblik på at sikre, at de beregnede tilstandsvurderinger er repræsentative for det enkelte kystvand og dermed angiver en retvisende eutrofieringstilstand for kystvandet som hele?

MST har for enkelte vandområder kigget på datagrundlaget for makroalgeindikatorerne, og konstaterer i flere tilfælde, at det reelt set kun er få datapunkter fra et transekt som er udslagsgivende for beregningen af makroalgetilstanden, selv om datagrundlaget består af mange data fra flere makroalgetransekter.

På baggrund heraf ønsker MST en kritisk gennemgang af det forhåndenværende datagrundlag for perioden 2014-2019, med henblik på at sikre, at de beregnede tilstandsvurderinger er retvisende for eutrofieringstilstanden i hvert enkelt kystvand, og med rette kan indgå i den samlede tilstandsvurdering.

MST har noteret sig problemstillinger i nedenstående vandområder, men ønsker det fulde datagrundlag i alle vandområder gennemgået i relation til denne problematik.

Vandområde	ID	Kommentar
Kalundborg Fjord	29	Det er kun den ene makroalgeindikator - k_{bio} for antal flerårige arter - som er beregnet for Kalundborg Fjord. Et kig på datagrundlaget viser, at det er meget svært at se et fald i antallet af arter med dybden, som er nødvendigt for at beregne K_{bio} . Det må vel betyde at K_{bio} for Kalundborg Fjord og dermed tilstandsvurderingen for makroalger er associeret med meget stor usikkerhed, eller?!
Smålandsfarvandet, åbne del	206	Der indgår data fra 8 transekter og i omegnen af 400 individuelle observationer i makroalge-tilstandsvurderingen for Smålandsfarvandet, åbne del. Det bør dog vurderes om tilstandsvurderingen er reel, idet det kun er 3 observationer fra 1 transekt ud af 8, der indikerer dybde makroalgeforekomster. Det er dermed dette ene transekt - som er placeret i den åbne del af Smålandsfarvandet, åbne del, som entydigt

		kommer til at definere makroalgetilstanden, mens makroalgedata fra de mere kystnære dele af vandområdet ikke vægtes ligeligt.
Lillebælt, syd	216	Der indgår data fra 3 transekter i tilstandsvurderingen - to af de tre transekter indeholder kun data til 7 m's dybde og det sidste transekt har datadækning ned til 14 m's dybde. Det er således kun en svag aftagende tendens på 1 transekt der er udslagsgivende for makroalgetilstanden i Lillebælt, syd.

3) Har AU sikret sig, at den grundlæggende model til beregning af makroalgeindikatorer og særligt metoden til beregning af reference- og klassegrænser for makroalgeindikatorerne er retvisende?

Herunder:

3-a) Er det rimeligt at antage, at det maksimale antal af flerårige makroalgearter indenfor det enkelte kystvand er den samme i dag som i en referencesituation? Et omfattende historiske observationsmateriale stiller spørgsmål ved gyldigheden af denne antagelse, idet dette materiale indikerer, at der historisk set var langt flere arter end i dag.

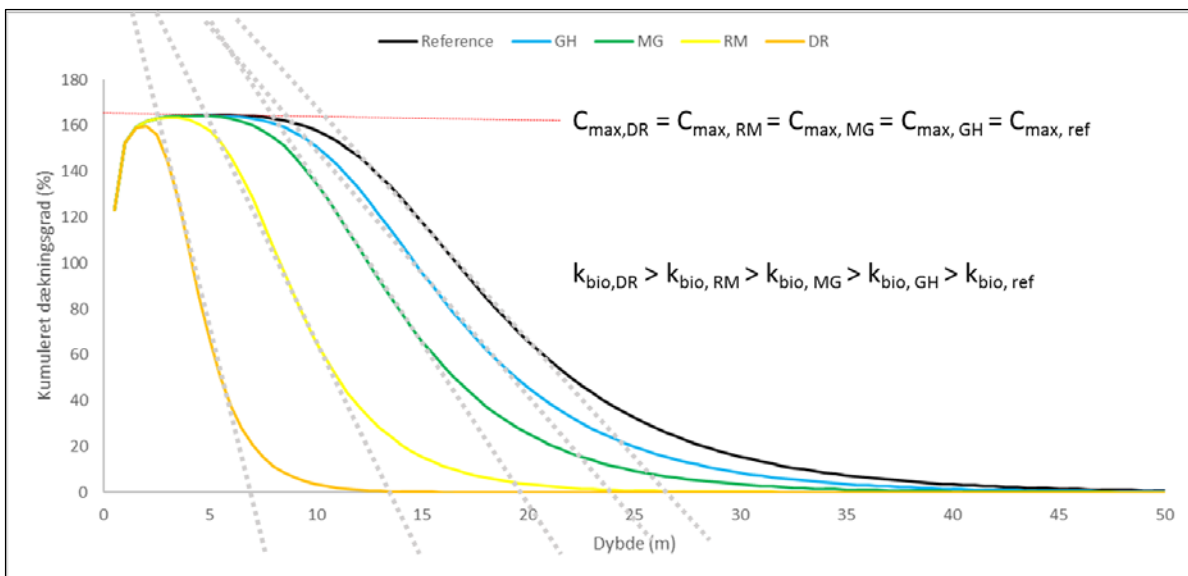
3-b) Er det rimeligt at antage, at den maksimalt opnåelige kumulerede dækningsgrad af flerårige makroalger indenfor det enkelte kystvand er den samme i dag som i en referencesituation?

Den grundlæggende model, som er anvendt til at beskrive den kumulative dækningsgrad og artsantallet af flerårige makroalger med dybden antager, at makroalgeudbredelsen på lavt vand begrænses af graden af fysisk eksponering (bølger), mens makroalgeudbredelsen på dybt vand aftager i takt med at lyset aftager. Dertil indgår også græsningstryk fra Søpindsvin i udtrykket, som beskriver dybdefordelingen af makroalger.

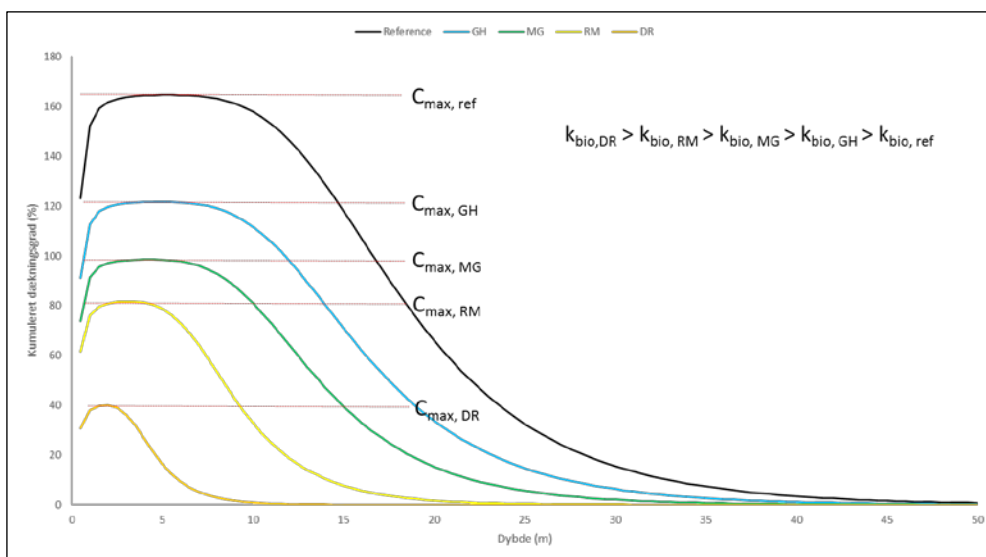
I modellen indgår vandområdespecifikke konstanter C_{\max} og k_{bio} , hvor C_{\max} beskriver den maksimalt opnåelige værdi for hhv. kumulativ dækningsgrad og antal arter i et vandområde, mens k_{bio} er en eksponentiel henfaldskoefficient, som beskriver hastigheden hvormed den kumulative dækningsgrad og antallet af arter aftager med dybden. Det er k_{bio} , der efterfølgende foreslås anvendt som eutrofieringsindikator.

I rapporten TR170 demonstreres, at den valgte model er i stand til at beskrive den gennemsnitlige dybdefordeling af hhv. kumulativ dækningsgrad og antallet af arter baseret på aktuelle data fra danske vandområder (2007-2018). Derudover angives en metode til beregning af referenceværdier og klassegrænser for K_{bio} , som baserer sig på, at ålegræsreferenceværdier omsættes til en reference- k_{bio} , ved at anvende en global model, som beskriver sammenhængen mellem lysekstinktionskoefficienten k_d og k_{bio} for danske vandområder. Klassegrænser for k_{bio} beregnes herefter ved at anvende de samme EQR-værdier, som anvendes for ålegræs.

En grundlæggende antagelse for beregningen af referenceværdier og klassegrænser for k_{bio} er dog, at C_{\max} - dvs. konstanten der beskriver den maksimale dækningsgrad af flerårige makroalger og det maksimale antal af flerårige makroalger - er den samme i dag som i en referencesituation. Den grundlæggende konceptuelle model ser altså således ud:



MST stiller dog spørgsmål ved, om det er rimeligt at antage at C_{\max} er den samme i dag som i en referencesituation. Et kig ned i det historiske datamateriale for makroalger, oparbejdet af AU og præsenteret i notat fra DCE i 2018² indikerer fx, at der for nogle vandområder var meget højere artsantal for 50-100 år siden sammenlignet med i dag. Hvis dette er korrekt, må det være nødvendigt at korrigere måden hvorpå referenceværdier for k_{bio} beregnes. Modellen bør i så fald være i stand til at beskrive følgende situation:



MST ønsker en entydig redegørelse for spørgsmål 3, 3-a og 3-b og på baggrund af disse svar en redegørelse for om AU vurderer, om metoden til beregning af referenceværdier og klassegrænser for k_{bio} er tilstrækkeligt retvisende eller om metoden bør modificeres i lyset af omhandlede problematik.

² Høgslund S, Carstensen J, Krause-Jensen D, 2018. Historiske observationer af makroalger og andre blomsterplanter end ålgræs i danske kystområder. Notat fra DCE.