

Forslag til revidering af algeovervågningsområder i muslingebekendtgørelsen

Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 13. september 2017
Rev. 21. september 2017¹

Forfattere: Hans H Jakobsen og Christian Mohn

Institut for Bioscience

Rekvirent: Fødevarestyrelsen
Antal sider: 23

Faglig kommentering: Mikkel Tamstorf

Kvalitetssikring, DCE: Kirsten Bang

1: Fejl i tabel 3.4 er rettet.



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

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

Indhold

1	Introduktion	3
2	Metode	4
3	Modelanalyser	6
4	Anbefaling	8
	4.1.1 Nordlige Kattegat	8
	4.1.2 Jyllands østkyst	9
	4.1.3 Nord- og Vestsjælland	10
	4.1.4 Sydsjælland	11
	4.1.5 Samsø og Sydøstkategat	13
	4.1.6 Kattegat	14
	4.1.7 Øresund	15
	4.1.8 Østlige del af Nordsøen og Vadehavet	17
	4.1.9 Limfjorden	18
5	Referencer	20
	Appendiks 1: Projektbeskrivelse fra Fødevarestyrelsen	21
	Appendiks 2: Erhvervets forslag til reviderede algeområder i Limfjorden	22
	Appendiks 3: Forslag til reviderede algeområder i A10	23

1 Introduktion

Fødevarestyrelsen har anmodet DCE, AU om et forslag til revision af eksisterende algeområder, der fastlægges indenfor allerede eksisterende produktionsområder.

Dette notat fremlægger forslag til nye algeovervågningsområder for hele Danmark. Et algeområde er et afgrænset område, der er defineret som "homogene i forhold til forekomst af toksiske alger under hensyntagen til den hydrografiske dynamik" - se projektbeskrivelsen forfattet af Fødevarestyrelsen i Appendiks 1. Et algeområde definerer således et afgrænset prøvetagningsområde, hvor der udtages prøver for toksiske alger ifølge lov om fødevarer, jf. lovbekendtgørelse nr. 467 af 15. maj 2014, som angivet i bekendtgørelse om muslinger m.m.¹

Det skal bemærkes, at der sammen med bestillingen til nærværende notat, var indgivet forslag fra erhvervet til inddeling af algeovervågningsområder, som er medtaget i vurderingen.

Toksiske algers udbredelse og artssammensætning er dynamisk og rumligt heterogen i det vertikale plan (dybden) og horisontalt. Den oceanografiske hydrodynamik spiller en central rolle i den komplekse rumlige og tidsmæssige variabilitet, da havstrømme og havets omrøring styrer både vækst og sammensætning af phytoplankton og fører til transport og spredning af fytoplanktonceller.

Forslaget til nye algeovervågningsområder tager udgangspunkt i en kortlægning af de generelle oceanografiske karakteristika mht. vandbevægelse af overfladevandet. Et algeområde dækker vandområder, der er homogene, i forhold til vækst og forekomst af toksiske alger. De enkelte algeovervågningsområder er fastlagt ud fra en vurdering af opholdstiden af en alge i et givent modelområde, baseret på en matematisk modellering af overfladehastighed af vandbevægelser

Det betyder at vurderingen er tilvejebragt ud fra eksisterende modeller og der tages forbehold for lokale faktorer, som DCE ikke har forudgående kendskab til.

De anvendte modeller beregner en tilnærmet opholdstid, hvori en alge, kan opholde sig i et givent område, for derved at vurdere de tidslige forhold der knytter sig til et givent algeovervågningsområde.

¹ <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=173969#id080b9931-3db0-4324-960b-be1f585357>

2 Metode

Modeller

Analysen er baseret på data om havvandets hastigheder fra to forskellige kilder, 3D HBM (HIROMB-BOOS) Østersøen ocean model (She et al. 2007) og 3D FOAM AMM7 (Forecasting Ocean Assimilation Model 7km Atlantic Margin Model) Nordsøen ocean model (Madec, 2008). Begge modeller giver oplysninger om de fysiske forhold i Østersøen (HBM) og Nordsøen (FOAM). HBM-modellen har en beregningsmæssig opløsning på 1x1 sømil (ca. 2x2 km) i op til 25 dybde-niveauer. Modellen dækker Østersøen, herunder de danske farvande (Bælthavet, Kattegat og Skagerrak). FOAM-modellen har en opløsning på 7x7 km i op til 24 dybde-niveauer. Modellen dækker hele Nordsøen og store dele af Nordøst Atlanterhavet øst for 20°V mellem 40° og 65° N.

Advektiv tidsskala

Datasættet anvendt i dette notat repræsenterer havvandets hastigheder for året 2015 og 2016 (baseret på daglige middelværdier) indhentet fra Copernicus Marine miljøovervågningstjeneste (<http://marine.copernicus.eu/>). Daglige middelværdier blev ekstraheret inden for de øverste 3-5 meters vanddybde, og antages at repræsentere forhold i vandsøjlets øverste fotiske zone² i indre danske farvande og østlige Nordsø. Dybder er valgt som et kompromis, da de anvendte modeller ikke tilbyder sammenfaldende dybdeintervaller.

En to-årsmedian og standardafvigelse af havvandets hastigheder blev beregnet af alle daglige gennemsnit for 2015 og 2016. Derefter blev forholdet mellem modelgitterets størrelse divideret med havvandets hastighed beregnet som den advektive tidsskala *at* (ligning 1) for hver model.

$$at = \frac{L}{U} \quad \text{ligning 1}$$

Hvor L angiver størrelsen på modelgitteret og U er havvandets hastighed. Udtrykket advektiv tidsskala (*at*) svarer til opholdstiden af en algecelle i et givent kvadratisk modelgitter:

Model	at (time)
HBM	L = 2 km, U = havvandets hastighed i et modelgitter (m/s)
FOAM AMM7	L = 7 km, U = havvandets hastighed i et modelgitter (m/s)

at beskriver således tiden en algecelle, er om at rejse en bestemt længdeenhed (2 km i Kattegat og indre danske farvande og 7 km i østlige Nordsø og Vadehavet).

Derfor er den advektive tidsskala afhængig af længde af hvert modelgitter og havvandets hastighed.

² Den fotiske zone er den maksimale dybde, hvor der er tilstrækkeligt lys til at planteplankton, herunder giftige alger, kan vokse.

Det betyder også, at den advektive tidsskala er mere variabel i større modelgitre og bør derfor kun bruges som et relativt mål for høje eller lave opholdstider af alger i et givet område. De enkelte algeområder fastlægges derfor ud fra en kvalitativ vurdering af standardafvigelse af havvandets hastigheder og advektive tidsskalaer, for at identificere områder der er separeret af oceanografiske karakteristika. Dette gøres under hensyntagen til skillefladen mellem høj og lav standardafvigelse, og under hensyn til at der over større havområder med lav vandbevægelse er en risiko for at der opstå lokale algeopblomstringer.

3 Modelanalyser

Det skal understreges, at modelanalysen ikke tager højde for årstidsvariation. Da oceanografien i forskellige områder, kan afvige betydeligt fra årsgennemsnittet, f.eks. på grund af sæsonændringer eller (på meget kortere tidsskalaer) stærke vindhændelser. I stedet tilstræbes det at fastlægge algeområder, der vurderes at repræsentere et gennemsnitligt homogent havområde.

Transporten forgår langs med pilene på *figur 1.1.* og *figur 1.2.* Den advektiv tidsskalaer har enheden timer. Områder med høj advektiv tidsskala indikerer lavere rejsetider (længere opholdstider) af en algecelle og *vice versa*.

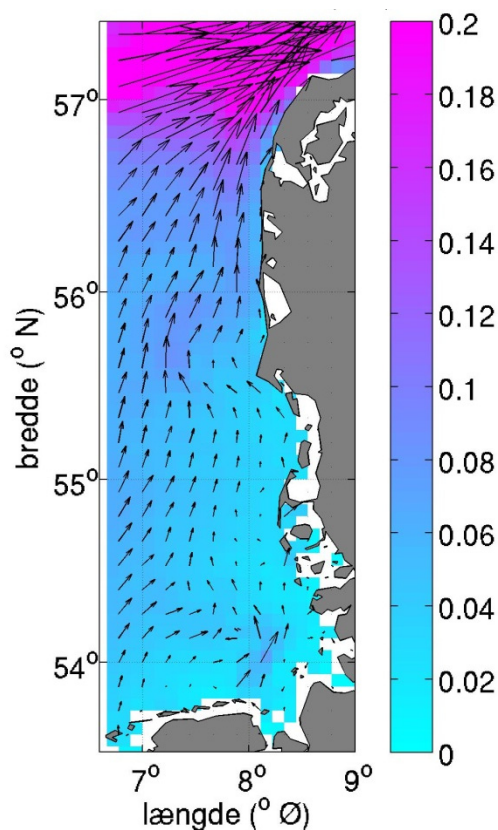
Modelgitre, der fremtræder som homogene eller med næsten ensartede vilkår med hensyn til strøm og opholdstid med de omkringliggende modelgitre, er efter vurdering samlet som algeovervågningsområder.

Da der ikke findes tilstrækkelige modeldata for Limfjorden til en forsvarlig analyse, tages der i Limfjorden derfor udgangspunkt i erhvervets eget forslag til inddeling af algeområder (appendiks 2).

FOAM modellen

Algeområderne i den østlige del af Nordsøen og Vadehavet er baseret på data fra FOAM AMM7 modellen, og overfladehastighed i de øverste 3 meter i området er beregnet som et gennemsnit for årene 2015 og 2016 (*figur 1.1*). Vandbevægelsen i den østlige del af Nordsøen og Vadehavet er overvejende nordlig. Hastigheden intensiveres fra svag $<0,05$ m/s i Vadehavet til kraftig nordgående strøm med hastigheder $>0,2$ m/s i det nordlige Jylland og i Skagerrak

Figur 1.1. Bevægelsesretningen af overfladevandet i østlige Nordsøen og Vadehavet beregnet som et årsgennemsnit af daglige middelværdier for årene 2015 - 2016. Pilene angiver retningen af strømninger og farveskalaen angiver hastigheden (meter per sekund). Modelopløsning: 7 km.

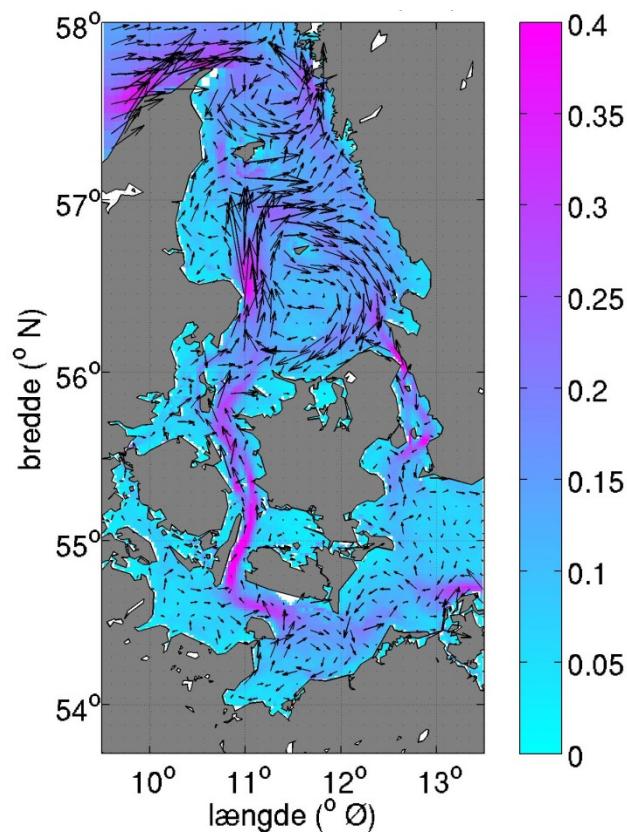


HBM modellen

I det andet modelområde (*figur 1.2*) er havvandets gennemsnitlige hastighed beregnet for vandsøjleens øverste 5 m i Kattegat og indre danske farvande med HBM-modellen. HBM-modellen angiver en stabil roterende bevægelse med uret i de øverste 5 meter i Kattegat, med centrum af den cirkulerende bevægelse centralt omkring Anholt.

I de smallere sunde, Storebælt og Øresund, bevæger havstrømmene sig generelt nordpå. Der er en udtalt månedlig variation i havstrømmene, i særdeleshed i Storebælt og Øresund, hvor strømmen periodisk vender i den modsatte retning i løbet af året og bevæger sig mod syd. De højeste gennemsnitlige strømhastigheder for perioden 2015 og 2016 ($> 0,4$ m/s) findes i den vestlige del af Kattegat (ud for Djursland), i Storebælt og i den nordlige del af Øresund (*figur 1.2*). Der er også her en stor månedlig variabilitet med lavere hastigheder i foråret og om sommeren, og højeste hastigheder af havvandet i efteråret og den tidlige vinter (oktober-december), hvor værdier over 1 m/s ikke er usædvanlige. Korte opholdstider findes i det centrale Kattegat sydvest for Læsø sammenfaldende med den generelle roterende havstrøm. I Storebælt og i Øresund findes der ligeledes korte opholdstider. I disse områder kan det forventes, at alger spredes hurtigere end steder med lang opholdstid. Mere stillestående områder, med længere opholdstider, findes i de åbne farvande i det østlige Kattegat syd for Anholt, i de beskyttede kystområder langs med Sjællands vestkyst, såvel som kyst- og fjordområder omkring Århus Bugt og syd herfor (*figur 1.2.*).

Figur 1.2. Bevægelsesretningen af overfladevandet i Kattegat og Belthavet. Beregnet som et års-gennemsnit af daglige middelværdier for årene 2015 -2016. Pilene angiver retningen af strømninger og farveskalaen angiver hastigheden (meter per sekund). Modelopløsning: 2 km.

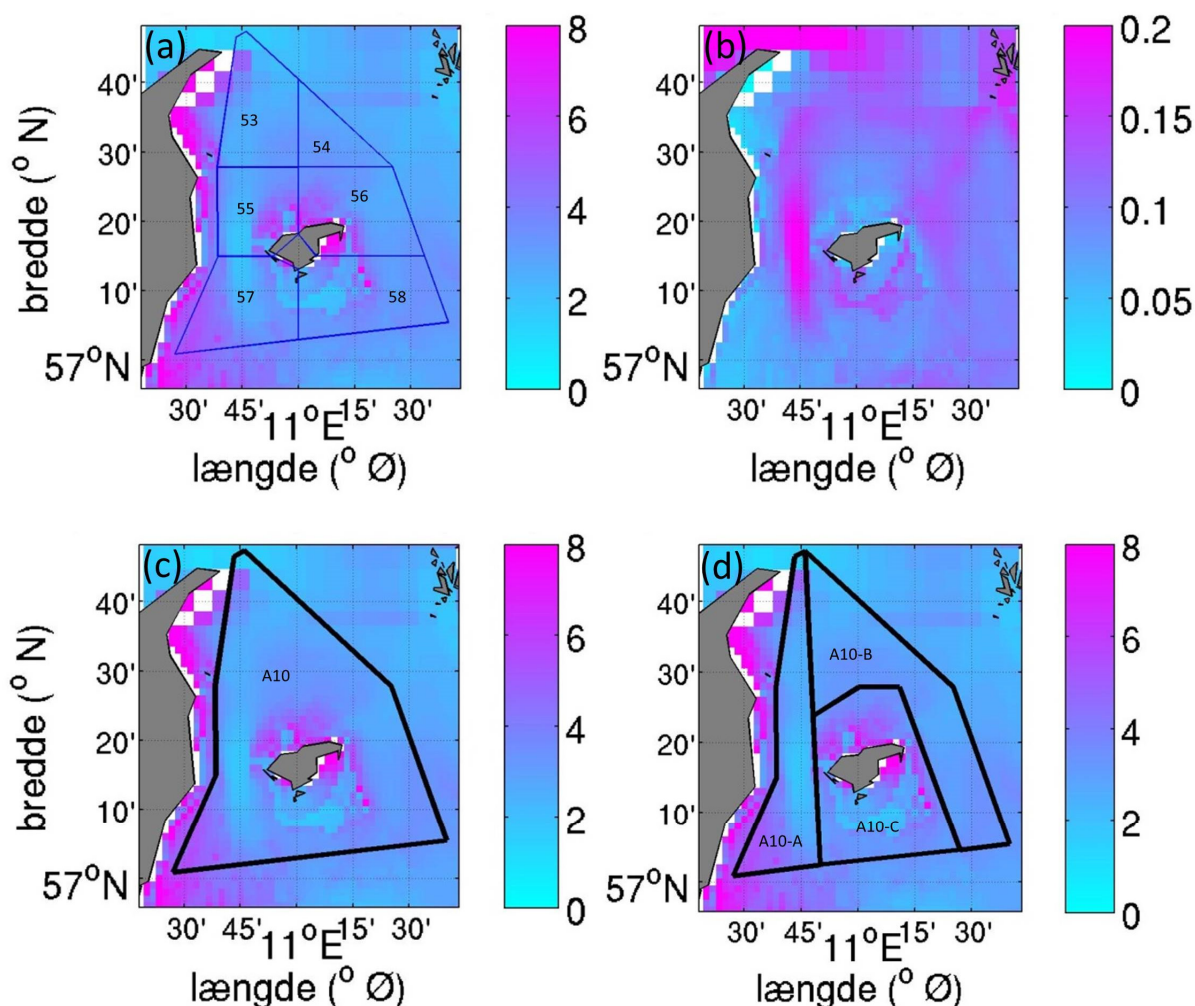


4 Anbefaling

På baggrund af nærværende modelanalyser og erhvervets egne forslag foreslås nedenstående revision, hvor DCE i flere tilfælde har valgt at fastholde eksisterende algeovervågningsområder, da de modelbestemte advective tidsskalaer ikke retfærdiggør en yderligere opdeling.

4.1.1 Nordlige Kattegat

Det nordlige Kattegat er præget af generelt opblandet vandsøjle med relativt høje standardafvigelser på havvandets hastigheder r og korte advective tidsskalaer nord og vest for Læsø (figur 1.2 og figur 3.1 a, b). I umiddelbar nærhed af Læsø er strømmene svagere og mindre variable, hvilket resulterer i signifikant forøgede advective tidsskalaer. For tilstrækkeligt at imødekomme disse forskelle anbefaler DCE at opdele det eksisterende algeområde A10 i tre separate områder med en ny afgrænsning, som delvist afviger fra afgrænsningen af de eksisterende produktionsområder (figur 3.1 c, d tabel 3.1, tabel 6.1). De eksakte positioner er angivet i appendiks 3.



Figur 3.1. Kattegat nord. (a) Den advective tidsskala beregnet vha HBM modellen. Enheden er timer per modelgitter. Lys blå angiver laveste advective tidsskalaer og violet højeste advective tidsskalaer. Blå linjer afgrænser de nye produktionsområder. (b) Standardafvigelse af havvandets hastigheder. Lys blå angiver lav variabilitet af strømning og violet høj variabilitet. (c) Advective tidsskala med afgrænsning af eksisterende algeovervågningsområder (sorte linjer). (d) Advective tidsskala med afgrænsning af anbefalede algeovervågningsområder (sorte linjer).

Tabel 3.1 Inddeling af eksisterende algeområder for Nordlige Kattegat med tilhørende produktionsområder. Kolonner markeret med grå baggrund indikerer anbefalede reviderede inddelinger.

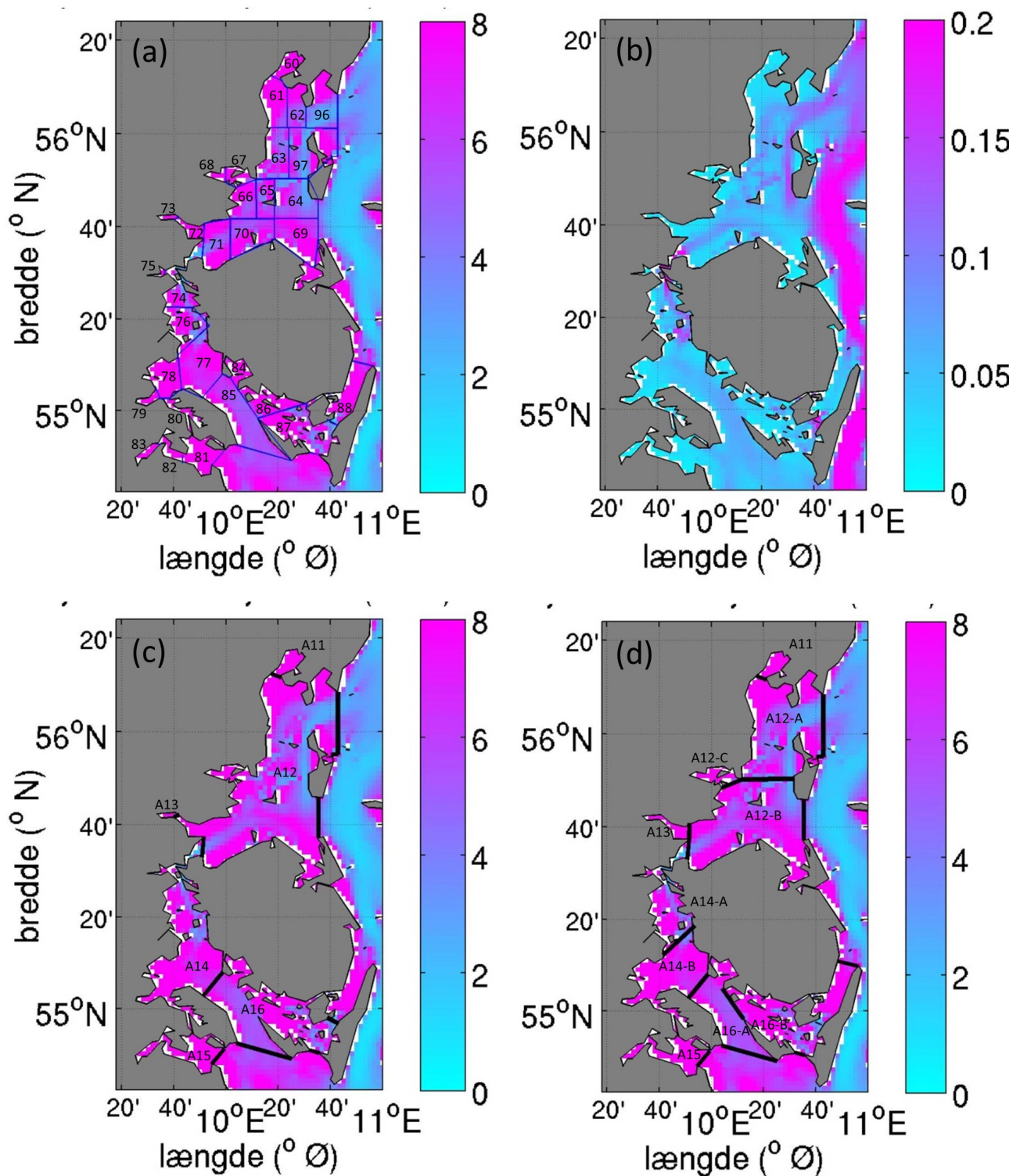
Områdenummer (eksisterende algeovervågningsområder)	Produktionsområder	Områdenummer (anbefalede algeovervågningsområder)	Produktionsområder
A10	53, 54, 55, 56, 57, 58	A10-A	53, 55, 57 (delvis)
		A10-B	53, 54, 56, 58 (delvis)
		A10-C	55, 56, 57, 58 (delvis)

4.1.2 Jyllands østkyst

Området øst for Jylland og omkring Fyn ud til Storebælt (*figur 3.2*) er præget af generelt svage havstrøms hastigheder (*figur 1.2*) og lav variabilitet (*figur 3.2 b*). Som følge heraf er de advektive tidsskalaer i de fleste områder betydeligt højere end i store dele af Kattegat og Storebælt (*figur 3.2 a*). Eksisterende algeovervågningsområder dækker temmelig store områder med generelt høje advektive tidsskalaer, især i områderne A12, A14 og A16, hvor der kan opstå lokale algeopblomstringer. Det foreslås at adskille A12 i tre nye delområder NV af Samsø, SV af Samsø og hele Horsens Fjord, hvor forholdene er meget stabile med høje opholdstider i forhold til mere heterogene forhold i åbne farvande (*figur 3.2 c, d*). Endvidere foreslås det at tildele Lillebælt et særskilt algeovervågningsområde i A14. Lillebælt er præget af dynamiske strømningsforhold og kortere opholdstider end områderne syd og sydøst. Endelig foreslås det at opdele A16 i to områder og at samle området nord og nordøst for Ærø og nordvest for Langeland som et separat algeovervågningsområde (*figur 3.2 c, d* og *tabel 3.2*).

Tabel 3.2. Inddeling af eksisterende algeområder for Jyllands Østkyst med tilhørende produktionsområder. Kolonner markeret med grå baggrund indikerer anbefalede reviderede inddelinger.

Områdenummer (eksisterende algeovervågningsområder)	Produktionsområder	Områdenummer (anbefalede algeovervågningsområder)	Produktionsområder
A11	60	A11	60
A12	61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71,72, 96,97	A12-A	61, 62, 63, 96, 97
		A12-B	64,65,66, 69,70,71
		A12-C	67,68
A13	73	A13	72, 73
A14	74, 75, 76, 77, 78, 79, 80	A14-A	74,75,76
		A14-B	77, 78, 79, 80
A15	81, 82, 83	A15	81, 82, 83
A16	84, 85, 86, 87	A16-A	84, 85
		A16-B	86, 87, 88

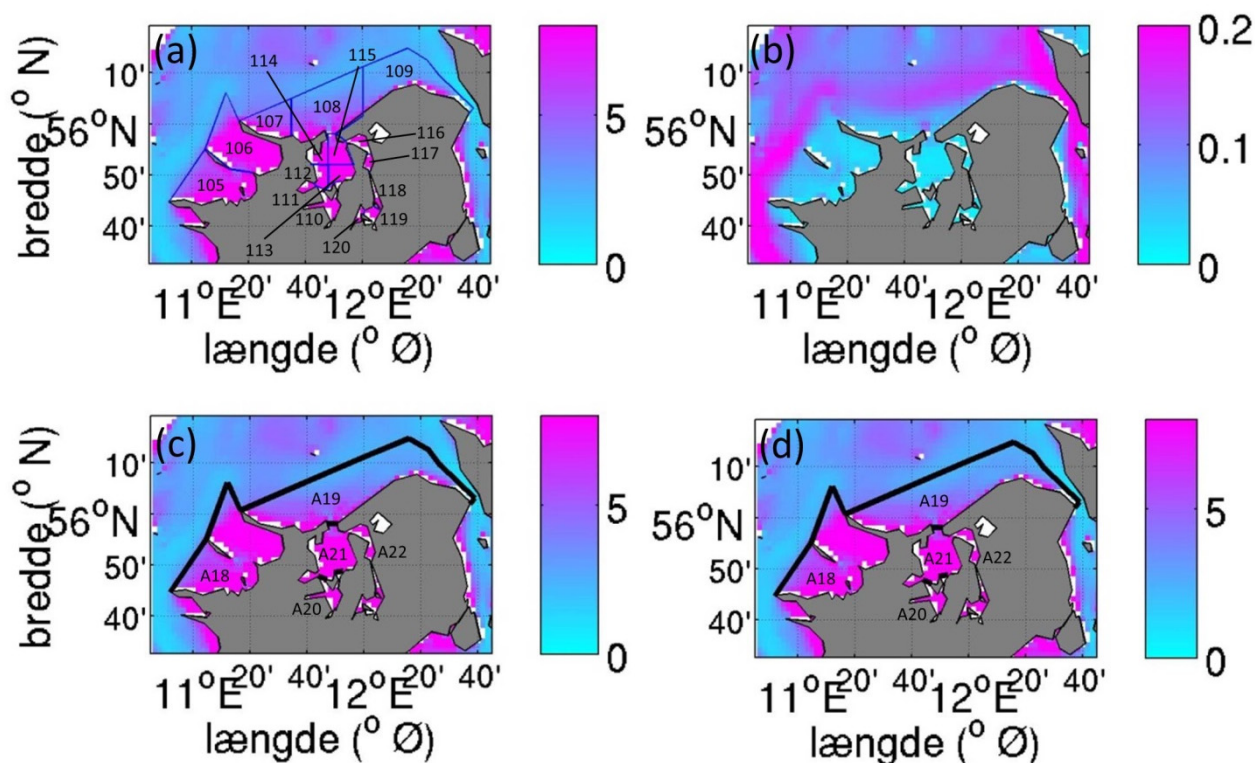


Figur 3.2. Jyllands østkyst. (a) Den advective tidsskala beregnet vha HBM modellen. Enheden er timer per modelgitter. Lys blå angiver laveste advective tidsskalaer og violet højeste advective tidsskalaer. Blå linjer afgrænser de nye produktionsområder. (b) Standardafvigelse af havvandets hastigheder. Lys blå angiver lav variabilitet af strømning og violet høj variabilitet. (c) Advektiv tidsskala med afgrænsning af eksisterende algeovervågningsområder (sorte linjer). (d) Advektiv tidsskala med afgrænsning af anbefalede algeovervågningsområder (sorte linjer).

4.1.3 Nord- og Vestsjælland

De eksisterende algeovervågningsområder afspejler de vigtigste havstrømskarakteristika i områderne omkring Nord- og Vestsjælland. Vandbevægelsehastighederne omkring kyst- og fjordområder domineres af lave hastigheder med lav variabilitet i kombination med høje advective tidsskalaer (figur 1.2

og figur 3.3 a, b). Den eksisterende afgrænsning repræsenterer både kystområder og vandforhold. Derfor foreslår DCE at bibeholde de eksisterende afgrænsninger af algeovervågningsområder omkring Nord- og Vestsjælland (figur 3.3 a, b og tabel 3.3).



Figur 3.3. Nord- og Vestsjælland. (a) Den advective tidsskala beregnet vha HBM modellen. Enheden er timer per modelgitter. Lys blå angiver laveste advective tidsskalaer og violet højeste advective tidsskalaer. Blå linjer afgrænser de nye produktionsområder. (b) Standardafvigelse af havvandets hastigheder. Lys blå angiver lav variabilitet af strømning og violet høj variabilitet. (c) Advektiv tidsskala med afgrænsning af eksisterende algeovervågningsområder (sorte linjer). (d) Advektiv tidsskala med afgrænsning af anbefalede algeovervågningsområder (sorte linjer).

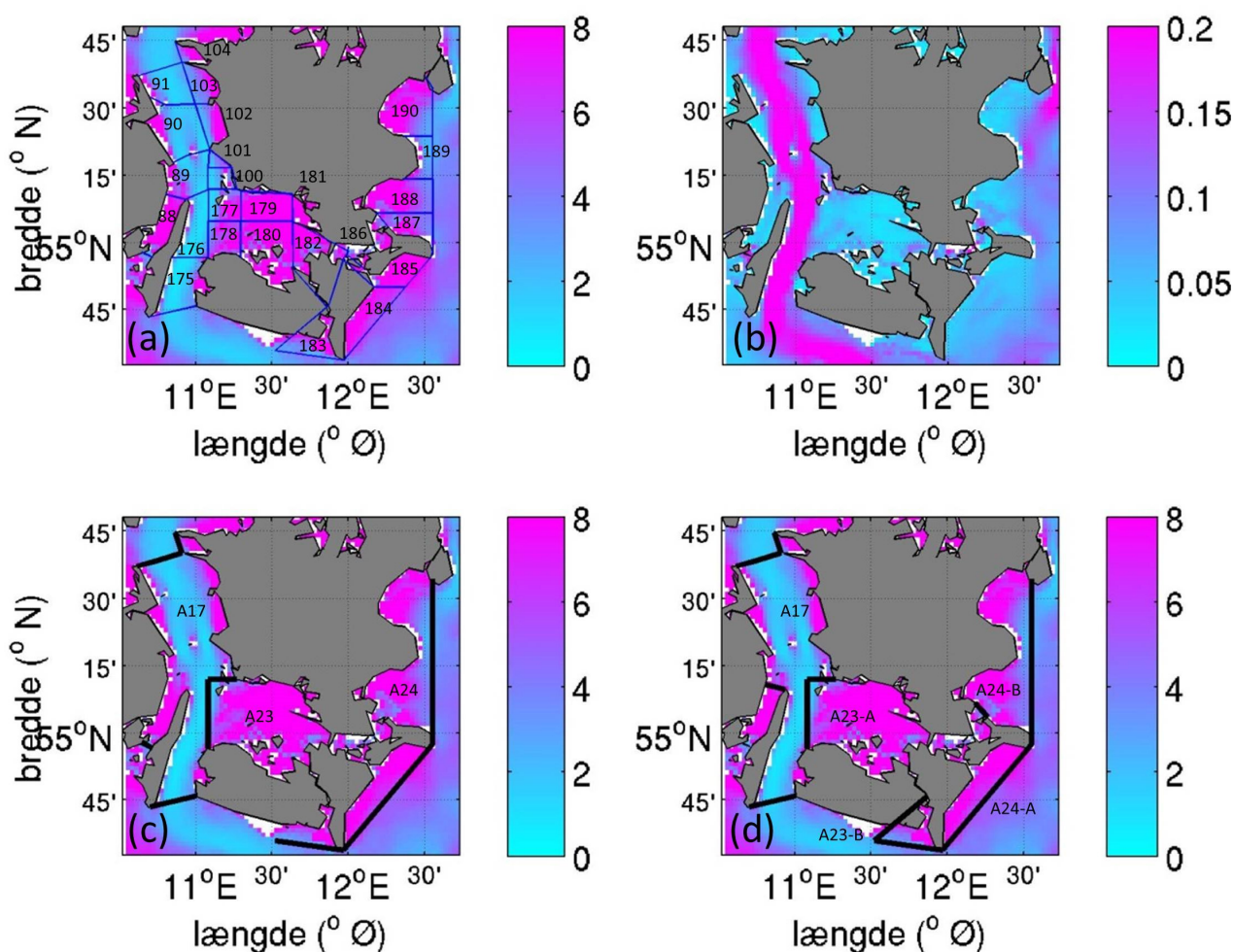
Tabel 3.3 Inddeling af eksisterende algeområder for Nord- og Vestsjælland med tilhørende produktionsområder. Kolonner markeret med grå baggrund indikerer anbefalede reviderede inddelinger.

Områdenummer (eksisterende algeovervågningsområder)	Produktionsområder	Områdenummer (anbefalede algeovervågningsområder)	Produktionsområder
A18	105, 106	A18	105, 106
A19	107, 108, 109	A19	107, 108, 109
A20	110	A20	110
A21	111, 112, 113, 114, 115	A21	111, 112, 113, 114, 115
A22	116, 117, 118, 119, 120	A22	116, 117, 118, 119, 120

4.1.4 Sydsjælland

Området omkring Sydsjælland har en kompleks kystlinje og domineres af generelt svage strømme af lav variabilitet omkring øerne Lolland, Falster og Møn (figur 1.2 og figur 3.4 b). Som følge heraf er de advective tidsskalaer meget højere end i Storebælt mellem Østfyn og Vestsjælland og Langeland og Lolland, hvor der findes hurtigere og stærkt variable strømme. De eksisterende inddelinger omfatter tre algeovervågningsområder. På grund af kompleksiteten og lejligh-

hedsvi isolering af alger eller isoleret algeopblomstring i underområder, anbefales områderne A23 og A24 opdelt i mindre algeovervågningsområder. For eksempel er den sydlige del af A23 (mellem Lolland og Falster) stort set isoleret fra den nordlige del af A23 (mellem Lolland og Sjælland) og mere sandsynligt påvirket af forholdene i Femern Bælt. Det anbefales endvidere at opdele A24 i to områder adskilt af Møn. Den tidligere afgrænsning af A17 i Storebælt omfatter produktionsområde 88 (nordvest for Langeland). Forholdene i produktionsområdet er imidlertid væsentligt forskellige fra andre produktionsområder i A17 og bør derfor ikke ændres (figur 3.4 a og c tabel 3.4).



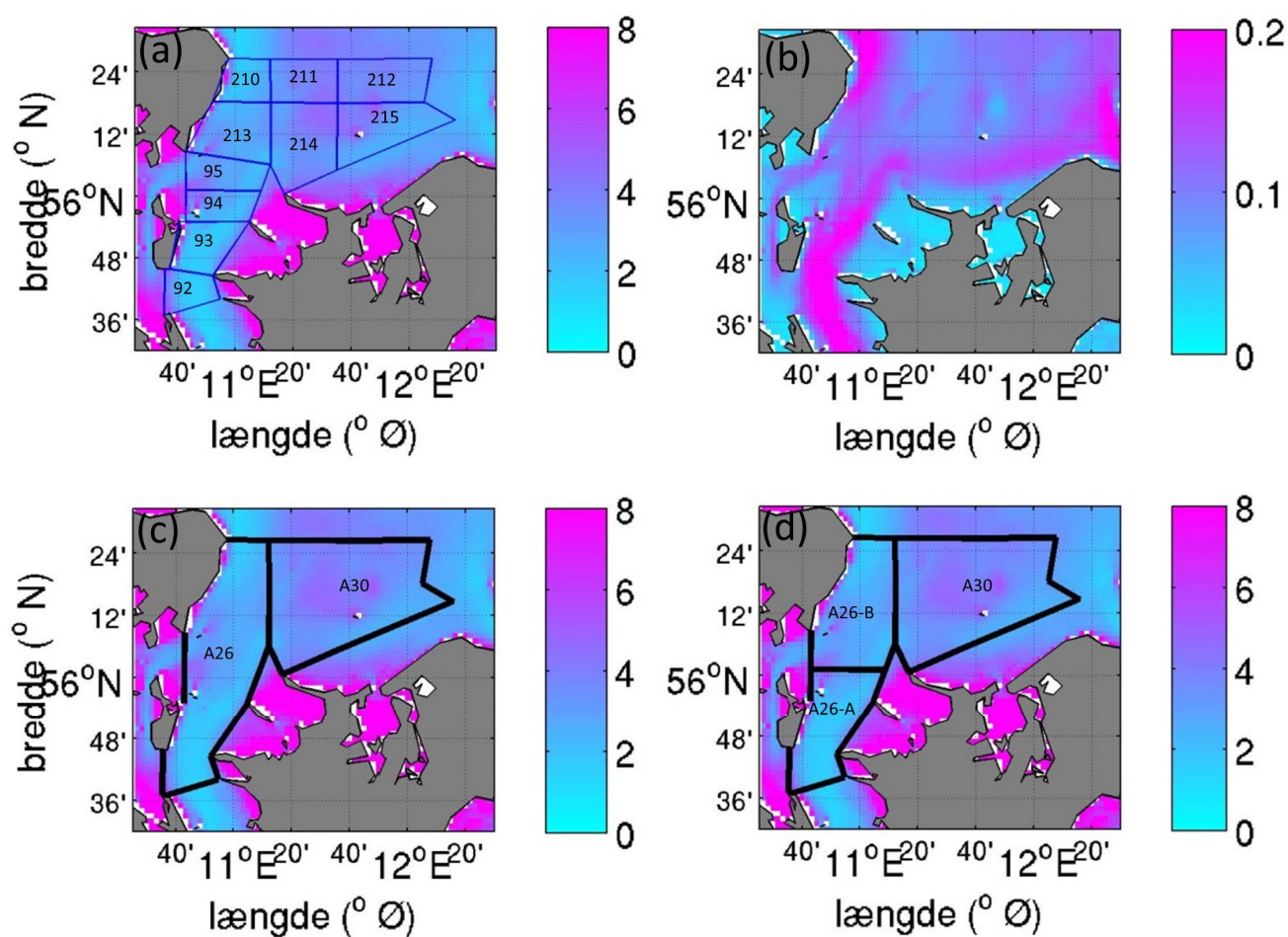
Figur 3.4. Sydsjælland. (a) Den advective tidsskala beregnet vha HBM modellen. Enheden er timer per modelgitter. Lys blå angiver laveste advective tidsskalaer og violet højeste advective tidsskalaer. Blå linjer afgrænser de nye produktionsområder. (b) Standardafvigelse af havvandets hastigheder. Lys blå angiver lav variabilitet af strømning og violet høj variabilitet. (c) Advective tidsskala med afgrænsning af eksisterende algeovervågningsområder (sorte linjer). (d) Advective tidsskala med afgrænsning af anbefalede algeovervågningsområder (sorte linjer).

Tabel 3.4 Inddeling af eksisterende algeområder for Sydsjælland med tilhørende produktionsområder. Kolonner markeret med grå baggrund indikerer anbefalede reviderede inddelinger.

Områdenummer (eksisterende algeovervågningsområder)	Produktionsområder	Områdenummer (anbefalede algeovervågningsområder)	Produktionsområder
A17	88, 89, 90, 91, 100, 101, 102, 103, 104, 175, 176	A17	89, 90, 91, 100, 101, 102, 103, 104, 175, 176
A23	177, 178, 179, 180, 181, 182, 183	A23-A	177, 178, 179, 180, 181, 182
		A23-B	183
A24	184, 185, 186, 187, 188, 189, 190	A24-A	184, 185, 186
		A24-B	187, 188, 189, 190

4.1.5 Samsø og Sydøstkattegat

Samsø og Kattegats sydøstlige område er præget af variable og forholdsvis stærke strømme, når havstrømmene fokuseres ved kysten. Dette gælder især øst og sydøst for Samsø i det nordlige Storebælt (*figur 1.2 og 3.5 b*). Som følge heraf er de advektive tidsskalaer lave (*figur 3.5 a*). Storebælt har mulighed for episodisk at påvirke kystfarvande syd for Sjællands Odde og omkring Sejerø. DCE foreslår derfor at opdele det eksisterende algeovervågningsområde A26 i to mindre områder med en grænse mellem produktionsområderne 94 og 95 (*figur 3.5 c, d og tabel 3.5*), for at adskille områder i det nordlige Lillebælt med høje standardafvigelse af havvandets hastigheder fra områder med lave (*figur 3.5*).



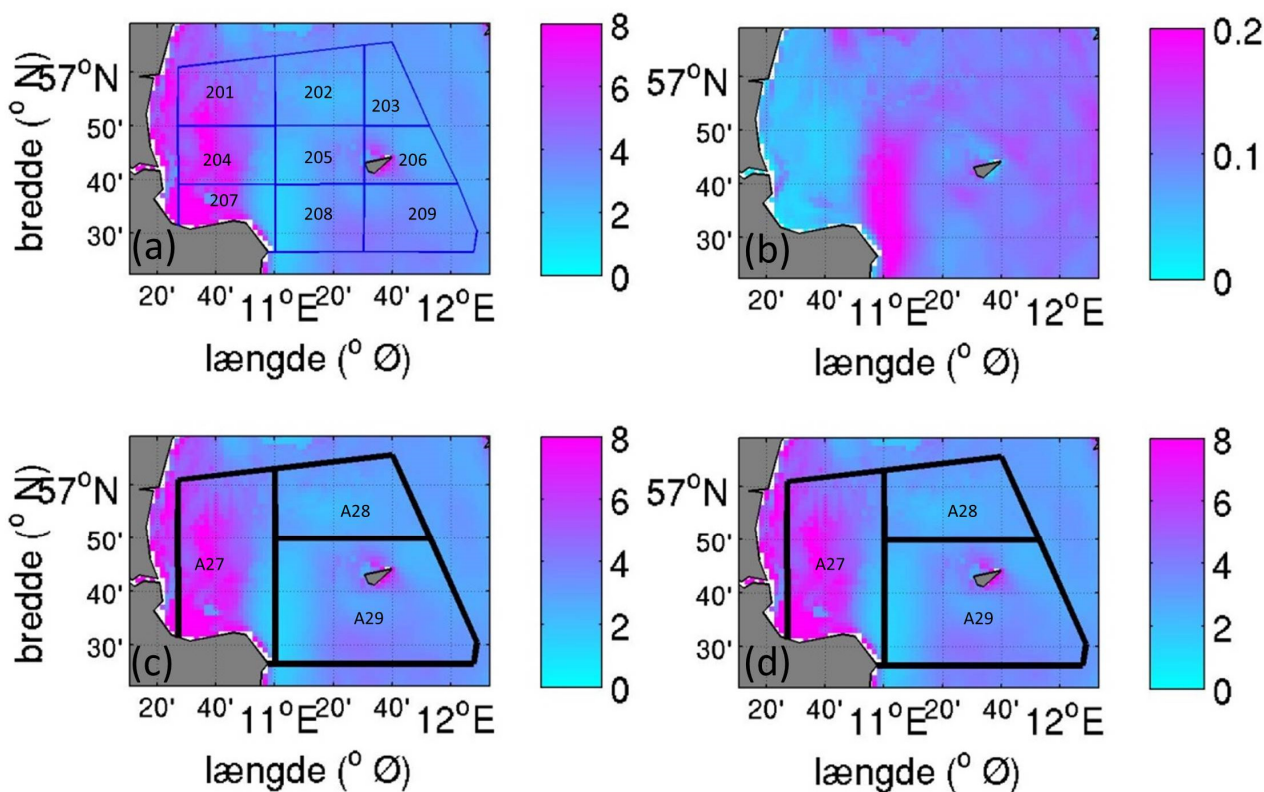
Figur 3.5 Samsø Bælt og Sydøstkattegat (a) Den advective tidsskala beregnet vha HBM modellen. Enheden er timer per modelgitter. Lys blå angiver laveste advective tidsskalaer og violet højeste advective tidsskalaer. Blå linjer afgrænser de nye produktionsområder. (b) Standardafvigelse af havvandets hastigheder. Lys blå angiver lav variabilitet af strømning og violet høj variabilitet. (c) Advektiv tidsskala med afgrænsning af eksisterende algeovervågningsområder (sorte linjer). (d) Advektiv tidsskala med afgrænsning af anbefalet algeovervågningsområder (sorte linjer).

Tabel 3.5 Inddeling af eksisterende algeområder for Samsø og Kattegats sydøstlige område med tilhørende produktionsområder. Kolonner markeret med grå baggrund indikerer anbefalede reviderede inddelinger.

Områdenummer (eksisterende algeovervågningsområder)	Produktionsområder	Områdenummer (anbefalede algeovervågningsområder)	Produktionsområder
A26	92, 93, 94, 95, 210, 213	A26-A	92, 93, 94
		A26-B	95, 210, 213
A30	211, 212, 214, 215	A30	211, 212, 214, 215

4.1.6 Kattegat

Afgrænsning af eksisterende algeovervågningsområder afspejler overordnet de oceanografiske karakteristika i Kattegatområdet. Svage havstrømme med lav variabilitet i kombination med længere advective tidsskalaer findes i den vestlige Kattegat (eksisterende område A27 (figur 1.2 og figur 3.6 a, b). Området nord for Anholt (A28) er præget af relativt korte advective tidsskalaer og lavere variationer, sammenlignet med forholdene syd og vest for Anholt (område A29) med lidt forhøjede niveauer af variabilitet og advective tidsskalaer (figur 3.6 a, b). Derfor foreslår DCE, at bibeholde den eksisterende afgrænsning af algeovervågningsområderne i Kattegatområdet (figur 3.6 c, d og tabel 3.6).



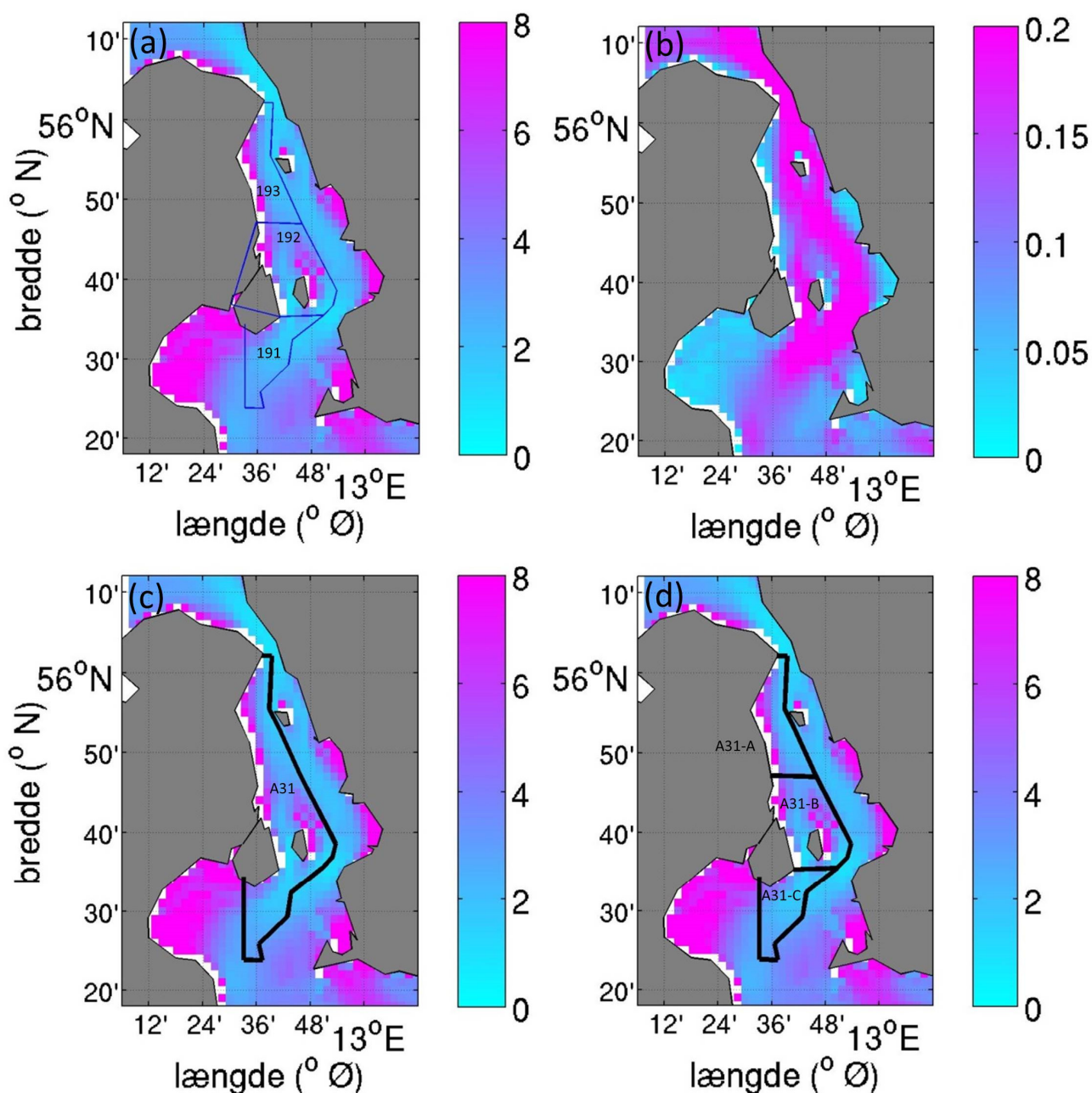
Figur 3.6 Kattegat. (a) Den advective tidsskala beregnet vha HBM modellen. Enheden er timer per modelgitter. Lys blå angiver laveste advective tidsskalaer og violet højeste advective tidsskalaer. Blå linjer afgrænser de nye produktionsområder. (b) Standardafvigelse af havvandets hastigheder. Lys blå angiver lav variabilitet af strømning og violet høj variabilitet. (c) Advektiv tidsskala med afgrænsning af eksisterende algeovervågningsområder (sorte linjer). (d) Advektiv tidsskala med afgrænsning af anbefalet algeovervågningsområder (sorte linjer).

Tabel 3.6 Inddeling af eksisterende algeområder for Kattegat med tilhørende produktionsområder. Kolonner markeret med grå baggrund indikerer anbefalede reviderede inddelinger.

Områdenummer (eksisterende algeovervågningsområder)	Produktionsområder	Områdenummer (anbefalede algeovervågningsområder)	Produktionsområder
A27	201, 204, 207	A27	201, 204, 207
A28	202, 203	A28	202, 203
A29	205, 206, 208, 209	A29	205, 206, 208, 209

4.1.7 Øresund

Det centrale Øresund er præget af generelt stærke og variable strømme, og dermed korte advective tidsskalaer (figur 1.2 og figur 3.7 a, b). Nær den vestlige kyst er den advective tidsskalaer dog forhøjet, hvilket indikerer længere opholdstid for toksiske alger. En bemærkelsesværdig undtagelse er produktionsområde 192 omkring Saltholm, hvor forholdene er mindre homogene end i resten af Øresund. DCE anbefaler derfor at afgrænse hvert produktionsområde, som et særskilt algeovervågningsområde, for at imødekomme disse forskelle (figur 3.7 og tabel 3.7). DCE anbefaler endvidere at begrænse det nye område A31-B til Øresundsområdet. Afgrænsningen af produktionsområde 192 omfatter den nordlige spids af Køge Bugt, vest for Amager. Dette område bør ikke være en del af A31-B, da der synes at eksistere et tættere forbindelse til Køge Bugt (figur 3.7 tabel 3.7).



Figur 3.7 Øresund (a) (a) Den advective tidsskala beregnet vha HBM modellen. Enheden er timer per modelgitter. Lys blå angiver laveste advective tidsskalaer og violet højeste advective tidsskalaer. Blå linjer afgrænser de nye produktionsområder. (b) Standardafvigelse af havvandets hastigheder. Lys blå angiver lav variabilitet af strømning og violet høj variabilitet. (c) Advektiv tidsskala med afgrænsning af eksisterende algeovervågningsområder (sorte linjer). (d) Advektiv tidsskala med afgrænsning af anbefalet algeovervågningsområder (sorte linjer).

Tabel 3.7 Inddeling af eksisterende algeområder for Øresund med tilhørende produktionsområder. Kolonner markeret med grå baggrund indikerer anbefalede reviderede inddelinger.

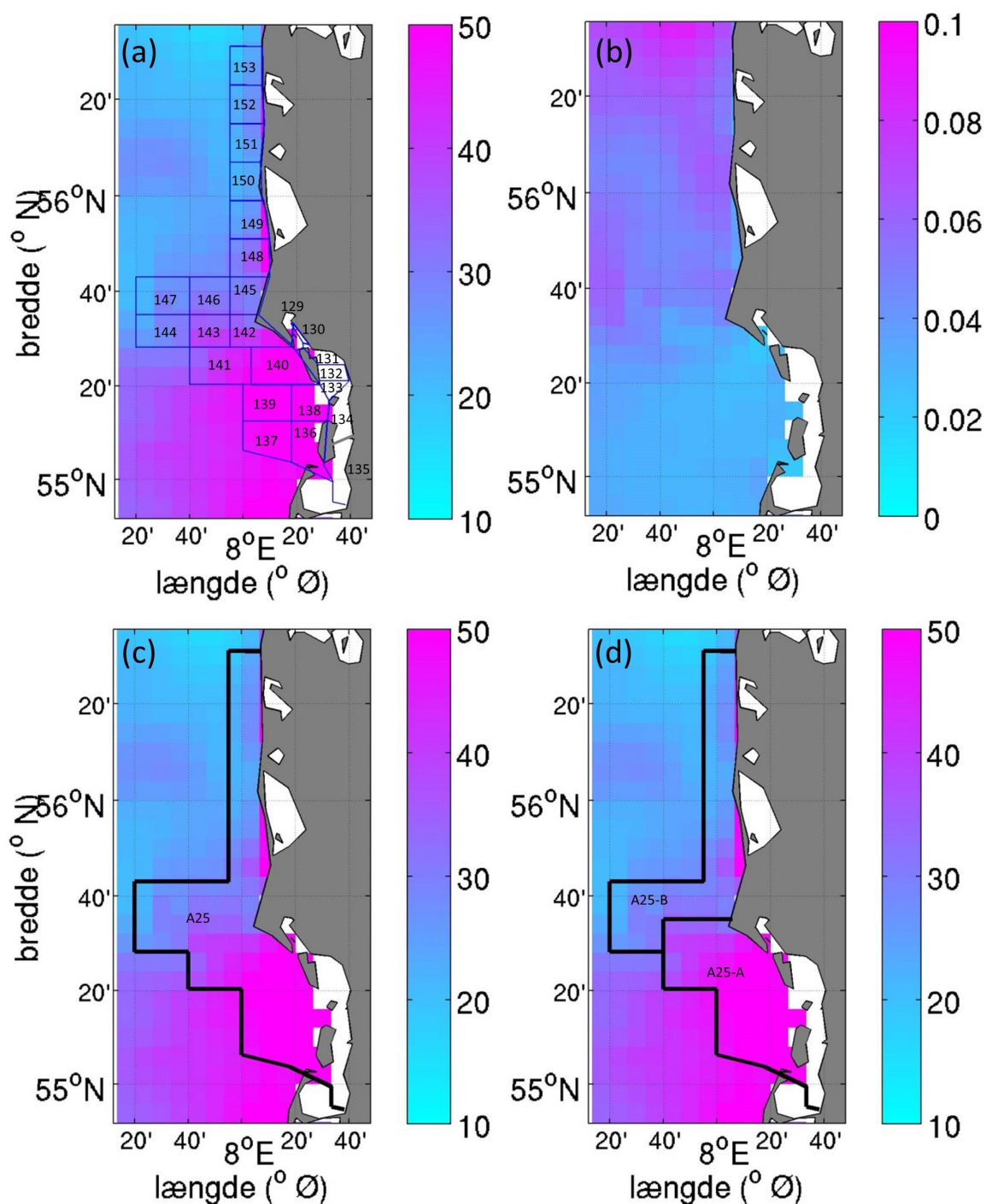
Områdenummer (eksisterende algeovervågningsområder)	Produktionsområder	Områdenummer (anbefalede algeovervågningsområder)	Produktionsområder
A31	191, 192, 193	A31-A	193
		A31-B	192
		A31-C	191

4.1.8 Østlige del af Nordsøen og Vadehavet

I dette område er beregningen af middelstrømme og advektive tidsskalaer baseret på data fra FOAM modellen med en vandret gitterstørrelse på 7 km. 7 km-opløsningen giver et præcist billede af strømningsforholdene i åbne Nordsøen. Som følge af modelens grovere opløsning (sammenlignet med den HBM-model, der anvendes til analysen i Kattegat og indre danske farvande), er nogle produktionsområder i Vadehavet tæt på kysten, underrepræsenteret eller ikke dækket af data overhovedet. Det betyder, at forholdene i Vadehavet syd for Esbjerg baseret på eksisterende modeldata ikke kan belyses vha eksisterende modeller. DCE vurderer, at tilsvarende betingelser, som er modeleret for farvandet lige vest for Fanø og Mandø, er gældende for områderne tæt på kysten, som ikke dækkes af FOAM modellen. Havområdet langs Jyllands vestkyst kan opdeles i to store regimer, Det Danske Vadehav i syd, domineret af svage middelstrømme, lav variabilitet og lange opholdstider samt kyst- og offshore-områder nord for Vadehavet, hvor strømmen er stærkere og mindre heterogen (*figur 1.1, figur 3.8*). Derfor anbefaler DCE at revidere algeovervågningsområde A25, for at imødekomme de hydrodynamiske forskelle der hersker i området (*tabel 3.8 og figur 3.8 c, d*).

Tabel 3.8 Inddeling af eksisterende algeområder for den østlige del af Nordsøen og Vadehavet med tilhørende produktionsområder. Kolonner markeret med grå baggrund indikerer anbefalede reviderede inddelinger.

Områdenummer (eksisterende algeovervågningsområder)	Produktionsområder	Områdenummer (anbefalede algeovervågningsområder)	Produktionsområder
A25	129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153	A25-A	129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143
		A25-B	144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153



Figur 3.8. Den østlige del af Nordsøen og vadehavet. (a) Den advective tidsskala beregnet vha HBM modellen. Enheden er timer per modelgitter. Lys blå angiver korteste opholdstid og violet længste partikelopholdstider. Blå linjer afgrænser de nye produktionsområder. (b) Standardafvigelse af havvandets hastigheder. Lys blå angiver lav variabilitet af strømning og violet høj variabilitet. (c) Advektiv tidsskala med afgrænsning af eksisterende algeovervågningsområder (sorte linjer). (d) Advektiv tidsskala med afgrænsning af anbefalet algeovervågningsområder (sorte linjer).

4.1.9 Limfjorden

Limfjorden forbinder Nordsøen med Kattegat og omfatter havområderne Nissum Bredning mod vest, der forbindes til Løgstør Bredning primært via Sallingsund og nord om Mors gennem Visby-, Dragstrup- og Thisted Bredning ud i Løgstør Bredning. Fra Løgstør Bredning fortsætter Limfjorden via Nibe Bredning ud i Ålborg bugt.

Der findes ingen brugbar modelbeskrivelse, der kan anvendes til at beregne bevægelsen i havstrømme gennem Limfjorden. Overordnet er vestlige vinde dominerende i området omkring Limfjorden. Vindretningen i kombination med tidevandets effekt betyder, at der er en generel vestgående bevægelse af havvand. Havvandet bevæges primært fra vest mod øst gennem Limfjorden i vintermånederne. I perioder med kraftige vinde øges vandgennemstrømningen og derved reduceres den gennemsnitlige opholdstid (Josefson & Rasmussen 2000). Samtidig forøges den vertikale omrøring ved kraftig vind. Dette sikrer en god og hurtigere opblanding af vandsøjlen. Den modsatte effekt kan derimod forventes om sommeren, hvor vindmønsteret er karakteriseret af svage vinde fra variable retninger. Under højtryksperioder om sommeren, hvor der ofte er ingen eller svag vind, kan tidevandets rolle imidlertid være den drivende kraft for omrøring og vandtransport, hvilket betyder, at der vil være mindre opblanding af vandsøjlen og ringere vandgennemstrømning i disse perioder.

Vandudskiftningen i Limfjorden er derfor primært forårsaget af kraftige vestenvinde. Saltholdigt vand fra Nordsøen strømmer fra vest mod øst i perioder med stærke vestenvinde, afbrudt af lejlighedsvis vandbevægelse fra øst under roligere vindforhold (Riisgård & Goldstein 2014). Vandbevægelsen i bundvandet i den centrale del af Limfjorden varierer typisk mellem 1 til 6 cm/sekund (Riisgård m.fl. 2015). Eksempelvis er vandets opholdstid i Løgstør Bredning estimeret til 100 dage (Hansen m.fl. 2002) baseret på hydrodynamiske modeller, men kan være kortere (60-75 dage, Josefson & Hansen 2004). Opholdstiden af vandet afhænger af afstrømning og volumen af et givent algeområde (længere opholdstider betyder en højere grad af isolation). Opholdstiden kan også variere lokalt indenfor de enkelte bassiner bestemt af varierende dybdeforhold. Partikelopholdstider vurderes at være længere i sommerperioden på grund af reduceret indstrømning af ferskvand, hyppigere perioder med svag vind og stærkere lagdeling.

På grund af de periodisk stillestående forhold om sommeren er der særligt i sommerperioden risiko for, at der lokalt kan opstå masseforekomst af fytoplanktonalger, herunder også toksiske alger. Det betyder, at de eksisterende inddelinger af Limfjordens algeområder generelt må anses for værende ganske grove.

Der er sammen med bestilling af nærværende notat medleveret forslag til inddeling af reviderede algeområder for Limfjorden. DCE vurderer, at de medleverede forslag rummer tilstrækkeligt inddeling til at afspejle den rumlige dynamik, der præger Limfjorden. Tabellen i appendiks 2 indeholder de medleverede forslag til algeområder, som DCE understøtter.

5 Referencer

Josefson AB, Hansen JLS (2004) Species richness of benthic macrofauna in Danish estuaries and coastal areas. *Global Ecology and Biogeography* 13 273-288.

Hansen JW, Laursen M, Deding J, Jensen B, Larsen F, Platz E-M, Bendtsen SÅ, Andersen F (2002) Vandmiljø i Limfjorden 2001. Limfjordsovervågningen. Ringkjøbing Amt, Viborg Amt og Nordjyllands Amt.

Josefson AB, Rasmussen B (2000) Nutrient Retention by Benthic Macrofaunal Biomass of Danish Estuaries: Importance of Nutrient Load and Residence Time. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 50 205-216.

Madec, G. (2008) NEMO reference manual, ocean dynamics component, Institut Pierre-Simon Laplace, technical report.

Riisgård HU, Goldstein J (2014) Jellyfish and Ctenophores in Limfjorden (Denmark) – Mini-Review with Recent New Observations. *Journal of Marine Science And Engineering* 2(4):593-615. doi:10.3390/jmse2040593.

Riisgård H, Lundgreen K, Pleissner D (2015) Environmental Factors and Seasonal Variation in Density of Mussel Larvae (*Mytilus edulis*) in Danish Waters. *Open Journal of Marine Science* 5:280-289.

She, J., J. L. Hoyer, and J. Larsen 2007. Assessment of sea surface temperature observational networks in the Baltic Sea and North Sea. *J Mar Syst* 65: 314-335.

Appendiks 1: Projektbeskrivelse fra Fødevarestyrelsen

I muslingebekendtgørelsens Bilag 2 er angivet et antal algeovervågningsområder, som igen omfatter et antal produktionsområder. For at erhvervet kan høste muslinger m.m. i et produktionsområde, skal der udtages prøver af toksiske alger fra algeovervågningsområdet, hvori produktionsområdet er beliggende. Prøveudtagningen skal være repræsentativ. Algeovervågningsområderne bør dække vandområder, som er homogene i forhold til forekomst af toksiske alger under hensyntagen til den hydrografiske dynamik. AU anmodes om at vurdere om de gældende algeovervågningsområder i bekendtgørelsen kan anses for homogene, og hvis ikke, bedes AU komme med et forslag til en ændret afgrænsning. Til dette formål vedlægges der i denne bestilling et forslag fra erhvervet til en ny opdeling af algeovervågningsområderne, som evt. kan benyttes til den nye afgrænsning.

Appendiks 2: Erhvervets forslag til reviderede algeområder i Limfjorden

Tabel 6.1 Inddeling af eksisterende algeområder for Limfjorden med tilhørende produktionsområder. Kolonner markeret med grå baggrund indikerer anbefalede reviderede inddelinger.

Områdenummer (eksisterende algeovervågningsområder)	Produktionsområder	Områdenummer (anbefalede algeovervågningsområder)	Produktionsområder
A1	1,2,3,4	A1-A	1,2
		A1-B	3,4
A2	5,6,7,8	A2-A	5,6
		A2-B	7,8
A3	9,11,12,13,14,15	A3-A	9,11,12
		A3-B	13,14,15
A4	16*,17,18,19,20,21,22	A4-A	16,17,18
		A4-B	19,22
		A4-C	20,21
A5	23,24,25,26,27,28,30,32	A5-A	23,24
		A5-B	25,26,27
		A5-C	28,30,32
A6	33,34,35,36,37,38,39	A6-A	33,34,35,36
		A6-B	37,38,39
A7	40,41,42	A7	40,41,42

* Produktionsområde 16 er pt tilknyttet algeområde A6

Appendiks 3: Forslag til reviderede algeområder i A10

Tabel 6.2 Nordlige Kattegat: Anbefalet afgræsning A10-A, A10-B, A 10-C

Område	N-grader	N-Decimal-minutter	E-grader	E-Decimal-minutter
A10-A	57	46,380	10	43,338
	57	47.202	10	46,020
	57	02,500	10	50,000
	57	00,876	10	27,060
	57	15,000	10	38,520
	57	27,894	10	38,334
A10-B	57	47,202	10	46,020
	57	27,900	11	25,128
	57	05,502	11	39,960
	57	04,600	11	27,000
	57	27,900	11	11,000
	57	27,900	11	00,000
	57	23,800	10	48,000
A10-C	57	04,600	11	27,000
	57	27,900	11	11,000
	57	27,900	11	00,000
	57	23,800	10	48,000
	57	02,500	10	50.000