



GAP-ANALYSE

Fremskrivning af menneskelige aktiviteter og presfaktorer

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 201

2021



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

GAP-ANALYSE

Fremskrivning af menneskelige aktiviteter og presfaktorer

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 201

2021

Hans H. Jakobsen¹
Bo Riemann¹
Gitte Blicher-Mathiesen¹
Jacob Carstensen¹
Karsten Dahl¹
Ole Eigaard²
Louise Feld¹
Morten Frederiksen¹
Anders Galatius¹
Gildas Glemarec²
Martin Mørk Larsen¹
Stiig Markager¹
Ib Krag Pedersen¹
Jens Kjerulf Petersen²
Anna Rindorf²
Peter Stæhr¹
Jakob Strand¹
Zhanna Tairova¹
Jakob Tougaard¹
Morten Vinther²

¹Aarhus Universitet, Institut for Bioscience

²DTU Aqua



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 201
Kategori:	Rådgivningsrapport
Titel:	GAP-analyse
Undertitel:	Fremskrivning af menneskelige aktiviteter og presfaktorer
Forfattere:	Jakobsen ¹ , H.H., Riemann ¹ , B., Blicher-Mathiesen ¹ , G., Carstensen ¹ , J., Dahl ¹ , K., Eigaard ² , O.R., Feld ¹ , L., Frederiksen ¹ , M., Galatius ¹ , A., Glemarec ² , G., Larsen ¹ , M.M., Markager ¹ , S., Pedersen ¹ , I.K., Petersen ² , J.K., Rindorf ² , A., Stæhr ¹ , P., Strand ¹ , J., Tairova ¹ , Z., Tougaard ¹ , J. og Vinther ² , M.
Institutioner:	¹ Aarhus Universitet, Bioscience og ² DTU Aqua
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	April 2021
Redaktion afsluttet:	Marts 2021
Faglig kommentering:	Peter Henriksen
Kvalitetssikring, DCE:	Anja Skjoldborg Hansen
Sproglig kvalitetssikring:	Anne Mette Poulsen
Ekstern kommentering:	Miljøstyrelsen. Kommentarerne findes her: http://dce2.au.dk/pub/komm/TR201_komm.pdf
Finansiell støtte:	Miljøministeriet
Bedes citeret:	Jakobsen, H.H., Riemann, B., Blicher-Mathiesen, G., Carstensen, J., Dahl, K., Eigaard, O.R., Feld, L., Frederiksen, M., Galatius, A., Glemarec, G., Larsen, M.M., Markager, S., Pedersen, I.K., Petersen, J.K., Rindorf, A., Stæhr, P., Strand, J., Tairova, Z., Tougaard, J. & Vinther, M. 2021. GAP-analyse: Fremskrivning af menneskelige aktiviteter og presfaktorer. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 86 s. - Teknisk rapport nr. 201 http://dce2.au.dk/pub/TR201.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Fremskrivning af menneskelige aktiviteter og presfaktorer er et notat bestående af tre trin, der iterativt fremskriver EU's havstrategiindikatorer frem mod 2030. Det betyder, at rapporten er opbygget over tre trin, som inkluderer kobling af menneskelige aktiviteter og presfaktorer, derefter fremskrivning af menneskelige aktiviteter frem mod 2030 og slutteligt en fremskrivning af indikatorer frem mod 2030. Fremskrivningerne i notatet er så vidt muligt en kort kvantitativ fremskrivning. Hvor det ikke er muligt at fremskrive kvantitativt, er fremskrivningen kvalitativ. Når det er muligt, inddrages betydningen af klimaforandringer. Miljøministeriet har ikke ønsket, at effekten af planlagte nationale og internationale indsatser til forbedring af havmiljøet er inddraget, da Miljøministeriet selv ønsker at stå for denne del. Hvis det alligevel ikke kan undgås at tage højde for visse indsatser, fx indsatser, som allerede er implementeret (men ikke har haft effekt endnu), skal dette noteres for hver deskriptor.
Emneord:	GAP-analyse, havstrategi, indikatorer, presfaktorer, miljø, fremskrivning, 2030
Layout:	Karin Balle Madsen
Illustrationer:	NA
Foto forside:	Sten med faunasamfund bestående af søpunge, bladmosdyr, hydroider og svampe samt en enkelt rødalge på stenrevet. Lokaltiteten er broen nord for Langeland. I baggrunden ses en stor brunalge. Foto: Karsten Dahl ©
ISBN:	978-87-7156-580-5
ISSN (elektronisk):	2244-999X
Sideantal:	86
Revision:	Der er d. 30 maj 2021 tilføjet to mindre afsnit under trin 2. Det er et afsnit bidraget af DTU AQUA under 3.1 "Høst af havplanter – hånd og maskinhøstet" samt et afsnit under 3.4 "Permanent landvinding".
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som http://dce2.au.dk/pub/TR201.pdf

Indhold

Forord	5
Summary	7
1 Indledning	8
1.1 Presfaktorer i de danske havområder	8
1.2 Andre virkemidler til at forbedre den økologiske tilstand og bevaringsstatus for naturtyper	10
1.3 GAP-analysen og den nationale havplan	11
2 Trin 1	12
3 Trin 2 Kvantitative fremskrivninger	13
3.1 Dyrkning af levende ressourcer	13
3.2 Udvinding af levende ressourcer	17
3.3 Udvinding af ikke-levende ressourcer	19
3.4 Fysiske ændringer af kysten eller havbunden	20
3.5 Turisme og fritidsaktiviteter	22
3.6 Transport	23
3.7 Byer og industri	24
3.8 Sikkerhed og forsvar	28
3.9 Forskning og overvågning	29
4 Trin 3 Fremskrivning af deskriptorer	30
4.1 Introduktion til Trin 3	30
4.2 D1: Biodiversitet	30
4.3 D2: Ikke-hjemmehørende arter	39
4.4 D3: Erhvervsmæssigt udnyttede fiskebestande (DTU Aqua)	41
4.5 D5: Eutrofering	44
4.6 D6: Havbundens integritet	50
4.7 D7: Hydrografiske ændringer	53
4.8 D8: Forurenende stoffer	55
4.9 D9: Forurenende stoffer i fisk og skaldyr til konsum	62
4.10 9.2 Årlig udledning til luft af dioxiner (g I-Teq) og PCB (kg) (AU, DCE)	66
4.11 D10: Marint affald	66
4.12 D11: Undervandsstøj	71
5 Referencer	75

Forord

Nærværende rapport er udarbejdet som en del af en ekstrabevilling til rammeaftalen mellem Miljøministeriet og Aarhus Universitet inden for ydelsesaftalen Natur og Vand. Den 7. august 2020 bad Miljøministeriets departement Dansk Center for Miljø og Energi (DCE) ved Aarhus Universitet (AU) om at udarbejde bidrag til indsatsprogrammet i EU's havstrategidirektiv. Indsatsprogrammet følger op på basisanalysen og overvågningsprogrammet fra henholdsvis 2019 og 2020.

I bidragene til indsatsprogrammet ønskes tre elementer, som omfatter: (1) identifikation af eksisterende indsatser, (2) udarbejdelse af en GAP-analyse, hvor effekterne af indsatserne sammenholdes med miljømålene, samt definitionen af god miljøtilstand (GES), (3) såfremt det i GAP-analysen vil blive vurderet, at de eksisterende indsatser ikke er tilstrækkelige til at nå miljømålene eller GES, ønskes forslag til nye indsatser, og disse vil blive fulgt op af socioøkonomiske analyser. Et vigtigt led i GAP-analysen er fremskrivningen af de menneskelige aktiviteter og presfaktorerne til år 2030. Fremskrivningerne samt en vurdering af betydningen af klimaforandringer ønskes udført af DCE og DTU Aqua. De øvrige dele af GAP-analysen gennemføres af Miljøministeriet.

DCE's opgave har været at udarbejde et samlet notat med bidrag fra DTU Aqua, som favner de tre trin: (1) kobling af menneskelige aktiviteter og presfaktorer/indikatorer, (2) fremskrivning af menneskelige aktiviteter og (3) fremskrivning af indikatorer. Notatet skal indeholde en kort kvantitativ eller kvalitativ fremskrivning af alle udpegede menneskelige aktiviteter samt en kort kvantitativ eller kvalitativ fremskrivning af alle indikatorer frem mod 2030 (så vidt muligt inklusive betydningen af klimaforandringer). Der skal i fremskrivningerne i trin 2 og 3 ikke tages højde for effekten af planlagte nationale og internationale indsatser til forbedring af havmiljøet. Denne del af analysen gennemføres som udgangspunkt af Miljøministeriet på baggrund af resultaterne af DCE's og DTU Aquas fremskrivninger af menneskelige aktiviteter og presfaktorer. Hvis det ikke kan undgås at tage højde for visse indsatser, fx indsatser, som allerede er implementeret (men ikke har haft effekt endnu), skal dette blot noteres for hver deskriptor. Det skal noteres, at rapportens udgangspunkt er, at andre lande overholder deres forpligtelser, dvs. at de lever op til større politiske aftaler i HELCOM, OSPAR, EU og FN – eksempelvis HELCOMs udledningslofter, EU's fælles fiskeripolitik og ballastvandkonventionen. Fremskrivningerne antager således, at andre lande lever op til deres forpligtelser, og ud fra dette vurderes det, hvordan miljøtilstanden vil være i Danmark i 2030 uden fremtidige danske indsatser.

Fremskrivningerne er som udgangspunkt en ekspertvurdering, der er baseret på tilgængeligt materiale. Det betyder, at fremskrivningerne er eksperternes bedste bud på niveauet af menneskelige aktiviteter og presfaktorer i 2030. Selvom denne vurdering er baseret på den nyeste viden og tilgængelige data, er den selvsagt behæftet med usikkerhed, da der ikke er igangsat projekter, der specifikt besvarer retningen, som hovedparten af fremskrivningerne tager mod 2030. Det er i opdraget fra Miljøministeriet aftalt, at omfanget af de enkelte fremskrivninger er i størrelsesordenen 15 linjer pr. menneskelig aktivitet og deskriptor.

Det har været Miljøministeriets ønske at kordinere leverancer mellem DTU AQUA og AU. Bidrag fra DTU AQUA er leveret til DCE via Miljøministeriet og er derfor ikke underlagt DCE's kvalitetssikringssystem. Det er angivet i notatets tekst, hvilke afsnit DTU AQUA står for.

Sammenfatning

GAP-analyse: Fremskrivning af menneskelige aktiviteter og presfaktorer er et notat bestående af tre trin, der iterativt fremskriver EU's havstrategiindikatorer frem mod 2030. Det betyder, at notatet er opbygget over tre trin, som inkludere kobling af menneskelige aktiviteter og presfaktorer, derefter fremskrivning af menneskelige aktiviteter frem mod 2030 og slutteligt en fremskrivning af indikatorer frem mod 2030. Fremskrivningerne i notatet er så vidt muligt en kort kvantitativ fremskrivning. Hvor det ikke er muligt at fremskrive kvantitativt, er fremskrivningen kvalitativ. Når det er muligt, inddrages betydningen af klimaforandringer. Miljøministeriet har ikke ønsket, at effekten af planlagte nationale og internationale indsatser til forbedring af havmiljøet er inddraget, da Miljøministeriet selv ønsker at stå for denne del. Hvis det alligevel ikke kan undgås at tage højde for visse indsatser, fx indsatser, som allerede er implementeret (men ikke har haft effekt endnu), skal dette noteres for hver deskriptor.

Summary

The report “GAP analysis: Projection of human activities and pressure factors” is a three-step iterative analysis that projects the Marine Strategy Framework Directive’s indicator towards 2030. The analyses are built on three steps that include coupling of human activities and pressures, a projection of human activities towards 2030 and, finally, a projection of indicator development towards 2030. The projections are, as far as possible, a short quantitative analysis. Where quantitative projection is not possible, the analysis is qualitative. Whenever possible, the importance of climate change is taken into account. The Ministry of Environment has requested the effect of planned national and international efforts to improve the marine environment to be excluded in the analysis. The Ministry of Environment wants to be responsible for this part itself. If it is unavoidable to take into account efforts, such as efforts that have already been implemented (but have not had an effect yet), this should be noted for each descriptor.

1 Indledning

Dette notat indeholder de tre trin i den samlede GAP-analyse. I det første afsnit (trin 1) udpeges de væsentligste menneskelige aktiviteter af betydning for tilstanden af deskriptorerne i de danske havområder. Der tages udgangspunkt i HELCOMs TAPAS-projekt, hvor menneskelige aktiviteter er blevet koblet til presfaktorer samt afsnit 7 i havstrategiens basisanalyse. Indledning af GAP-analysen er skrevet af AU, men forevist DTU Aqua til kommentering. De enkelte fremskrivninger er fremstillet til at læses individuelt, hvorved der ved en samlet læsning af hele dokumentet kan forkomme enkelte redundante tekststykker.

I trin 2 fremskrives alle de udpegede menneskelige aktiviteter fra trin 1 til år 2030. Dette gøres så vidt muligt kvantitativt. I de tilfælde, hvor fremskrivningen ikke kan kvantificeres, er den gennemført kvalitativt. I det sidste afsnit (trin 3) beskrives en fremskrivning af alle indikatorer frem mod 2030 med udgangspunkt i den samlede effekt af de fremskrevne menneskelige aktiviteter relevante for havstrategiens deskriptorer og de underliggende indikatorer. Hvor det er muligt, er der taget højde for betydningen af klimaforandringer.

1.1 Presfaktorer i de danske havområder

Det danske havmiljø er udsat for en lang række stressfaktorer udløst af menneskelige aktiviteter. Det danske hav er særlig udsat som følge af (1) et tæt samspil mellem hav og land grundet den lange kystlinje, (2) at den intensive landbrugsdrift taber store mængder kvælstof og fosfor til havet, (3) at havet udnyttes intensivt til en lang række aktiviteter, (4) at en væsentlig del af havet udgøres af kystnære områder med stor menneskelig aktivitet, og (5) at disse kystnære miljøer for en stor dels vedkommende er sårbare miljøer. Dertil er de indre danske farvande naturligt sårbare over for fx iltsvind pga. den permanente lagdeling forårsaget af mødet mellem vand fra Nordsøen / Skagerrak og udstrømmende brakvand fra Østersøen.

Påvirkningerne skyldes dels aktiviteter på havet og dels aktiviteter på land, som har afledte effekter ud i havet. Effekterne af aktiviteterne på land er størst i fjorde og i kystnære områder.

Påvirkningerne kan groft opdeles i fire kategorier. Den ene kategori omfatter stoffer, som tilføres havmiljøet (næringsstoffer, miljøfarlige stoffer og marint affald). Den anden kategori omfatter aktiviteter på havet (erhvervsfiskeri, akvakultur, skibsfart, anlægsarbejder (herunder inddæmning), råstofindvinding / klapning og fritidsaktiviteter). Den tredje kategori (støj og habitatreduktion) udgøres af specifikke påvirkninger affødt af de nævnte aktiviteter i kategori to. Den fjerde og sidste kategori omhandler en række effekter i miljøet forårsaget af klimaforandringer i form af temperatur, vind, vandets surhedsgrad (pH) og nedbør / ferskvandstilførsel.

I HELCOM-regi og i litteraturen har man arbejdet med at rangordne et meget stort antal stressfaktorer – op til 46 – og baseret på data, beregninger og delvist ud fra resultater af spørgeskemaer har man udarbejdet kortmateriale over, hvor stressfaktorerne er mest betydningsfulde, og efterfølgende beregnet, hvor de samlede effekter er størst. Datagrundlaget og den videnskabelige dokumentation er imidlertid ofte mangelfuld, og for flere af stressfaktorerne er

en egentlig forvaltning ikke realistisk. Eksempelvis kan vækst og spredning af ikke hjemmehørende arter, og herunder invasive arter, sjældent reguleres.

Effekter af menneskelige aktiviteter på havmiljøet kompliceres af, at de enkelte stressfaktorer oftest ikke virker uafhængigt af hinanden, men i et samspil. Disse kumulerede effekter er tit kraftigere end summen af effekterne hver for sig. Fx kan miljøfarlige stoffer forstærke effekten af næringsstoffer og omvendt. Det er derfor vanskeligt at kvantificere, hvor stor en andel af den samlede påvirkning den enkelte stressfaktor er ansvarlig for, ligesom det er vanskeligt at forudsige den kumulerede effekt på baggrund af viden om effekterne af de enkelte påvirkninger. Der er således brug for en mere helhedsorienteret forståelse af effekterne af de mange påvirkninger, blandt andet for bedre at kunne vurdere naturens tålegrænser og på den baggrund iværksætte en passende forvaltning.

Forvaltning af de danske havområder skal være økosystembaseret og tage udgangspunkt i alle aktiviteter, som påvirker økosystemet, herunder klimaændringer, påvirkninger fra andre havområder, fra atmosfæren og fra landarealer. I praksis, og begrundet i muligheder for forvaltning, er der fire overordnede stressfaktorer for de danske havområder: klimaforandringer, næringsstoffer, miljøfarlige stoffer og fiskeri (Petersen et al., 2018).

Klimaforandringer har overvejende negative effekter på de marine økosystemer. Temperaturen i de danske havområder er steget med ca. 1,5 °C i de sidste 30-40 år (Olsen et al., 2014). Vandstanden er steget med 10-15 cm i samme periode. Der er kommet mere nedbør, og vinden er aftaget i den typiske iltsvindsperiode. Der er også en stigning i antallet af ekstremhændelser, fx skybrud, storme og hvedebølger, som ofte er store og kan have betydning for de miljømæssige forhold. Nogle af effekterne af klimaforandringerne har imidlertid også positive effekter på havmiljøet. Stigende temperaturer øger udbredelsesområdet for flere arter, hvilket kan øge biodiversiteten og blandt andet åbne for nyt fiskeri. Men samtidig presser de øgede temperaturer og indvandringen af nye arter de etablerede arter, ligesom stigende temperaturer øger risikoen for iltsvind. Overordnet er det vanskeligt at kvantificere de samlede effekter af klimaforandringerne på miljøparametre, økosystemer og dermed på havstrategiens deskriptorer. Det skyldes blandt andet, at ændringer i de primære klimaparametre (temperatur, nedbør og vind) medfører en kaskade af afledte effekter, og for de biologiske parametre er det oftest de afledte effekter (fx ændret iltkoncentration), som er af stor betydning for økosystemernes funktion. Mange af effekterne af klimaforandringerne stiger meget hurtigt i disse årtier, og det er få af disse effekter, der kan reguleres eller kontrolleres. Der er et tæt samspil mellem klimaforandringerne og betydningen af næringsstoffer. Her kan man regulere ved at reducere de landbaserede tilførsler og på den måde afbøde effekterne af de klimabaserede bidrag.

Tilførsler af næringsstoffer og miljøfarlige stoffer samt fiskeri kan umiddelbart reguleres, og der findes mange data og stor viden om dem. Tilførsler af næringsstoffer (primært kvælstof og fosfor) er af overordnet betydning for den økologiske tilstand i havet. Næringsstoffer er centrale for den biologiske produktion i havet, men store næringsstofftilførsler har også en række negative effekter. De danske farvande er meget lavvandede, og den lange kystlinje skaber et intimt samspil mellem land og vand. Det betyder, at de store tab af næringsstoffer fra landbaserede kilder (primært landbrugsarealer) er af central betydning for den økologiske tilstand i havet. Dertil kommer også næringsstofftilførsler fra rensningsanlæg, atmosfæren, andre havområder via

havstrømme og fra ikke dyrkede arealer, men langt hovedparten af tilførslerne stammer fra de dyrkede arealer.

De store tilførsler af næringsstoffer bevirker, at den økologiske tilstand i dag fortsat er moderat eller dårlig i næsten alle de danske havområder, og bevaringstilstanden er ugunstig for stort set alle beskyttede naturtyper. I de sidste 10 år har de årlige kvælstoftilførsler ligget på ca. 15.000 tons over det niveau på ca. 40.000 tons, der i 2. generations vandområdeplanerne blev beregnet som mål for at opnå en god økologisk tilstand. Og en del af effekterne af klimaforandringerne vil fremover øge disse tilførsler yderligere. En direkte og effektiv måde at genetablere en bedre økologisk tilstand i vandfasen og en gunstig bevaringsstatus for de marine kystnære naturtyper er at reducere de landbaserede næringsstofftilførsler.

1.2 Andre virkemidler til at forbedre den økologiske tilstand og bevaringsstatus for naturtyper

Selvom der findes andre virkemidler til at reducere næringsstofftilgængeligheden, fx etablering af muslingefarme, stenrev, udplantning af ålegræs og etablering af beskyttede havområder, så vil effekterne af de nuværende landbaserede tilførsler af næringsstoffer til havet dæmpe eller helt fjerne effekterne af disse virkemidler. Eksempelvis blev der etableret et stenrev i Limfjorden i marts 2017 med henblik på at reducere kvælstofindholdet i vandet. Kombinationen af dårlige lysforhold og græsning af søpindsvin medførte imidlertid en forværring af iltsituationen, da der ikke kunne gro planter på stenrevet grundet fortsatte tilførsler af store mængder næringsstoffer fra de dyrkede arealer, dårlige lysforhold og intensiv græsning af søpindsvin. Derfor vil dette stenrev ikke få en positiv funktion før næringsstofftilførslerne begrænses. Andre steder, hvor lysforhold, salinitet og næringsstofftilførsler tillader det, kan der opnås positive effekter af nye stenrev på områdernes biodiversitet og miljø- og naturkvalitet.

På samme måde vil effekter af at etablere beskyttede havområder også blive begrænset af for store næringsstofftilførsler, fordi planteplanktonets biomasse i vandfasen begrænser lysforholdene, og på større vanddybder vil områder med iltsvind modvirke forbedringer i den økologiske tilstand. Når næringsstofftilførslerne begrænses, og fiskeri med bundtrawl samtidigt erstattes af et mere skånsomt fiskeri, vil nye beskyttede områder kunne revitaliseres, så der kan genetableres en større biodiversitet og robusthed på havbunden, en bæredygtig fiskebestand og fødekædestruktur samt en bedre økologisk tilstand og en gunstig bevaringsstatus for de marine naturtyper.

I kommende referenceområder (strengt beskyttede områder), som fordres af EU-Kommissionen, vil erhvervsaktiviteter som fiskeri, råstofindvinding, klapning mv. ikke være tilladt. Man kunne forestille sig, at sådanne områder kunne placeres, hvor bundfaunaen har et potentiale til at udvikle sig positivt, og hvor fiskestanden kunne vokse og dermed bidrage til en mere naturlig fødekædestruktur end den, man har i de områder, hvor fiskebestanden ikke længere er bæredygtig.

I de eksisterende havstrategiområder tillades fiskeri med faststående redskaber som garn, ruser og tejner, mens råstofindvinding, klapning m.m. ikke er tilladt. I alle de kommende beskyttede havområder er størrelse også af betydning. I små beskyttede havområder vil det mange gange være vanskeligere at

detektere en positiv udvikling, og en udvikling vil her i højere grad blive bestemt af de omkringliggende havområder. I større beskyttede områder kan der skabes forbedringer, som kan identificeres som effekter af beskyttelsen.

Beskyttelse af havområder kan godt etableres med begrænsninger både i tid og rum. Beskyttelsen har ofte flere formål, dels at forbedre biodiversiteten og den økologiske tilstand for både vandfase og i de bentiske systemer, og dels – som et indbygget formål – at genskabe bæredygtige fiskerbestande, så man efter en årrække med beskyttelse kunne genetablere fiskeri til glæde for både erhvervs- og fritidsaktiviteter. En reduceret fiskeriindsats eventuelt med mere skånsomme metoder vil bedre kunne bevare og forbedre områdernes robusthed, biodiversitet og økologiske tilstand samt naturtypernes bevaringsstatus.

1.3 GAP-analysen og den nationale havplan

I departementets bestilling indgår, at der skal være harmoni mellem fremskrivningen af de menneskelige aktiviteter i trin 2 og Danmarks havplan. Eksempelvis forventes det nu af EU-Kommissionen, at der i havplanen udlægges zoner til forskellige formål i perioden 2020-2030, herunder havstrategi- og referenceområder.

Offentliggørelsen af den nationale havplan forventes imidlertid først i løbet af 2021, og var ikke tilgængelig ved redaktionens afslutning. Det er derfor begrænset, hvad der på nuværende tidspunkt er kommet af konkrete informationer om indholdet i havplanen. EU-Kommissionen har besluttet, at nationalstaterne skal etablere beskyttelse i 30 % af havarealerne, hvoraf de 10 % skal være referenceområder (såkaldte strengt beskyttede områder, hvor erhvervsaktiviteter som fiskeri, råstofindvinding klapning mv. ikke vil være tilladt). Men der er på nuværende tidspunkt ikke oplyst noget om placering og størrelse af de beskyttede havområder.

Først når GAP-analysen er integreret i indsatsplanerne for vandrammedirektivet og havstrategidirektivet på en sådan måde, at næringsstoftilførslerne og fiskeriet bliver forvaltet med bæredygtighed i fokus i forhold til den nuværende tilstand, kan miljøforholdene beskyttes, bevares og forbedres og dermed bidrage til, at havplanen bliver bæredygtig for miljøforholdene.

Endeligt er det vigtigt for jobskabelse og økonomien, at kystturisme og fritidsliv inddrages i havplanen. Der er tilgængelig viden og eksempler fra Øresund og det vestlige Kattegat på, hvordan disse aktiviteter kan integreres i havplaner.

For nærværende har det, af ovenstående årsager, ikke været muligt at tilpasse fremskrivningen af de menneskelige aktiviteter i trin 2 til indholdet i Danmarks havplan.

2 Trin 1

De menneskelige aktiviteter, der er relevante som presfaktorer på deskriptorerne med de tilhørende indikatorer, udpeges i HELCOMs TAPAS-projekt (HELCOM, 2017), hvor menneskelige aktiviteter er blevet koblet til presfaktorer, samt afsnit 7 i havstrategiens basisanalyse. For GAP-analysens trin 1 har AU og DTU udpeget de tre (som udgangspunkt) væsentligste menneskelige aktiviteter pr. deskriptor.

Tabel 1. DCE og DTU Aqua har i trin 1 noteret de vigtigste indikatorer, "Vigtig for deskriptor og de udpegede indikatorer (trin3)", der vurderes påvirket af de givne menneskelige aktiviteter. I trin 2 fortages fremskrivningen af menneskelig aktiviteter. Tekst markeret med rød er forfattet af DTU Aqua, mens blå farve er tekst forfattet af AU.

Tema	Aktiviteter (trin 1)	Dækker over følgende og fremskrives	Vigtig for deskriptor og de udpegede indikatorer
Dyrkning af levende ressourcer	Akvakultur i havet	Fisk, skaldyr og tang	D2, D5
	Landbrug	Korn og kvæg	D1, D5
Energiproduktion	Produktion af vedvarende energi	Vind-, tidevands- og bølgeenergi	D1, D7
	Produktion af ikke-vedvarende energi	Fossil- og atomkraftenergi	D7, D8, D9
Udvinding af levende ressourcer	Fiskeri	Erhvervs- og rekreativt fiskeri	D1, D2, D10, D11
	Jagt og indsamling	Jagt af havfugle og sæler samt kontrol af invasive arter	D2, D10
Udvinding af ikke-levende ressourcer	Råstofindvinding	Metal, sand og grus	D6, D7
	Udvinding af olie og gas	Infrastruktur (platforme) og rør	D11
Fysiske ændringer af kysten eller havbunden	Landvinding	Permanent landindvinding	D7
	Kystbeskyttelse og sikring mod oversvømmelser	Mure, moler, bølgebrydere og beskyttelse mod oversvømmelser	D7
	Offshore-anlæg (som ikke er til udvinding af energi)	Anlagte rev og øer	D2, D7
	Ændring af havbundens morfologi	Uddybning/opgravning, klapning og sandfodring	D2, D7
	Turisme og fritidsaktiviteter	Sejlads, vandsport, badning på strande, naturoplevelser og kulturoplevelser under vand	D1, D10, D11
Transport	Infrastruktur til transport	Fiskeri-, industri- og færgehavne, broer og tunneller	D7
	Skibsfart	Skibsværfter, skibstrafik og fortøjning	D1, D2, D8, D9, D10, D11
Byer og industri	Byer		D8, D9
	Industri	Olie- og gasraffinaderier og industriværker	D8, D9
	Affaldshåndtering	Affald, spildevand og kulstoflagring	D1, D5, D8, D9, D10
Sikkerhed og forsvar	Militærets aktiviteter	Infrastruktur og håndtering af dumpet ammunition	D11

3 Trin 2 Kvantitative fremskrivninger

I trin 2 fremskrives de menneskelige aktiviteter, der er udpeget af AU, DCE og DTU AQUA i trin 1 frem mod år 2030 (se tabel 1). Dette gøres så vidt muligt kvantitativt. I de tilfælde, hvor fremskrivningen ikke kan kvantificeres, er den gennemført kvalitativt. Det bagvedliggende datamateriale er i de fleste tilfælde de offentlige myndigheders egne oplysninger fundet på deres respektive hjemmesider såsom Miljøstyrelsen, Danmarks Statistik og Energistyrelsen. I andre tilfælde har det været muligt at underbygge med rådgivningsrapporter eller fagbedømte videnskabelige kilder. I tilfælde, hvor der myndighedernes hjemmesider er anvendt, er de pågældende myndigheder nævnt som reference, mens den specifikke placering er udeladt, da hjemmesider oftest ændres, eller statistiske databaser opdateres løbende. Det er aftalt med Miljøministeriet, at omfanget er i størrelsesordenen 15 linjer pr. menneskelig aktivitet.

3.1 Dyrkning af levende ressourcer

Høst af havplanter – hånd og maskinhøstet

I de seneste 10 år er der spiret op mod 10 virksomheder frem i Danmark, som baserer deres økonomi på tang høstet fra vilde bestande. Fucus-arterne savtang og blæretang vurderes at være de mest høstede arter pt i Danmark. Alene de to største tang-producenter i Danmark vurderer at de årligt (2019) høster 4,2 tons af disse i henholdsvis Isefjord og i lavvandede områder omkring Djursland. Høsten udføres primært ved manuel afrivning eller afklipping af hele eller dele af tangplanten og betragtes som skånsomt for bestanden og det omkringliggende miljø. Men da brugen af de danske tangressourcer er et relativt nyt fænomen, findes der reelt meget lidt dokumentation herfor. Flere igangværende projekter undersøger i øjeblikket dette og forventes bl.a. at komme med anbefalinger for, hvordan høsten bør foregå og i hvilke mængder det er bæredygtigt for bestanden.

Akvakultur i havet – fisk, skaldyr og tang (DTU Aqua)

De indre danske farvande er særdeles velegnede til akvakultur af fisk, skaldyr og tang. Der er 19 aktive havbrug med opdræt af fisk, specielt regnbueørred, i Danmark. Havbrugene er generelt lokaliseret i det sydlige Kattegat, Bælthavet og Smålandfarvandet. Produktionen har i de senere år ligget ret konstant omkring 10-11.000 t fisk/år med et foderforbrug på 11-12.000 t/år. Der er i danske farvande, fortrinsvis i Limfjorden, udstedt ca. 50 licenser til opdræt af primært blåmusling. Der er en vis forskel i, hvor stor en del af licenserne der faktisk bruges, men de mest aktive opdrættere har i de senere år produceret 4-5.000 t/år. Der er fem mindre anlæg til produktion af tang, hvoraf de tre er kommercielt aktive. Den årlige produktionsmængde er mindre end 100 t.

Der er hos aktører stor interesse i udbygning af produktionen. Der foreligger således 37 ansøgninger om nye havbrugstilladelser i det sydlige Kattegat, der tidligere er udpeget som muligt opdrætsområde. Der er ligeledes en stigende interesse for produktion af muslinger, hvor der er mere end 10 ansøgninger til aktuel behandling i Fiskeristyrelsen. For tang kan der også forventes en stigende interesse i de kommende år. For muslinger og tang gælder endvidere, at opdræt af de to arter er i spil som marint virkemiddel til opnåelse af målsætningerne i vandrammedirektivet.

Såfremt klimaændringerne medfører ændrede temperaturforhold i de indre farvande, må det forventes, at produktionsperioden i havet kan forøges, alternativt forskubbes, ligesom der formentlig vil opstå mulighed for opdræt af andre arter.

Overordnet er akvakultur af fisk, skaldyr og tang frem mod 2030 således i vid udstrækning politisk/næringsstofudledningsmæssigt bestemt, men kan rent produktions- og markeds-mæssigt formentlig udmærket fordobles. For skaldyr og tang gælder desuden, at produktionen vil stige, uanset om opdræt af arterne bliver gjort til et marint virkemiddel.

Landbrug – salgsafgrøder og animalsk produktion (AU, DCE)

Bo Riemann, Hans Jakobsen og Gitte Blicher-Mathiesen

I Danmark dækker det dyrkede areal knap 61 % af hele landet i 2018 (Blicher-Mathiesen et al., 2019). Heraf dækker salgsafgrøder som korn, bælgsæd, frø til udsæd, industrifrø og rodfrugter ca. 2/3, mens grovfoder dækker 1/5, og resten dækkes af varig græs, juletræer, braklægning og andre miljøordninger. Det danske landbruget er kendetegnet ved en intensiv animalsk produktion, som er øget med ca. 30 % siden 1990. Grundet øget fodereffektivitet har produktionen af kvælstofmængden i husdyrgødning dog nogenlunde ligget på det samme niveau eller er kun steget lidt de sidste 30 år (Vinther & Olsen, 2011 og 2020). Den animalske produktion er ikke jævnt fordelt i landet. Størstedelen af produktionen af husdyrgødning sker i Vest-, Sønder- og Nordjylland og er mindst på Øerne.

Mængden af kvælstof fjernet fra markerne er afhængig af årets høst og har varieret i perioden 1990-2018. Dog har udbyttet været stigende i de sidste 7-8 år, bl.a. fordi braklægningen blev udfaset i 2008, og der derfor høstes mere, når der dyrkes på et større areal. Samlet er markoverskuddet opgjort som tilført gødning mv. minus fraført gødning med høstede afgrøder faldet fra 404.400 ton N i 1990 til ca. 220.300 ton N i 2015, svarende til en reduktion på 45 %. Den største nedgang i markbalancen er sket i perioden frem til 2003. Markbalancen steg til ca. 247.500 i 2016, det første år efter indførelsen af Fødevare- og Landbrugspakken og faldt igen til 229.600 ton N i 2017. Sidstnævnte fald skyldes primært mindre kvælstoftilførsel og en større høst i 2017. I 2017 udgjorde høstet kvælstof 316.700 ton N, som er den højeste kvælstofhøst siden 1991. I 2018 vendte billedet, da udbyttet var ekstremt lavt grundet en omfattende tørke. Siden 2005 er der gradvist udlagt flere efterafgrøder, der optager kvælstof om efteråret, kvælstof, som ellers vil blive udvasket. I 2018 var der knap 350.000 ha efterafgrøder, hvilket svarer til, at de dækker knap 14 % af det dyrkede areal.

For hele landet har landbruget reduceret forbruget af fosfor i handelsgødning (opgjort som den solgte mængde) fra 40.400 ton P i 1990 til 13.800 ton P i 2016, stigende til 20.800 ton P i 2017 (Blicher-Mathiesen et al., 2019). I 2018 er fosforforbruget med handelsgødning opgjort for data indsendt med gødningsregnskaberne og faldet til 14.800 ton. Fosfortilførsel med husdyrgødning er reduceret med ca. 12.000 ton i perioden fra 1990 til 2018 svarende til en reduktion på 20 %. Efter at der blev indført afgift på foderfosfater i 2005, er fosfortilførslen med husdyrgødningen faldet med ca. 6 % frem til 2018. Fosforoverskuddet i marken er herved faldet fra ca. 40.500 ton P i 1990 til 15.400 ton P i 2017, men i 2018 er overskuddet steget til 24.700 ton P, da mængden af fosfor høstet med afgrøderne var påvirket af tørke og derfor meget lav.

I en fremskrivning frem mod 2027/2030 forventes den animalske produktion at stige. Herved forventes produktionen af husdyrgødning at stige med ca. 8.000 tons N med et interval fra minus 20.000 til 30.000 tons N. De nugældende regler for husdyrefterafgrøder forventes at fortsætte. Reglen for husdyrefterafgrøder betyder, at såfremt mængden af husdyrgødning stiger, vil der skulle etableres flere kompenserende efterafgrøder, således at N udledningen ikke stiger grundet en øget animalsk produktion.(Blicher-Mathiesen & Sørensen, 2020, Jensen, 2019). Overordnet er produktionen afhængig af verdensmarkedspriser, transportmuligheder, forbrugsmønstre mv., hvilket vanskeliggøre en præcis status for 2030.

Landbrugsdriften i Danmark udleder en del miljøfarlige forurenende stoffer og næringsstoffer, som påvirker de terrestriske og akvatiske økosystemers biodiversitet og miljøkvalitet. Tilførsler af næringsstoffer til havet fra de land-baserede kilder stammer hovedsageligt fra landbrugsdriften. Det dyrkede areal var i 2018 i alt 2.619.000 ha. Frem mod 2027 forventes en række faktorer i landbruget at bidrage til en mindre kvælstofudledning. En del af det dyrkede areal forventes udtaget af drift, og en fremskrivning af omfanget frem mod 2030 peger på en øgning af den økologiske drift med en faktor 1,5-2 samt øget skovrejsning (Blicher-Mathiesen & Sørensen, 2020). Samlet set er størrelsen af det omlagte areal fremskrevet til at omfatte en samlet reduktion på i alt 109.000 ha (Jensen, 2019). Desuden forventes en mindre atmosfærisk deposition, udvikling i udbytter og afgrødernes kvælstoftilførsel mv. at give mindre kvælstofudledning i 2027. Flere yderligere initiativer er vedtaget af Folketinget, men bliver først fuldt implementeret i løbet af de næste par år. Det omhandler øget krav til udnyttelse af kvælstof i husdyrgødning, forbud mod at udbringe fast husdyrgødning om efteråret, forbud mod at gødske §3-arealer og krav om mindre kvælstoftilførsel til humusholdige landbrugsjorde. Dog vil klimaændringer kunne bidrage til at øge kvælstofudledningen. Ved et kvælstofudledningsniveau som i perioden 2007/08-2017/18 vil en fortsat stigning i vandafstrømning, som er registreret i de sidste 30 år, kunne øge kvælstofudledningen fra Vest-, Syd- og Nordjylland med op til 7-8 % i en 9 års-periode frem mod 2027 (Blicher-Mathiesen & Sørensen, 2020). Klimaændringer vil derfor i høj grad kunne skygge for effekter af de virkemidler, der allerede er og vil blive implementeret til at reducere kvælstofudledningen til havet. Desuden vil ekstreme klimaforhold, som vi har set med tørkeramte lave udbytter i 2018 efterfulgt af ekstrem høj nedbør og dermed høj vand- og kvælstofafstrømning til havet i 2019, kunne øge kvælstofudledningen. Sådanne ekstremhændelser vil yderligere kunne forringe miljøkvaliteten i havet.

Produktion af vedvarende energi – vind-, tidevands- og bølgeenergi (AU, DCE)

Bo Riemann

Der er i dag 14 havvindmølleparker i danske farvande. Den samlede kapacitet er på 1.699 MW (Energistyrelsen). Der er p.t. planer om yderligere 13 havvindmølleparker med en potentiel kapacitet på 4.924 MW. I 2018 udgjorde vindenergien 41 % af den samlede elforsyning. Indregner man kapaciteten i de aktuelle og de nuværende vindmølleparker og antager, at den nuværende energiforsyning er konstant til 2030, samt at de aktuelle 13 projekter vil blive gennemført inden 2030, så vil vindenergien dække 159 % af den samlede elforsyning i 2030. Selvom denne fremskrivning er meget usikker, så viser den dog, at vindenergi i 2030 vil udgøre hovedparten af den danske elforsyning.

Tidevandsenergi er baseret på to meget forskellige teknologier, som er dæmninger med vandturbiner, der udnytter højdeforskellen, og tidevandsmøller, der drives af tidevandsstrømmen. Tidevandsenergi kræver en tidevands-højde på omkring 7 m, og da tidevandshøjden i Danmark med få undtagelser er mellem 0,1-1 m, er det ikke rentabelt at anvende denne form for vedvarende energi.

Bølgeenergi produceres ved at tappe energien i havets bølger ved hjælp af særlige anlæg på havet. Erfaringerne viser, at det er muligt at bruge bølgekraften til at producere energi både ved lave vindhastigheder, hvor bølgerne er små, og i stormvejr, hvor bølgerne er store. Også i Danmark er bølgeenergianlæg en ung teknologi. Danmark havde i slutningen af 2015 tre bølgekraft-demonstrationsprojekter. Herunder har testcenteret DanWEC (Danish Wave Energy Center) i 2015 etableret et ca. 5 km² stort test site, hvor der i årene fremover kan placeres flere testanlæg, som kan ligge på havdybder mellem 7 og 27 m. Bølgeenergi har et potentiale til at kunne bidrage til elforsyningen, men der fordres en større udvikling af teknologien, og det er tvivlsomt, om bølgeenergien vil udgøre en væsentlig energikilde i Danmark i 2030 (Energistyrelsen).

Ikke-vedvarende energi – fossil- og atomkraft (AU, DCE)

Bo Riemann og Hans Jakobsen

Kul, naturgas og olie kalder vi til sammen for fossile brændsler, og de er dannet for mange millioner år siden ud fra plantedele og rester af den tids smådyr. De organiske stoffer i disse plante- og dyrerester er igennem de mange år blandt andet udsat for et enormt højt tryk og forskellige biologiske og kemiske processer og derved efterhånden blevet omdannet til enten næsten rent kulstof i fast form eller olie og naturgas. Frem til 2030 er de danske målsætninger: 1) udfasning af kul hos energiselskaberne. De danske kulkraftværker skal erstattes, så der i 2030 ikke længere fyres med kul i Danmark. Endnu er der ikke nogen klar handlingsplan for hvordan. Ifølge aftalen skal der derfor laves en analyse af, hvordan en sådan udfasning kan planlægges, så der ikke kommer mangel på energi i de områder, der i dag er afhængige af kul. 2) Vedvarende energi skal stå for 55 % af energiforbruget. 3) Vedvarende energi skal stå for 100 % af elforbruget, og 4) mindst 90 % af fjernvarmeforbruget skal være baseret på andre energiformer end kul, olie og gas. I 2018, da aftalen blev indgået, var 40 % af Danmarks energibehov dækket af vedvarende energi. Det skal ifølge aftalen øges til 55 % i 2030 (Energistyrelsen). Det bør være muligt hurtigt at opnå en stor forandring på el-området. Målsætningen er derfor, at hele Danmarks elforbrug skal dækkes med vedvarende energi allerede i 2030. Der er på nuværende tidspunkt ingen udsigt til, at der i 2030 vil være etableret atomkraftanlæg i Danmark. Et bredt flertal af Folketingets partier har vedtaget en klimalov ved udgangen af 2020, der betyder, at Danmark skal være klimaneutralt senest i 2050. En af klimalovens konsekvenser er, at år 2050 er slutdato for alle eksisterende tilladelser til olie- og gasindvinding i Danmark, samt at alle udbudsrunder til udvinding af olie og gas i den danske undergrund er aflyst. Dette vil betyde en nedgang i olie- og gasrelaterede aktiviteter, idet nogle felter vurderes udtømte mod 2030, og et drastisk fald i aktiviteterne omkring olie- og gaseftersøgningen.

3.2 Udvinning af levende ressourcer

Fiskeri – erhvervs- og rekreativt fiskeri (DTU Aqua)

Fiskekvoter, og dermed også indirekte aktiviteten inden for erhvervsfiskeri, fastsættes hvert år ud fra en politisk afvejning af fiskebestandenes aktuelle tilstand og målsætningen for forvaltningen. Ifølge EU's fælles fiskeripolitik bør fiskeriet bidrage til at skabe miljømæssige, økonomiske og socialt bæredygtige forhold på lang sigt, herunder at fiskeritrykket så hurtigt som muligt – og senest inden udgangen af 2020 – tilpasses målsætningen om at genoprette og opretholde fiskebestandene på niveauer, som kan give et maksimalt bæredygtigt udbytte (Maximum Sustainable Yield, MSY).

Seneste statusopgørelse fra EU-Kommissionen (Com (2020) 248) viser, at MSY-målsætningen langt fra er nået for alle bestande. Generelt er andelen af bestande, der fiskes for hårdt i forhold til målsætningen, størst for gruppen af torskefisk og mindre for gruppen af fladfisk, pelagiske fisk og jomfruhummer. Biomassen af torsk er meget lav for både bestanden i Nordsøen og Skagerrak samt for bestanden i Kattegat (ICES, 2019a). Torsk fanges, tilsigtet eller utilsigtet, i en lang række fiskerier efter bundfisk og jomfruhummer, så en genopretningsplan for torskebestandene vil kunne medføre yderligere restriktioner og en mindre aktivitet for en væsentlig del af det demersale fiskeri. For de pelagiske fiskerier er det umiddelbare problem bestanden af sild i den vestlige del af Østersøen med en udbredelse ind i Kattegat og Skagerrak. Biomassen af denne sildebestand er meget lav (ICES, 2019b), og en genopretning af bestanden vil kræve begrænsninger i det pelagiske fiskeri, muligvis over en længere årrække.

Torsk fra Østersøen har historisk været en meget betydende del af økonomien for det demersale fiskeri i området. For den østlige torskebestand, med fangstområder omkring Bornholm og uden for de danske havområder, vurderer ICES, at den naturlige dødelighed af torsk nu er så høj, at der ikke bør fiskes på bestanden (ICES, 2019b). Den store naturlige dødelighed skyldes en forringelse af torskens habitat, men et for stort fiskeritryk har også bidraget til den nuværende dårlige tilstand af bestanden. Det ser ikke umiddelbart ud til, at tidligere tiders fiskeri kan genoptages inden for en kort årrække.

Fiskeriet efter muslinger og østers foregår kystnært i Limfjorden, Isefjorden og langs den jyske østkyst. Endvidere er der et fiskeri omkring Horns Rev og i Vadehavet. Der er fra erhvervets side interesse for at udvide antallet af aktive fiskeriområder til at gælde fx Storebælt. Der landes i størrelsesordenen 30-60.000 tons muslinger årligt inkl. alle arter ifølge Fiskeridirektoratets landingsstatistik. Som regel svarer det til, at op til 5-8 % af arealet i de befiskede områder påvirkes. Forvaltningen er underlagt retningslinjerne i muslinge- og østerspolitikken samt krav om konsekvensvurdering ved fiskeri i Natura 2000-områder. Fiskeri efter muslinger og østers forventes at være stabilt i omfang i den kommende periode.

Klimaændringer har allerede påvirket produktionen af biomasse og bestandenes geografiske fordeling (Baudron, 2020) og dermed fiskerimuligheder i et givent område inden for de seneste årtier (fx Bauer et al., 2019; Lotze et al., 2019). Scenarier viser ofte en lavere produktion af specielt større og dermed ofte mere værdifulde rovfisk. Det er ikke muligt at kvantificere effekten af klimaændringerne på fiskeriet for de næste 10 år, men det mest sandsynlige synes at være en nedgang i fiskerimulighederne i det danske havområde for medium- og højværdibestande.

Fangster fra det rekreative fiskeri har generelt kun en marginal betydning i forhold til fangsterne fra det kommercielle fiskeri (Radford et al., 2018) med torsk i den vestlige Østersø som undtagelsen. Omfanget af det rekreative fiskeri i danske farvande er svagt faldende set over de sidste 10 år, hvis man måler det ud fra antallet af indløste fisketegn (MFVM, 2019). Dog synes COVID-19-pandemien at have givet en stigning i 2020. For 2019 var der indløst 137.000 årstegn til lystfiskeri og 28.000 fisketegn til fritidsfiskeri. Der forventes ikke en stigning i aktiviteten for det rekreative fiskeri i perioden indtil 2030.

Storbritanniens udtræden af EU med en mulig genforhandling af fiskerirettigheder og COVID-19-pandemien med dens fald i afsætning for visse højværdiarter vil bringe særlige udfordringer i den nære fremtid. Samlet vurderes MSY som målsætning at være det bedste bud på en langsigtet fælles fiskeripolitik for bestande og dermed også bestemmende for fiskeriaktiviteten inden for det danske havområde. Det er ikke muligt med en rimelig sikkerhed, at beregne den nødvendige reduktion i fiskeriindsats for at opnå MSY-baseret forvaltning inden 2030. Et bud kunne være en 20 %'s reduktion i fiskeriindsatsen over de næste 10 år. Det er ikke muligt at forudsige udviklingen inden for specifikke fiskerier og redskabsgrupper.

Jagt og indsamling – jagt på havfugle og sæler samt kontrol af invasive arter (AU, DCE)

Bo Riemann

Der er udpeget 12.112 km² fuglebeskyttelsesområder i danske farvande, heraf er 9.573 km² også habitatområder (Miljøstyrelsen). Jagt på havfugle uden for de beskyttede områder er tilladt i perioder og gælder for nogle fuglearter og på bestemte årstider. I 2030 forventes jagt på havfugle at være nogenlunde den samme som nu. Men der kan imidlertid blive tale om begrænsninger i jagten, såfremt der etableres artsfredninger af fugle eller flere beskyttede områder med forbud mod jagt og/eller indføres yderligere tidsmæssige begrænsninger i jagten på særligt udsatte arter.

Både marsvin og spættet sæl og gråsæl forekommer i danske farvande, er fredede i Danmark og optræder derudover i habitatdirektivets bilag II (alle arter), hvorfor der er habitatområder for arterne, hvor de er særligt beskyttede mod stressfaktorer (Miljøstyrelsen). Derfor er der som udgangspunkt ingen jagt på marine pattedyr, med mindre der ønskes reguleringer med særskilte tilladelser fra myndighederne. Derudover optræder marsvin i habitatdirektivets bilag IV over arter, der kræver særligt omfattende beskyttelse i hele deres udbredelse. Begge sælarter optræder i habitatdirektivets bilag V, for hvilke arter det kræves, at udnyttelse af arten er i overensstemmelse med at bevare eller bringe arten i gunstig bevaringsstatus. I Danmark kan den spættede sæl reguleres i nærheden af fiskeudstyr efter ansøgning fra en fisker, der oplever problemer med sæler. I fremtiden kan klimaændringer få kraftige negative indvirkninger, særligt på sælbestandene, da fødegrundlaget og yngle- og rasteplasser kan ændre sig uforudsigeligt. Der er på nuværende tidspunkt ingen habitatområder med marsvin på udpegningsgrundlaget, men Miljøstyrelsen har i 2019 i udpegningsgrundlaget for samtlige marine Natura 2000-områder foreslået marsvin tilføjet i en række habitatområder. Det er uklart, om der vil opstå behov for regulering af havpattedyr før 2030, og det afhænger af en række faktorer. Såfremt miljøkvaliteten i havet forbedres i perioden indtil 2030, vil der ske en gradvis nedgang i den biologiske produktion, som vil påvirke bestanden af havpattedyr negativt. Det vil kunne betyde en nedgang i

fødemulighederne, som vil tvinge sælerne ind i åerne og/eller væk fra deres normale fourageringsområder. De vil også i et øget omfang påvirke fiskeriet med garn og ruser, som kunne fordre en tidsbegrænset regulering af sælbestanden.

Overordnet er regulering af ikke-hjemmehørende og/eller invasive marine arter ikke muligt. Antallet af ikke-hjemmehørende marine arter steg i perioden 1980-2014 fra 30 til 77 (Stæhr et al., 2018). En del af disse ikke-hjemmehørende marine arter er invasive arter, som betegner den lille gruppe af introducerede arter, som ved menneskets hjælp har spredt sig uden for deres naturlige udbredelsesområde og udgør en trussel for hjemmehørende arter, deres levesteder og økosystemernes funktion (Miljøstyrelsen). Stigningen i antallet af ikke-hjemmehørende marine arter skyldes blandt andet udslip af ballastvand fra søtransporten, nedbrydning af spredningsbarrierer og miljø- og klimaforandringer. En del af de ikke-hjemmehørende marine arter udvikler sig til invasive arter, som er kendetegnet ved, at der ses negative effekter på de marine økosystemer. Klimaforandringerne og den fortsatte vækst i søtransporten forventes fremover at bidrage til flere ikke-hjemmehørende arter. Således er der på europæisk plan i dag mere end 787 ikke-hjemmehørende arter, hvoraf mange vil kunne spredes til danske farvande (Tsiamis et al., 2019). I de fleste tilfælde er det forvaltningsmæssigt ikke muligt at regulere og/eller fjerne ikke-hjemmehørende arter og invasive marine arter. Et par eksempler på invasive arter i de danske farvande (Petersen, 2018): Den amerikanske ribbegoble (*Mnemiopsis leidyi*) er fundet i alle de danske farvande. Sortmundet kutling (*Neogobius melanostomus*) er en invasiv fisk, som fouragerer på havbunden og konkurrerer med andre fiskearter, og den har hurtigt spredt sig til mange steder i de danske farvande. Butblæret sargassotang (*Sargassum muticum*) blev introduceret i begyndelsen af 1980'erne til Nissum Bredning og har siden da bredt sig over hele Limfjorden og nu langs kysterne i laveksponerede områder i Kattegat (Stæhr et al., 2019). I perioden til 2030 vil mængden af både ikke-hjemmehørende og invasive marine arter fortsat stige både i de indre farvande og i Nordsøen. Det er uklart, i hvilket omfang disse arter vil påvirke biodiversiteten og miljøkvaliteten i de danske farvande. Såfremt der etableres en god miljøkvalitet i 2030 og samtidig en god biodiversitet med gode fiskebestande, vil nogle af de skadelige invasive marine arter måske kunne holdes nede via prædation fra store fisk.

3.3 Udvinning af ikke-levende ressourcer

Infrastruktur (platforme) og rør (AU, DCE)

Bo Riemann

Kabler og rørledninger, som leder olie, gas og el fra offshore-installationer til land, findes mange steder på havbunden (Søfartsstyrelsen). I etableringsfasen opretter Søfartsstyrelsen en beskyttelseszone på 200 meter på hver side af kabel- og/eller rørledningstracéet, som er gældende, fra det offentliggøres i Efterretninger for Søfarende. I beskyttelseszonen er der forbud mod opankring, sandsugning, stenfiskeri og brug af bundslæbende redskaber. Den permanente beskyttelseszone etableres ved at indtegne søkablet eller rørledningen i søkortet. Der må ikke foretages undersøiske arbejder eller aktiviteter inden for søkablers eller rørledningers beskyttelseszoner uden forudgående aftale med søkabel- eller rørledningsejeren. I perioden til 2030 forventes der mange

nye offshore-installationer i form af vindmølleparker, energiøer, broforbindelser mv. Denne udvikling vil fordre mange nye kabler og rørledninger på havbunden.

Metal, sand og grus (AU, DCE)

Bo Riemann

Så vidt vides, foregår der ikke indvinding af metaller eller ”Deep Sea Mining” i de danske havområder eller i de øvrige dele af Nordsøen. Råstofindvinding foregår i alle danske områder og omfatter sand, grus, ral, mindre sten og i et mindre omfang skaller, som hentes på havbunden. Der indvindes i de danske havområder årligt ca. 6-11 mio. m³ ved stik- eller slæbesugning i særlige råstofindvindingsområder (Miljøstyrelsen; Danmarks Statistik). På verdensplan har der været en tredobling i indvindingen på 20 år samt også et stigende behov for nye indvindingsområder. Der forventes en fremtidig fortsat stigning i behovet for indvinding fra marine indvindingsområder. Det danske samfunds behov for råstoffer er også stigende grundet en række forskellige aktiviteter, herunder byggerier, havneudvidelser, strandfodring, diger, og energiøer.

Råstofindvindingen på land varierede i perioden 2009-2018 mellem 24 og 31 mio. m³. om året (Danmarks Statistik). Indvindingsområderne på land er meget forskellige i størrelse, og det bevirker, at de samlede udgifter til indvinding af råstoffer på land kan variere i forhold til omkostningerne ved udvinding i havet. Andre steder på land, hvor der er store ressourcer, formodes indvindingsomkostningerne at være lavere grundet lavere udgifter til transportudgifter. Dertil kan udnyttelser af landbaserede råstofressourcer møde stor modstand lokalt, som ikke er tilstede ved udnyttelse af råstofressourcer i samme grad til havs.

Ser man bort fra de forskellige typer af råstoffer, som fordeler sig forskelligt i de marine områder, så er de opgjorte råstofressourcer samlet set store og kan tilfredsstille flere årtiers forbrug. Der er geografiske forskelle, som vil nødvendiggøre flere indvindingsområder i regionale/lokale områder med særligt store behov for råstoffer, fx København og Aarhus. Afhængigt af mulig igangsætning af en lang række planlagte byggerier i kystzonen og etablering af øer til boliger og anlæg til vedvarende energi vil der i den kommende 10-års periode formentligt blive et behov for yderligere indvinding af råstoffer i både eksisterende og nye indvindingsområder.

3.4 Fysiske ændringer af kysten eller havbunden

Permanent landevinding

Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen har angivet ved personlig kommunikation, at de ikke har prognoser for omfanget af permanent landindvinding som følge af havneudvidelser. Der eksisterer pt en liste over større nye igangværende eller planlagte landindvindingsprojekter. Projekterne omfatter, Aarhus Havn, Esbjerg Østhavn, Vordingborg Havn, Lynetteholm i Københavns Havn og Holmene i Hvidovre. Det samlede areal for ovenstående projekter er 8.100.000 m². Det kan ikke afvises, at der kan komme nye projekter, som vil blive påbegyndt inden 2030. Landindvindingen i Vordingborg Havn er afsluttet, og resten af de planlagte projekter forventes færdige i 2030

Kystbeskyttelse og sikring mod oversvømmelser – mure, moler, bølgebrydere og beskyttelse mod oversvømmelser (DTU Aqua)

Kystbeskyttelse og sikring mod oversvømmelser omfatter fysiske konstruktioner som moler, bølgebrydere og i et vist omfang dæmnings og mure til beskyttelse mod oversvømmelser, hvis disse anlægges delvist på søterritoriet. Sådanne konstruktioner forekommer i sagens natur udelukkende helt tæt på kysten og vil påvirke det marine miljø direkte ved at ødelægge habitater, hvor de anlægges. Indirekte påvirker de miljøet ved at ændre strømningsmønstre samt ved at være substrat for epibentiske organismer, der ikke før var til stede i det pågældende område, og dermed har de en habitatmodificerende effekt (Petersen, 2018).

Der er etableret høfder eller anden form for hård kystbeskyttelse i alle danske vandplanområder som defineret i vandrammedirektivet, og en stor del af disse anlæg har ligget der i mere end 20-30 år. Der findes ganske præcise opgørelser af placering af hård kystbeskyttelse i danske farvande, men det kan dog samlet set antages, at de fysiske anlæg udgør et meget lille areal af de kystnære områder. Klimaforandringer med havstigninger og øgede stormflodshøjder forventes at føre til mere erosion og flere oversvømmelser fra havet. Det kan derfor forventes, at etablering af hård kystbeskyttelse og foranstaltninger til at begrænse oversvømmelser vil øges betydeligt i de kommende år.

Offshore-anlæg (som ikke er til udvinding af energi) – anlagte rev og øer (DTU Aqua)

Der er siden årtusindeskiftet blevet etableret en række stenrev i danske farvande. Selvom formålet har været at genetablere en række hårbundshabitater, der er blevet tabt i forbindelse med fx stenfiskeri, kan etablering af disse rev betegnes som udlægning af kunstige rev. Der anvendes imidlertid udelukkende natursten eller granitblokke til etablering af revene, og der bruges endnu ikke kunstige materialer. Formålet med etableringen er at øge den lokale biodiversitet og skabe levesteder for fiskearter som fx torsk. Der er estimeret lagt ca. 120-130.000 m³ sten ud i danske farvande, hvoraf revet ved Læsø trindler på ca. 60.000 m³ sten er det største. Et andet eksempel er stenrevene ved Als, hvor der er lagt ca. 25.000 m³ sten ud fordelt på 10 forskellige lokaliteter omkring Als. Der vil ved udlægning af stenrev være en akut effekt på den fauna og evt. flora, der er etableret i området. Derudover forventes revene at bidrage til øget biodiversitet. Den udlagte mængde sten udgør estimeret mindre end 2 % af det volumen sten, der er fjernet fra havbunden ved stenfiskeri i perioden 1900-1999, hvor forbuddet mod stenfiskeri reelt blev effektueret. Da etablering af stenrev anvendes som et virkemiddel i forbindelse med marin naturgenopretning, kan det antages, at der vil være en stigende frekvens af etablering af sådanne rev, blandt andet drevet af lokale interessegrupper.

Kunstige øer bliver i danske farvande primært etableret i relation til havne- og byudvidelser (se under "Fysiske ændringer af kysten eller havbunden") eller som en del af trafikanlæg (se "Infrastruktur til transport"), fx anlæggelse af Peberholmen som en del af den faste forbindelse over Øresund. Etablering af kunstige øer vil have en umiddelbar negativ effekt på plante- og dyrelivet der, hvor øerne placeres, samt – afhængigt af øernes størrelse og placering – en effekt på de lokale strømforhold og vandskifte.

Ændring af havbundens morfologi – uddybning/opgravning, klapning og sandfodring (DTU Aqua)

Ændring af havbundens morfologi i form af uddybning og vedligeholdelse af sejlrender/havne med tilhørende klapning af det opgravede materiale samt opgravning af materiale til kystsikring (typisk sandfodring) foregår i stort set alle farvandsområder – dog især kystnært, hvor der dels er behov for kystsikring, dels behov for vedligeholdelse af sejlrender. Principielt omfatter aktiviteterne forskellige kategorier: i) klapning, der er dumpning af opgravet materiale typisk fra havne/sejlrender på godkendte klappladser, ii) bypass, der er en videreførelse af sediment langs kysten på læsiden af den konstruktion (typisk en havn), der har standset den naturlige sedimenttransport, og iii) nyttiggørelse, hvor sedimentet anvendes til andre formål end bypass, fx kystfodring et andet sted. Der findes informationer hos Miljøstyrelsen om mængden af klappet materiale og klappladser. Der findes imidlertid ingen oplysninger om mængden af udgravet materiale. Derudover har Kystdirektoratet mængdeangivelser fra 2012 for de udgravninger og klapninger, som direktoratet har været ansvarlig for. Fra 2016 findes der i Kystdirektoratet informationer om mængden af losset materiale i forbindelse med bypass, kystfodring / nyttiggørelse (se Petersen, 2018, for detaljer om aktiviteter).

Ifølge Kystdirektoratets datasæt for 2012-19 var der noteret gravning for 36.663 aktiviteter udført af virksomheder på vegne af Kystdirektoratet. Langt størstedelen (94 %) blev udført med slæbesugning, hvor den gennemsnitlige last pr. fartøj var 1.239 m³. I samme periode var der noteret losningsmetode for 36.517 losningsaktiviteter, hvoraf størstedelen blev udført ved brug af enten split eller klap. For gravning og losning i forbindelse med klapning og bypass udgør de samlede udpegede arealer for alle aktiviteterne i vandområderne 1.000-2.420 ha

Med de modellerede klimaforandringer resulterende i flere voldsomme hændelser kan det antages, at behovet for ikke kun kystsikring gennem sandfodring, men også vedligehold og uddybning af sejlrender vil øges i betydeligt omfang. Det vil dog ikke være muligt at give præcise estimater af det forventede øgede omfang.

3.5 Turisme og fritidsaktiviteter

Sejlads, vandsport, badning på strande, naturoplevelser og kulturoplevelser under vand (AU, DCE)

Bo Riemann

Rekreative og turistmæssige aktiviteter har i mange år været vigtige for jobskabelse, økonomi og velfærd i de danske kystområder. I det seneste årti har man påbegyndt indsamling og kvantificering af betydningen af disse aktiviteter i form af jobskabelse, økonomi og til dels også velfærd (Riemann et al., 2019; Riemann et al., 2020). I dag er turisme og friluftsliv den største økonomiske faktor i de kystnære danske havområder. Nogle steder i landet påvirker de mange mennesker og aktiviteter infrastrukturen i kystzonen negativt. Andre steder, fx i Øresundsregionen, har infrastrukturen i højere grad udviklet sig i takt med den generelle vækst i byerne, så infrastrukturen kun er belastet i mindre grad. Der forventes en betydelig yderligere vækst i de næste årtier inden for turisme og rekreation, og i 2030 forventes værdierne af disse aktivi-

teter at blive af afgørende betydning for jobskabelse, økonomi og velfærd nationalt, regionalt og i lokalområder. En væsentlig forudsætning for denne udvikling er imidlertid et godt havmiljø.

3.6 Transport

Infrastruktur til transport – fiskeri-, industri- og færgehavne, broer og tunneller (DTU Aqua)

Infrastruktur til transport omfatter anlæggelse af broer, tunneler, havne og fysiske anlæg associeret som fx kunstige øer til placering af dele af anlæggene. Et aktuelt eksempel er anlæggelse af Femern Bælt-forbindelsen og tilhørende etablering af en ny Storstrømsbro. Femern Bælt-forbindelsen mellem Rødbyhavn og Putgarden kræver etablering af kystnære produktionsfaciliteter til at fremstille elementer til en sænketunnel. Selve etableringen af sænketunnelen kræver udgravning af en 60 meter bred, 16 meter dyb og ca. 18 km lang rende og senere losning (klapning/bypass/nyttiggørelse) af det opgravede materiale. Forbindelsen forventes at blive taget i brug i 2029 (<https://femern.com/da>). Etablering af den nye Storstrømsbro, der forbinder Sjælland og Falster via Masnedø, forventes afsluttet i 2023/2024. Broen bliver ca. 4 km lang og er dermed Danmarks tredjestørste bro.

Effekter af anlæg af infrastruktur vil være flere: i) direkte skader på den havbund, der påvirkes af anlægsaktiviteterne; ii) suspension af opgravet materiale ved gravning og losning; iii) støj under anlægsarbejdet, fx nedhamring af fundering, der kan skræmme fugle og marine pattedyr; iv) forstyrrelser i form af øget trafik under anlægsarbejdet. Denne type anlæg vil normalt altid kræve en miljøgodkendelse i form af en VVM-redegørelse.

Ud over de kendte planlagte og igangværende aktiviteter som beskrevet under ”Permanente landvindinger” er der ønske om andre aktiviteter såsom udbygning af Hanstholm Havn, og der er mulighed for andre større projekter som fx etableringen af Kattegatforbindelsen, en ny Lillebæltsbro samt en Als-Fyn-forbindelse. Det kan således forventes, at der vil være en stigende aktivitet i den kommende periode.

Skibsfart – skibsværfter, skibstrafik og fortøjning (DTU Aqua)

Kommerciel skibsfart – der ikke er fiskeri – omfatter en række forskellige aktiviteter som fx færger til passagertrafik, herunder krydstogtskibe, godstrafik med mange forskellige størrelser skibe og anden trafik til fx offshore-anlæg med energiproduktion og forskellige typer overvågning. Der er ikke foretaget totalt dækkende analyser af omfanget af skibstrafikken i danske farvande, men det kan antages, at trafikken på specielt dybvandsruterne gennem Skagerrak, Kattegat og Bælthavet er ganske omfattende, da de indre danske farvande er adgangen til og fra Østersøen. Trafikken vil være koncentreret i de etablerede sejlrunder samt omkring havne. Således sejler der årligt ca. 70.000 skibe (med en forventet størrelse >300 BT) gennem Kattegat, hvor hovedparten er skibe med stor dybgang, der sejler til og fra Østersøen.

Skibstrafik kan påvirke havmiljøet på flere forskellige måder direkte, fx gennem bølge- og hvirveldannelse, og indirekte fra de emissioner fra skibsmotorer samt udledninger og udsivninger (fx antibegroningsmidler), der kommer fra skibene. Dertil kommer, at skibstrafik er en kilde til støjforurening, der kan

påvirke fx marine pattedyr og fugle. Endelig vil der være akutte effekter i forbindelse med skibsforslis i form af tab af brændstof og evt. farligt materiale. Der kan indhentes oplysninger om omfanget af skibstrafik gennem databaser vedrørende sejlads, fx AIS (Automatic Identification System). Data indsamles og udbydes af Søfartsstyrelsen for alle fartøjer over 300 BT, for hvilke ordningen er obligatorisk. Også skibe under 300 BT er tilknyttet AIS, men her er systemet ikke obligatorisk, og data indsamles ikke nødvendigvis i hele sejltiden. Sejladsdata dækker alle danske farvande med præcise skibspositioner, og data er tilgængelige i realtid såvel som i retrospektive sammenfatninger, der muliggør præcis lokal og tidlig kvantificering og kortlægning af skibstrafik efter 2005 (se Petersen, 2018, for detaljer om omfang og teoretiske påvirkningsmekanismer af skibstrafik). I en analyse fra HELCOM er det vist, at der i perioden 2006-2016 for hele Østersøregionen ikke er sket betydelige ændringer i trafikintensiteten målt i tilbagelagte sømil for skibe over 300 BT, hvilket også er det bedste bud på en fremtidig udvikling.

3.7 Byer og industri

Byer (AU, DCE)

Bo Riemann

Bymæssige områder defineres officielt i Danmark som en sammenhængende bebyggelse med mere end 200 indbyggere og med maksimalt 200 meter mellem bygningerne (undtagelse for sportspladser, skoler, kirkegårde, parker m.m.). Efter 1980 har byudviklingen taget en retning mod en funktionel-geografisk integration af større regioner bestående af alle typer af bebyggelser. Specielt afindustrialiseringen har tilsyneladende frigjort den tidligere fastholdelse af erhverv og bosætning til eksisterende, større byområder. I stedet er den regionale bytype ved at etablere sig (Andersen et al., 2005). En væsentlig forudsætning for væksten i byerne er arbejdspladspotentialet, som et mål for adgangen til arbejdsmarkedet, som en alternativ forklaring på byvækstens geografiske fordeling og den aktuelle byudvikling. De danske byer er under ét vokset med 8 % i perioden 1981-2004. Men væksten er ikke jævnt fordelt. Gennem 1980'erne var udviklingen beskeden, hvorimod vækstraten var større i 1990'erne og især i anden halvdel af 1990'erne og frem til 2004. Fordelt på størrelseskategorier er væksten meget uensartet. Områder som Bornholm, Læsø, Anholt, Ærø m.m. har haft meget lave vækstrater. De største vækstrater omfatter Storkøbenhavn og Aarhus og i markant mindre grad Aalborg, Odense, Esbjerg, Herning og Viborg, hvor væksten har været markant stigende. Denne udvikling, der især har fundet sted gennem de seneste årtier, har betydet en styrkelse af først og fremmest København og bybåndet Kolding – Aarhus, primært reguleret af arbejdspladspotentialet.

Som et eksempel på byernes vækst er der siden 1995 blevet 30 % flere københavnere, og befolkningsvæksten forventes at fortsætte frem mod 2030 (Andersen et al., 2005). Udviklingen i København er en del af en generel trend, hvor befolkningen søger mod de store byer. København er samtidig en ung by med en stor andel unge borgere, og byen har landets laveste gennemsnitsalder på 35,9 år. Fra 2019 forventes et kraftigt stigende antal ældre. I 2030 vil andelen af borgere over 80 år være vokset med næsten 60 %. Den fortsatte befolkningstilvækst i de større byer har betydning for flere forhold i en fremskrivning til 2030. For det første igangsættes en række store byggerier ofte i de mest attraktive områder langs kysterne. For det andet stiger boligpriserne

og forventes fortsat at stige, hvilket betyder en stigende skævvridning af befolkningsgrundlaget hen imod de mere velstillede grupper, der oftest ønsker integration mellem boliger og kystområder.

Industri (AU, DCE)

Bo Riemann

I den danske del af Nordsøen er der produktion på 55 platforme fordelt på 20 olie- og gasfelter. Total står for produktionen på 15 af felterne, mens INEOS er operatør på tre felter, Hess på ét felt og Wintershall på ét felt (Energistyrelsen).

For 2019 forventer Energistyrelsen, at olieproduktionen bliver 6,1 mio. m³, svarende til ca. 105.000 tønder olie pr. dag. For perioden 2019 til 2023 er skønnet for olieproduktionen i gennemsnit nedskrevet med 6 %, dels på grund af nedskrivning af produktionen på nogle af de større felter, dels som følge af revision af opstartstidspunkter for diverse projekter. Prognosen for felter og fund er blevet revurderet i forhold til sidste år som følge af nye data og oplysninger, bl.a. produktionserfaringer. Endvidere er diverse udbygningsprojekter blevet revurderet, og det har ført til både op- og nedskrivninger og samlet set til en nedskrivning af olieressourcerne på 2 mio. m³. I prognoseperioden indtil 2035 forventes Danmark ikke at være nettoeksportør af olie, og i 2035 forventes produktionen at ligge omkring 4 mio. m³.

For 2019 forventes produktionen af salgsgas at blive 2,4 mia. Nm³, svarende til ca. 44.000 tønder olieækvivalenter pr. dag. Skønnet for produktionen i prognoseperioden 2019-2023 er i gennemsnit opskrevet med 6 %, hovedsageligt som følge af en revurdering af gasproduktionen på nogle af de større felter. Det skønnes, at Danmark vil være nettoeksportør af salgsgas til og med 2034 bortset fra årene 2020 og 2021, hvor der sker en genopbygning af anlægene på Tyra-feltet. Prognosen for salgsgas angiver de mængder, som Energistyrelsen forventer, at det er teknisk muligt at producere. Den faktiske produktion afhænger imidlertid af salget på grundlag af de nuværende og fremtidige gassalgskontrakter. I 2035 forventes produktion og det nationale forbrug at være faldet til omkring 2 mio. m³.

Affaldsforbrændingsanlæg (AU, DCE)

Bo Riemann

Affaldsforbrændingsanlæg defineres som enhver stationær eller mobil teknisk enhed samt udstyr, der udelukkende benyttes til varmebehandling af affald, uanset om forbrændingsvarmen genanvendes eller ej. Dette omfatter forbrænding af affald ved oxidering samt andre varmebehandlingsprocesser såsom pyrolyse, forgasning eller nedsmeltning, når produkterne af denne behandling derefter forbrændes. Der findes lidt under 30 forbrændingsanlæg i Danmark (DAKOFA; Miljøstyrelsen). De behandler affald fra boliger, kontorer, butikker, virksomheder og institutioner. Anlæggene brænder affald, der ifølge miljølovgivningen er forbrændingseget. Det er affald, som ikke kan blive genbrugt og er for godt til at blive deponeret. Det svarer til omkring 1/3 af alt affald i Danmark. Den fremtidige affaldsmængde til forbrænding vil være påvirket af incitamentet for en øget genanvendelse, som vil flytte affald væk fra forbrænding (Miljøstyrelsen). Omvendt forventes stoppet for deponering af forbrændingseget affald at flytte store mængder affald fra deponering til forbrænding. Samlet set forventes der en stigning i affaldsmængderne

frem til 2030, som vil give mere affald til forbrænding, og dette indikerer, at der frem til 2030 skal opføres yderligere forbrændingskapacitet. Se endvidere afsnittet om affaldshåndtering.

Kraftvarmeværker (AU, DCE)

Bo Riemann

Kraftvarmeværker producerer elektricitet (kraft) og udnytter derudover overskudsvarmen til at levere varme til fjernvarmenettet. Kraftvarmeværker er meget udbredt i Danmark i modsætning til resten af verden. Den store udbredelse af kraftvarmeværker i Danmark skyldes dels behovet for varme i danske husstande, dels at befolkningstætheden er tilstrækkelig stor, dels en politisk beslutning om tilslutningspligt til kraftvarmeværker samt en stor teknologisk indsats i at udvikle og effektivisere kraftvarmeværker. Avedøreværket er et eksempel på et avanceret kraftvarmeværk med en udnyttelsesgrad på 94 %. Energistyrelsens årlige basisfremskrivning omfatter en teknisk, faglig vurdering af, hvordan udledning af drivhusgasser samt energiforbrug og energiproduktion vil udvikle sig i perioden frem mod 2030 under forudsætning af et såkaldt "Frozen Policy"-scenarie. "Frozen Policy" betyder, at udviklingen er betinget af et fravær af nye tiltag. Kulfyret forsyning er under udfasning frem mod 2030 (Energistyrelsen). Med den forventede udfasning af kul på Nordjyllandsværket ultimo 2028 og den nylige beslutning om kuludfasningen på Fynsværket i 2022 i Odense Kommune forventes den kollektive forsynings forbrug af kul at være fuldstændig udfaset før 2030. Omstilling væk fra kulfyret forsyning har været drevet af en blanding af incitamenter, herunder støtteordninger til omstilling til biomasse, afgiftsfritagelse for varme fra biomasse og gradvist lempede afgifter på forbrug af elektricitet til varme samt kommunale og private selskabers målsætninger. Endvidere forventes gradvis udfasning af gasbaseret kollektiv forsyning, som vil være halveret i 2030 ift. 2018. Dette er drevet af forbedrede muligheder for alternativ varmeproduktion og forringede vilkår for gas-baseret elproduktion bl.a. grundet lave elpriser og bortfald af statslig støtte. Gas forventes fortrinsvis anvendt i perioder med høje elpriser samt som spidslast i el- og fjernvarmeforsyningen. Varmeproduktionen vil i stedet komme fra biomasseanlæg, varmepumper og solvarme, mens elproduktionen primært vil komme fra vindkraft og solceller. Der vil fortsat i 2030 være brug for både olie, gas og kul i erhvervslivet. I denne fremskrivning af udviklingen til 2030 forventes det, at en række af de små decentrale kraftvarmeværker bliver udfaset, og at de øvrige værker påbegynder en udfasning af brugen af træflis til fordel for mere CO₂-neutrale varmekilder.

Shredder anlæg. Den primære kilde til shredderaffald er biler, og mængden af shredderaffald lå forholdsvis konstant i perioden 2015-2017 på omkring 100.000 tons (Miljøstyrelsen). Da biler generelt formodes at udvikle sig i en retning af færre og mere genanvendelige materialer, der ender som shredderaffald, forventes mængden af shredderaffald ikke at stige frem til 2030. Der er i dag to egentlige shredder anlæg i Danmark, og de håndterer hovedparten af shredderaffaldet. Der er p.t. ikke planer om at udvide med flere anlæg.

Deponier. I Danmark deponeres omkring 6 % af den samlede affaldsmængde, og dermed er Danmark et af de lande i Europa, der har den laveste deponeringsprocent. Danmark har haft tradition for at være langt fremme, når det gælder udvikling af deponeringsstrategier og -teknologier. Med Miljøstyrel-

sens vejledning nr. 9 fra 1997 blev der for første gang indført et sammenhængende koncept, og der blev taget stilling til den samlede tidshorisont for deponering (hver generation skal kunne tage vare på eget affald). Det var også i 1997, at Danmark som et af de første lande indførte et forbud mod deponering af nedbrydeligt affald. Siden implementeringen af EU's deponeringsdirektiv i 2009 er der sket en stor reduktion i antallet af deponeringsanlæg i Danmark, da mange anlæg ikke ønskede eller kunne fortsætte driften efter de nye regler. Derfor er der i dag kun 40 anlæg i drift. Tre af disse anlæg modtog i 2015 ikke affald til deponering. Affaldsmængderne til deponering har været faldende i en årrække, og i 2030 må det forventes, at de deponerede mængder er faldet yderligere grundet bedre affaldssortering og genanvendelse.

Affaldshåndtering, spildevand og kulstoflagring (AU, DCE)

Bo Riemann og Hans Jakobsen

EU's affaldsdirektiv fastsætter, at Danmark løbende skal øge genanvendelsen af husholdningsaffald og af lignende affald fra andre kilder (Municipal Waste – MW). Målet er, at minimum 60 % af affaldet skal genanvendes i 2030 (Miljøstyrelsen). Samtidig skal 70 % af alt emballageaffald genanvendes, og deponering skal reduceres til 10 % senest i 2035. De seneste kvalitetssikrede affaldsdata er fra 2017. Mængden af MW forventes at stige fra 4,6 mio. tons i 2017 til 5,7 mio. tons i 2030. Udviklingen frem til og med 2017 er dermed baseret på historiske data, mens datapunkterne efter 2017 er baseret på fremskrivninger. Data viser, at der har været en betydelig stigning i genanvendelsesprocenten i de seneste år. I fremskrivningen forventes fortsat en betydelig stigning i genanvendelsesprocenten frem til 2024, hvor krav om husstandsindsamling af madaffald er fuldt implementeret. Det fremgår af data, at den reelle genanvendelse, jf. affaldsdirektivets målepunkter for genanvendelse, i baseline vurderes at blive 48 % i 2030. Under en række forudsætninger vil flere virkemidler yderligere kunne øge genanvendelsesprocenten i 2030. Fremskrivningerne af genanvendelsesprocenten vurderes ikke at blive påvirket af klimaforandringerne.

Der ledes rensset spildevand til naturen fra punktkilder såsom renseanlæg, industri, havbrug og dambrug, spredt bebyggelse og fra kloakker, når det regner. Ved udvalgte regnvandsudløb og kloakker, der løber over på grund af regn, bliver antallet af prøver til analyser af en række forskellige stoffer styret af, hvor meget regn der falder, og dermed hvor meget vand der løber over fra kloakken. Den samlede udledning fra punktkilderne renseanlæg, industri, spredt bebyggelse, regnbetingede udledninger og akvakultur er for 2018 opgjort til 600 tons fosfor, 5.700 tons kvælstof og 9.200 tons organisk stof målt som BI5. Renseanlæg er den største punktkildetype til udledning af kvælstof og fosfor, idet ca. halvdelen af udledningen af næringssalte fra punktkilder kommer fra renseanlæg (Miljøstyrelsen). Siden midt 1990'erne er der løbende sket en centralisering af spildevandsrensningen på anlæg med effektiv næringsstoffjernelse. I alt er den samlede udledning af kvælstof, fosfor og organisk stof i hele perioden reduceret med hhv. 79 %, 91 % og 90 %. Siden 2004 har den samlede udledning af kvælstof, fosfor og organisk stof fra punktkilder været stort set uændret. Data om regnbetingede udløb af kvælstof og fosfor viser, at udledningerne af både kvælstof og fosfor faldt i perioden 2013-2018, formodentligt pga. af kommunale klimatilpasninger, der reducerer omfanget af regnbetingede udløb. I vandområdeplanerne 2015-2021 (VP1) er der fastsat indsatser over for ca. 366 regnbetingede udløb. Indsatser over for regnbetingede overløb håndteres ofte ved etablering af sparebassiner og lignende.

Der forventes en 10-15 % klimatisk betinget stigning i nedbøren ved udgangen af 2021. I de kommende vandområdeplaner forventes der yderligere indsatser over for regnbetingede udløb. Det er uklart, i hvilket omfang disse tiltag kan dæmme op for den større mængde nedbør, som i stigende grad forekommer som skybrud. Da det fortsat drejer sig om meget begrænsede mængder kvælstof og fosfor, er det overordnet set ikke noget, der generelt er kritisk for de akvatiske miljøer. Lokalt kan disse udløb dog have negative effekter på miljøet, såfremt udløbene foregår i algevækst- og iltvindperioder.

Øget lagring af kulstof er ifølge FN's Klimapanel IPCC (2005) et helt afgørende virkemiddel til at imødegå de værste klimaforandringer, og det vil reelt ikke være muligt at nå Parisaftalens mål uden en betydelig indsats for øget lagring af kulstof. Der findes mange metoder til at styrke kulstoflagring, særligt i terrestriske økosystemer. Der er videnskabelig usikkerhed om, hvor meget kulstoflagring de enkelte metoder reelt kan bidrage med, men der er generel enighed om, at de fleste af metoderne skal tages i brug for at nå klimamålene. Særligt lagring i skove og jorder samt brug af CCS-teknologier (Carbon Capture and Storage (CO₂-opsamling og -lagring)) er den samlede betegnelse for en række teknologier ([fangst og lagring af CO₂ \(CCS\) \(geus.dk\)](https://geus.dk/temaer/om-geus/om-geus-og-geus-dk)). Fælles for dem er, at de har til formål at opsamle og lagre CO₂ fra afbrænding af fossile brændsler, og de vurderes at have meget store lagringspotentialer og at kunne have den mindst samme betydning for den globale klimaindsats som eksempelvis udbredelsen af sol- og vindenergi. Der er behov for en fortsat vidensopbygning inden for kulstoflagring for at styrke indsatsen på den bedst mulige måde. Folketinget har d. 3 dec. 2020 vedtaget at afsætte væsentlige midler i 2021-2020 til at undersøge muligheden for sikker lagring af CO₂ i udfasede oliefelter i Nordsøen allerede fra 2025, sideløbende med at felternes aktiviteter afsluttes. Der er fra Folketingets side peget på, at de nuværende aktører i olie og gasindustrien skal spille en rolle, idet de allerede har adgang til en stor del af den nødvendige infrastruktur, herunder udtjente felter, der tænkes anvendt som lager. Det er således ikke fuldt afklaret, hvilke teknologier der endeligt vedtages anvendt, men dette kan muligvis medføre øgede støjgener frem mod 2030 som følge af øget aktivitet i forbindelse med CO₂-lagring. Omfanget af støj kendes ikke ved redaktionens afslutning.

3.8 Sikkerhed og forsvar

Overordnet har forsvaret meddelt, at forsvarets aktiviteter til havs i 2030 ikke på nuværende tidspunkt kan forudsiges, da de afhænger af den sikkerhedspolitiske udvikling. Til brug for analysen bør det nuværende aktivitetsniveau lægges til grund, idet dette skal betragtes som en ikke-bindende forudsætning, der kan ændre sig frem mod 2030.

Infrastruktur og håndtering af dumpet ammunition (AU, DCE)

Bo Riemann

Der findes i Østersøen og i Nordsøen store mængder dumpet krigsmateriale fra det tyvende århundredes verdenskrige. I Østersøen er der skønsmæssigt dumpet ca. 40.000 tons krigsmateriale fra skibe indeholdende omkring 15.000 tons giftige væsker. Materialerne er dumpet på særlige ammunitionspladser, men også smidt over bord undervejs til dumpingpladserne. Sennepsgas er den mest hyppigt forekommende komponent i bl.a. flybomber. Sennepsgas udgør en risiko for mennesker, som kommer i kontakt med gassen. Mængden

af aktive stoffer i ammunitionsdepoterne er igennem årene reduceret grundet korrosion, som har medført udsivning og mulig nedbrydning af stofferne (DCE, 2015 - dce2.au.dk/pub/SR174.pdf). En mindre del er blevet fjernet ved fiskeri og / eller fjernet af myndighederne.

3.9 Forskning og overvågning

Seismiske undersøgelser og miljøovervågning

Bo Riemann

Seismiske undersøgelser anvendes ved boringer og geofysiske undersøgelser, der er indsamlet gennem mange års efterforskning og produktion af olie og gas samt anden anvendelse af undergrunden som fx udnyttelse af geotermisk energi. Seismiske undersøgelser anvendes løbende i danske og grønlandske farvande. Med den stigende interesse for undersøgelser efter olie og gas ved Grønland forventes flere seismiske undersøgelser at finde sted. Ved de seismiske undersøgelser vil det seismiske fartøj i reglen sejle efter planlagte lige linjer (seismik-linjer) og holde en konstant lav hastighed. I mange tilfælde vil der være ca. 0,1-10 km mellem de enkelte seismik-linjer. Seismiske undersøgelser kan som nævnt have en midlertidig effekt på fisk, da de kan forsvinde kortvarigt fra nærområdet. Med fornuftig planlægning og hensyn vil der imidlertid både være plads til de seismiske fartøjer og fiskerne i samme område. Der er fortsat et fremtidigt behov for udforskning af havbundens indhold af råstoffer, olie- og gasforekomster og kendskab til forekomster og udbredelse af marine naturelementer, hvorfor der må forventes en fremtidig stigning i anvendelsen af seismiske undersøgelser i danske og grønlandske farvande (GEUS; Miljøstyrelsen).

Miljøovervågning i havet har været et fast element i implementeringen af en række EU-direktiver og de dertil hørende danske indsatsplaner og følgelove siden begyndelsen af 1980'erne. En del af EU-direktiverne har en cyklus indeholdende basisanalyser, indsatsprogrammer, overvågning og konsekvensvurderinger (Miljøstyrelsen). Overvågningens indhold omfatter analyser af en række stressfaktorer, som er væsentlige for at opnå/opretholde en god økologisk tilstand og en gunstig bevaringsstatus for de marine naturtyper, arter og habitater i havet. Der pågår løbende justeringer af miljøovervågningens omfang og indhold. I EU's direktiv om fysisk planlægning på havet er det hensigten at udarbejde en samlet plan for erhvervs-, samfunds- og miljømæssige forhold. Denne nationale havplan forventes offentliggjort i 2021. En overordnet udfordring for miljøovervågningen er at få indarbejdet effekter af de forskellige erhvervsaktiviteter og af de igangværende klimaforandringer samt at etablere en målrettet overvågning i mange af de større udpegede beskyttede områder for at registrere effekter af beskyttelsen.

4 Trin 3 Fremskrivning af deskriptorer

4.1 Introduktion til Trin 3

I trin tre af analysen beskrives udviklingen i deskriptorerne underliggende indikatorer enkeltvist. For hver indikator er der givet en fremskrivning frem mod 2030 med udgangspunkt i den samlede effekt af de fremskrevne menneskelige aktiviteter i GAP-analysens trin 2. Der er i fremskrivningen så vidt muligt taget højde for betydningen af klimaforandringer. I trin 3 forholder forskerne sig specifikt til havstrategiens deskriptorer med udgangspunkt i forskningsartikler og videnskabelige rapporter. Hvor det ikke har været muligt at fremskaffe fagfællebedømt materiale, er det bagvedliggende datamateriale forsøgt hentet fra de offentlige myndigheders egne oplysninger, fundet på deres respektive hjemmesider såsom Miljøstyrelsen, Danmarks Statistik og Energistyrelsen. Hvor myndighedernes hjemmesider er anvendt, er de pågældende myndigheder nævnt som reference, mens den specifikke placering er udeladt, da hjemmesider oftest ændres eller statistiske databaser opdateres løbende. Det er aftalt med miljøministeriet at omfanget er i størrelsesordenen 15 linjer pr. menneskelig aktivitet.

4.2 D1: Biodiversitet

1.1: Bifangst af havfugle (antal) (DTU Aqua)

Ib Kragh Pedersen og Morten Frederiksen

De indre danske farvande indgår i trækruten for millioner af fugle og udgør en nøgleregion for adskillige overvintrings- og ynglebestande af havfugle (Skov, 2011). Antallet af ynglende og overvintrende fugle i Danmark bliver overvåget under NOVANA-programmet med en statusrapport (Nielsen et al., 2019a) hvert 6. år. Et stort antal arter af dykænder og andre dykkende havfugle overvintrer i de danske farvande, herunder ederfugl, lomvie, alk, fløjlsand, sortand, skarv, troldand, havlit og flere arter af lappedykkere, lommer og skalleslugere. De er alle udsatte for at ende som bifangst i fiskeredskeer, specielt fra garnfiskeriet. Desuden kan arter som mallek, sule og adskillige mågearter blive viklet ind i fiskeredskeer eller have dødelige sammenstød med wirer og lignede, når de følger fiskefartøjerne eller dykker efter fiske-discard og fiskeindvolde i forbindelse med fiskeriet.

Der er afværgemekanismer under udvikling til at mindske bifangsten (Løkkeborg, 2011), men de har indtil nu ikke vist sig at være effektive til at reducere bifangsten i vores farvande (Field et al., 2019). Selv om indsatsen for et bedre datagrundlag og forståelse af bifangstens betydning er steget gennem de seneste år, er bifangstens betydning for de enkelte arter stadig usikker. Det synes dog klart, at garnfiskeriet har de største bifangstrater i dansk område. For Østersøen er bifangsten størst i antal i overvintringsområderne for dykænder, alkefugle og skarver. I Nordsøen, hvor der ofte fiskes på dybere vand, synes risikoen størst for arter af måger, mallek og alkefugle, der fourager i overfladen eller i vandsøjlen (Žydelis et al., 2013; DTU Aqua, unpubl.).

Bifangsten af fugle i fiskeriet er meget stærkt korreleret til fiskeriindsatsen, hvor der forventes (Trin 2) en reduktion på omkring 20 % i erhvervsfiskeriet indtil 2030 og en uændret aktivitet i det rekreative fiskeri. Langt størstedelen

af den samle fiskeriindsats er fra erhvervsfiskeri. En ca. 20 %'s nedgang i fiskeriindsatsen indtil 2030, og specielt en nedgang i garnfiskeriet, forventes at give en tilsvarende nedgang i dødeligheden forårsaget af fiskeri og, alt andet lige, en reduktion i bifangsten af havfugle i perioden indtil 2030.

Estimatet af den nuværende bifangst er sikkert for lavt, i det mindste for nogle flådesegmenter i fiskeriet, hvor der i dag ikke findes opgørelser, eller hvor de rapporterede bifangstrater sandsynligvis er et underestimat. Hvis der i fremtiden etableres et mere omfattende monitoringsprogram for hele fiskeriet, kan man forvente, at bifangstestimatet stiger alene på grund af en bedre dokumentation.

Klimaændringer forventes kun at påvirke antallet af ynglende havfugle marginalt på vores breddegrader (Amano et al., 2020), men antallet af overvintrende havfugle i danske farvande er større i milde vintre end i kolde (Nielsen et al., 2019a). Alt andet lige kan et varmere klima derfor give en stigning i bifangsten, men den absolutte ændring i bifangsten vil afhænge af sammenfaldet mellem de aktuelle overvintringsområder og fiskepladser.

1.2: Bestandsstørrelse af havfugle (antal) (AU, DCE)

Ib Kragh Pedersen og Morten Frederiksen

Optællinger af havfugle indgår i NOVANA-programmet. Der tælles både ynglende fugle (dog ikke alle relevante arter), fældende fugle (indgår ikke i indikatorer under havstrategidirektivet) og overvintrende fugle. Fældende og overvintrende fugle optælles hhv. hver 6. sommer og hver 3. vinter i den største del af de danske farvande, suppleret af årlige regionale optællinger af overvintrende arter til brug for trendanalyser. Enheden for optællingerne er antal ynglepar eller antal individer (for ikke-ynglende fugle). Tallene omregnes af OSPAR og HELCOM til et bestandsindeks (hvor antallet ved starten af tidsserien har værdien 100) og aggregeres i fem økologisk definerede artsgrupper.

Havfuglebestandes størrelse bestemmes af mange forskellige faktorer, både naturlige og menneskeskabte. Den væsentligste direkte menneskelige påvirkning af havfuglebestande er fiskeri. Flere mekanismer er relevante. Fiskeriet kan i nogle tilfælde konkurrere direkte med havfugle om føden. Dette gælder mest for industrifiskeriet, der er rettet mod de samme arter, som visse fugle lever af (primært tobis og brisling) (Frederiksen et al., 2004). Fiskeri af muslinger i stor skala kan også påvirke fugles føderessourcer negativt (Laursen et al., 2009). Mere generelt har fiskeriet en gennemgribende effekt på marine økosystemer, både ved at fjerne fisk fra systemet, ved udsmid af indvolde m.m. og gennem trawlfiskeriets forstyrrelser af havbunden. De indirekte effekter på havfugle er dårligt belyst. Derudover har fiskeriet en direkte effekt på havfugle gennem bifangst, som er en væsentlig dødsårsag for mange dykkende fuglearter. Det er i danske farvande især garnfiskeriet (primært nedgarn), som er et problem for fuglene (Glemarec et al., 2020).

Jagt på havfugle (primært dykænder) er traditionelt meget udbredt i Danmark, men er dog reduceret i omfang i de seneste årtier. Jagtens påvirkning af bestanden er kun undersøgt grundigt for ederfugl, hvor den p.t. er ubetydelig (Tjørnløv et al., 2019). Ud over den konkrete dødelighed kan jagt også påvirke fuglebestande indirekte gennem forstyrrelser og dermed formindskede muligheder for fødesøgning.

Der findes ikke mange undersøgelser af fritidsaktiviteters påvirkning af havfugle, men enkelte nyere studier tyder på, at effekten kan være betydelig. For eksempel har den øgede udbredelse af kajakker og andre små fartøjer ført til problemer med hyppigere landgang på de småøer, hvor de fleste havfugle yngler – ofte på trods af adgangsforbud i yngletiden. Øget færdsel med alle typer fartøjer kan også nogle steder føre til omfattende forstyrrelser af fødesøgende fugle (Clausen et al., 2020). Tilsvarende er det vist, at der er en negativ sammenhæng imellem omfanget af menneskelige aktiviteter på havet og fordelingen af fældende sorttænder i sensommeren, et forhold, der skal ses i relation til stærkt stigende menneskelige fritidsrelaterede aktiviteter i sommerhalvåret (Petersen et al., 2017).

Havvindmølleparker kan påvirke havfugle dels direkte gennem dødelighed i forbindelse med kollisioner, dels ved at fuglene undgår at søge føde i områder omkring havvindmøller og dermed mister adgang til vigtige habitater. Kollisionsdødeligheden synes i de fleste tilfælde at være af begrænset omfang. Forskellige fuglearter varierer i deres adfærdsmæssige reaktion på vindmøller, og enkelte (især lommer og sorttænder) undgår stort set at søge føde i en betydelig radius omkring møller og mølleparker (Mendel et al., 2019). Også havlit har vist reducerede tætheder i områder med havvindmølleparkerne ved Nysted og Rødsand, syd for Lolland, efter mølleparkerne etablering (Petersen et al., 2018).

Klimaændringer har omfattende og komplekse konsekvenser for havfuglebestande. Nogle arters fødegrundlag ændres eksempelvis, hvis fiskearters udbredelse forskydes nordpå i takt med stigende temperaturer. Samtidig forskyder nogle overvintrende fuglearter deres udbredelse mod nordøst, efterhånden som udbredelsen af vinterisdække i Østersøen formindskes.

For de fleste ynglende og overvintrende havfuglearter er det særdeles vanskeligt at fremskrive bestandsændringer indtil 2030, da de faktorer, som påvirker bestandsudviklingen, er komplekse og dårligt kendte. Det forudsete fald i fiskeriet i danske farvande vil formodentlig have en positiv effekt på fiskespisende havfugle. Hvis garnfiskeriet også falder, vil den mindskede bifangst have en positiv effekt på dykkende fugle. En række fuglearter, som yngler på steder, der er særligt udsat for menneskelige forstyrrelser, herunder især stigende fritidsaktiviteter, kan forventes at blive negativt påvirket. Dette gælder især terner og bestande af fældende havdykænder. Den omfattende fremtidige udbygning af havvindmølleparker kan forventes at have negative effekter for lommer og eventuelt også andre arter, afhængigt af placeringen af parkerne. Arter, som forskyder deres overvintringsområde mod nordøst i takt med stigende havtemperaturer (fx havlit), kan forventes at blive mindre talrige i danske farvande, uden at dette dog nødvendigvis har nogen effekt på artens status i fx Østersøen. Den overvintrende bestand af e i danske farvande forventes fortsat at falde, primært på grund af prædation fra havørn, mårhund og mink i yngleområder i Finland (Tjørnløv, 2020).

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Der optræder et stort antal ynglende og overvintrende havfuglearter i Danmark, alle med forskellig økologi og forskellig følsomhed over for menneskelige påvirkninger. Endvidere er de faktorer, som påvirker både fordeling og bestandsstørrelsen, komplekse og i de fleste tilfælde dårligt kendte. Det er derfor umuligt at fremskrive bestandsudviklingen indtil 2030 for havfugle

som helhed. For enkelte bestande, såsom overvintrende ederfugle (hvor informationer om udbredelse, bestandsstørrelse og demografi er bedre kendt), kan bestandsudviklingen fremskrives, om end med betydelig usikkerhed.

1.3: Bifangst af sæler og marsvin (antal) (DTU Aqua)

Både gråsæl og spættet sæl findes i den danske del af både Østersøen og Nordsøen. Populationen af gråsæl er steget i antal siden 1990'erne i begge områder. Tilstanden af populationen af spættet sæl er generelt god, selv om der er usikkerhed om sub-populationerne i den sydlige Østersø og i Skagerrak (OSPAR, 2017a; HELCOM, 2018a). Sæler konkurrerer med fiskeriet om den samme ressource og spiser/ødelægger fangede fisk i passive redskaber som garn, ruser, tejner og bundgarn, men også i aktive redskaber som trawl. Sæler kan utilsigtet fanges/vikles ind i redskaberne og drukne. De fleste rapporterede tilfælde af bifangster er fra garnfiskeriet (ICES, 2020a). Der er udviklet en række metoder til at undgå bifangst, ødelagte redskaber og sælskadede fisk, herunder sæl-skræmmere, specielt sælsikre redskaber ("Dyneema-redskaber"), stopriste samt sorteringsanordninger til trawl.

Marsvin er en almindelig hval i de danske farvande med en sub-population i Nordsøen-Skagerrak, én i de indre danske farvane og én i den østlige Østersø. Den sidste sub-population er meget lille, og bifangst kan være kritisk for denne bestand (ICES, 2019c, 2020b). Garnfiskeriet står for langt den største del af bifangsten af marsvin. Akustiske skræmmeanordninger (pingers) har vist sig effektive til at reducere bifangst, og brugen af dem har været obligatorisk i nogle fiskerier for fartøjer større end 12 m i mere end 15 år.

Bifangsten af havpattedyr er meget stærkt korreleret til fiskeriindsatsen, hvor der forventes (Trin 2) en reduktion på omkring 20 % i erhvervsfiskeriet indtil 2030 og en uændret aktivitet i det rekreative fiskeri. Langt størstedelen af den samlede fiskeriindsats er fra erhvervsfiskeri. En reduktion i fiskeriindsatsen fra erhvervsfiskeriet vil med en stabil bestand af spættet sæl og en svagt stigende bestand af gråsæl sandsynligvis resultere i en uændret eller lidt mindre bifangst (antal) af sæler. Bestanden af marsvin i de danske farvande vurderes som forholdsvis stabil (Hammond et al., 2017), så en 20 %'s reduktion i fiskeriindsatsen, specielt i garnfiskeriet, forventes at give den samme reduktion i bifangsten af marsvin.

1.4: Bestandsstørrelsen af sæler og marsvin (AU, DCE)

Anders Galatius

Generelt for Nordsøen og Østersøen

Havpattedyr påvirkes af fødegrundlaget og kvaliteten af deres habitat. Der er klare negative påvirkninger fra støj, enten i form af impulsstøj, der kan give fysiske skader, eller mere kontinuerlig støj, der kan maskere relevante lyde (Southall et al., 2019). Her er marsvin, der skal bruge meget tid på fouragering for at dække deres energibehov, særligt sårbare (Wisniewska et al., 2016). Andre forstyrrelser i nøglehabitater giver ligeledes negative påvirkninger. Øget turisme og øgede fritidsaktiviteter i nøglehabitater kan være skadeligt for havpattedyrene, særligt er sælerne sårbare på deres hvilepladser. Giftstoffer, der ophobes gennem fødekæden, er problematiske for topprædatorer som havpattedyrene (Sonne et al., 2020). Sæler kan påvirkes negativt ved øget jagt (som der er udvikling mod i Sverige, som vi deler bestande med) og regulering (Silva et al., in press).

De fremskrevne menneskelige aktiviteter peger på nedsat erhvervsfiskeri, der kan øge fødeudbuddet for havpattedyr, både gennem nedsat konkurrence med fiskeriet og gennem mindre forstyrrelse af de benthiske samfund fra trawl. Eutrofiering kan ikke konkluderes at være positiv for havpattedyrene, som det fremgår af fremskrivningen, og en generel forbedring af miljøforholdene med reduceret iltsvind, øget diversitet m.m. kan meget vel have positive følger. Der er evidens for, at støj fra skibstrafik har negative effekter på marsvin, og det er sandsynligt, at der er lignende effekter på sæler. Der er imidlertid ikke udsigt til øget skibstrafik, men undervandsstøj fra andre kilder såsom øgede anlægsarbejder kan midlertidigt, og potentielt permanent, berøve havpattedyr for vigtige habitater og føre til skader på individer ifm. impulsstøj (Southall et al., 2019). Der er tendenser til øget jagt på sæler i Sverige, som vi deler bestande med. Denne jagt vil således også have negative effekter på bestandsstørrelsen i Danmark. Den begrænsede regulering, der foregår i dag, skal øges betydeligt for at have målbare effekter på populationsstørrelsen. Da spættede sæler er meget stedfaste, kan regulering dog have lokale effekter på udbredelsen. Den øgede turisme kan føre til øgede forstyrrelser af sæler på hvilepladserne, hvilket kan resultere i forringet ynglesucces (Andersen et al., 2012). Niveauerne af de vigtigste miljøgifte, der kan påvirke fx forplantning og immunforsvar forventes at være stabile eller faldende (Sonne et al., 2020).

Klimaforandringer frem til 2030 vil ikke have kendte effekter på havpattedyr i Danmark. På længere sigt er der udsigt til oversvømmelse af vigtige hvilepladser for sæler, først i sydlige områder, hvor hvilepladserne ligger lavt, og vandstanden vil stige mest (Grinsted, 2015). Med tiden kan også antal og udbredelse af fødeemner påvirkes af klimaændringer med i dag ukendte konsekvenser.

Forskydningerne i de enkelte presfaktorer frem mod 2030 forventes at være beskedne, så bestanden af marsvin forventes at være stabil, antallet af gråsæler i Danmark, hvor arten er i tidlig fase af etablering, vil øges, og antallet af spættede sæler vil være stabilt.

Nordsøen

Sæler og marsvin indgår i NOVANA-programmet. Data indsamles løbende nationalt og internationalt, da overvågningen koordineres med nabolande for at opnå synkroniserede data for bestandene, der alle er grænseoverskridende. Der er etableret GES-værdier for spættet sæl og gråsæl i OSPAR-relevante danske havområder, hvor man for at opnå god miljøtilstand ikke må have set en nedgang i bestanden på mere end 1 % årligt over en 6-års periode, og at der ikke må have været en nedgang på over 25 % siden 1992 (eller nærmeste tilgængelige datapunkt ift. 1992). Der er endnu ikke godkendt en GES-tærskelværdi for marsvin, men OSPAR Marine Mammal Expert Group har fremlagt et forslag, der p.t. evalueres i medlemslandene. Gruppen har foreslået, at tærskelværdien (dvs. en trend ift. en defineret baseline-populationsstørrelse) for GES = en reduktion i populationsstørrelse på ≥ 30 % over tre generationer. Dette svarer for marsvin til 1,57 % pr. år eller 9 % over en 6-års afrapporteringsperiode.

Klimaforandringer frem til 2030 vil ikke have kendte effekter på havpattedyr i Danmark. På længere sigt vil klimaforandringer sandsynligvis have betydning for hvilepladserne i Vadehavet. Med tiden kan også antal og udbredelse af fødeemner påvirkes af klimaændringer med i dag ukendte konsekvenser.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

For spættet sæls vedkommende har fremskrivningerne høj sikkerhed. Udviklingen for gråsæler i danske områder vil være positiv, men hastigheden af denne udvikling er svær at fremskrive, da den drives af udvidelse af mulige levesteder fra individer, der yngler i andre områder, mens yngleaktiviteten i Danmark stadig er forsvindende lille. Udviklingen for marsvin er også udfordrende at fremskrive, da estimerne af bestandsstørrelse er forbundet med stor statistisk usikkerhed. Derudover findes der ikke data for fødegrundlaget og habitatstatus for nogen af arterne, så udviklingen af disse grundlæggende præmisser er meget usikre, og akustiske data indsamlet for marsvin tyder på, at deres fødegrundlag er ændret markant i de seneste årtier fra større arter som torsk og sild til meget små arter på 5-10 cm som fx kutling, hvilket kan have betydning for deres fitness (Wisniewska et al., 2016).

Østersøen

Bestandsstørrelsen af sæler og marsvin i de indre farvande indgår i NOVANA-programmet. Data indsamles løbende nationalt og internationalt, da overvågningen koordineres med nabolande for at opnå synkroniserede data for bestandene, der alle er grænseoverskridende. Der er etableret GES-værdier for spættet sæl og gråsæl i HELCOM-relevante danske havområder, hvor man for at opnå god miljøtilstand skal have en gennemsnitlig årlig tilvækst på minimum 7 % for gråsæler og 9 % for spættede sæler, hvis bestanden ikke er påvirket af tæthedsafhængige effekter. For bestande i nærheden af miljøets bæreevne gælder det, at evt. tilbagegang skal være mindre end 10 % over en 10-årig periode. Der er ikke fremlagt forslag for HELCOM-området for marsvin endnu, men der arbejdes på at gøre metoderne sammenlignelige med OSPARs.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

For spættet sæls vedkommende har fremskrivningerne høj sikkerhed, dog med forbehold for bestanden i den vestlige Østersø, hvor en konkurrencesituation med den indvandrende gråsæl kan sætte pludseligt ind. Udviklingen for gråsæler i danske områder vil være positiv, men hastigheden af denne udvikling er svær at fremskrive, da den drives af udvidelse af mulige levesteder fra individer, der yngler i andre områder, mens yngleaktiviteten i Danmark stadig er forsvindende lille. Udviklingen for marsvin er også udfordrende at fremskrive, da estimerne af bestandsstørrelse i både Bælthavet og Østersøen er forbundet med stor statistisk usikkerhed, og da der kun er ét estimat fra Østersøen, er det her umuligt. Derudover findes der ikke data for fødegrundlaget og habitatstatus for nogen af arterne, så udviklingen af disse grundlæggende præmisser er meget usikre, og akustiske data indsamlet for marsvin tyder på, at deres fødegrundlag er ændret markant i de seneste årtier fra større arter som torsk og sild til meget små arter på 5-10 cm som fx kutling, hvilket kan have betydning for deres fitness.

1.5: Havpattedyr – spæklagets tykkelse (AU, DCE)

Anders Galatius

Østersøen/Nordsøen

Spæklagets tykkelse indgår i havstrategidirektivets overvågningsprogram. Tærskelværdien for denne indikator er endnu ikke fastsat grundet for ringe datagrundlag for alle arter. Spæklagets tykkelse er en indikator for et dyrs ernæringstilstand og reflekterer således et samspil mellem fødeudbuddet, be-

standsstørrelsen, konkurrencen fra andre arter (som er afgørende for konkurrencen om fødeudbuddet) og sundhedstilstanden (som er afgørende for individernes evne til at udnytte fødeudbuddet og til at reproducere sig) (HELCOM, 2018b). Dermed er de samme faktorer, som påvirker bestandsstørrelserne af havpattedyr, i spil, men da en negativ påvirkning af bestandsstørrelsen i udgangspunktet vil være positiv for spæktykkelsen, kan denne betragtes som en "early warning" ift. bestandstørrelsen, hvor en negativ påvirkning af spæktykkelsen vil være forbundet med øget dødelighed eller reduceret forplantning med deraf følgende negative effekter på bestandsstørrelsen. Herefter vil spæktykkelsen tilpasse sig den nye balance mellem bestandsniveau, fødeudbud og presfaktorer. Ved presfaktorer, der fx fører til høj dødelighed i en bestand, kan man opleve, at en øgning i sådanne presfaktorer også øger det relative fødeudbud og dermed spæktykkelsen i bestanden.

De fremskrevne menneskelige aktiviteter peger på et nedsat eller stabilt niveau for erhvervsfiskeriet. Dette kan øge fødeudbuddet for havpattedyr, både gennem nedsat konkurrence med fiskeriet og gennem mindre forstyrrelse af de bentiske samfund fra trawl. Som det fremgår af fremskrivningen, kan det ikke konkluderes, at udviklingen i eutrofiering vil være positiv for havpattedyrene, men en generel forbedring af miljøforholdene med reduceret iltvind, øget diversitet m.m. kan meget vel have positive konsekvenser. Der er evidens for, at støj fra skibstrafik har negative effekter på marsvin, og det er sandsynligt, at der er lignende effekter på sæler. Der er imidlertid ikke udsigt til øget skibstrafik, men undervandsstøj fra andre kilder såsom øgede anlægsarbejder kan midlertidigt, og potentielt permanent, berøve havpattedyr vigtige habitater. Klimaforandringer frem til 2030 vil ikke have kendte effekter på fødeudbuddet for havpattedyr i Danmark. For spæktykkelse gælder det, at det først og fremmest bestemmes af samspillet mellem fødeudbud og bestandsstørrelse. Bestande, der i denne sammenhæng er langt fra bæredygtighedsniveauet, vil have et tykkere spæklag, mens bestande omkring bæredygtighedsniveauet vil opleve forøget intraspecifik konkurrence og dermed have en nedsat spæktykkelse. Det forventes, at spæktykkelsen hos spættede sæler reduceres, da bestandene nærmer sig bæredygtighedsniveauet. Denne udvikling er vigtigere end de beskudte forskydninger i presfaktorer. En let positiv udvikling forventes for gråsæler, der er langt fra bæredygtighedsniveauet og ikke udsættes for markant ændring af relevante presfaktorer. Den stabile udvikling af marsvinpopulationerne indikerer, at der med de beskrevne presfaktorer vil være uændrede spæktykkelser hos marsvin.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Det er demonstreret, at fluktuationer i økosystemet kan påvirke havpattedyrs spæktykkelse fra år til år (Kauhala et al., 2017), så usikkerheden ved denne fremskrivning er stor, især på baggrund af de få dyr, der indsamles og opmåles pr. år.

1.6: Havpattedyr – udbredelse (AU, DCE)

Anders Galatius

Generelt for Nordsøen og Østersøen

Havpattedyr påvirkes af fødegrundlaget og kvaliteten af deres habitat. Der er klare negative påvirkninger fra støj, enten i form af impulsstøj, der kan give fysiske skader, eller mere kontinuerlig støj, der kan maskere relevante lyde (Southall et al., 2019). Her er marsvin, der skal bruge meget tid på fouragering

for at dække deres energibehov, særligt sårbare (Wisniewska et al., 2016). Andre forstyrrelser i nøglehabitater giver ligeledes negative påvirkninger. Øget turisme og fritidsaktiviteter i nøglehabitater kan være skadeligt for havpattedyrene, særligt er sælerne sårbare på deres hvilepladser (Andersen et al., 2012). På længere sigt vil klimaforandringer sandsynligvis have betydning for hvilepladserne i Vadehavet, men dette ligger på den anden side af 2030. Forskydningerne i de enkelte presfaktorer frem mod 2030 forventes at være beskedne.

Marsvin og sælers udbredelse indgår i NOVANA-programmet med den samme overvågning som for bestandsstørrelse. For sælernes vedkommende er der således kun data for udbredelsen på hvilepladserne og kun i yngle- og fældesæsonerne, mens udbredelsen af marsvin kun kan vurderes om sommeren, hvor optællinger udføres.

Nordsøen

I OSPAR-regi er der ikke fastsat en tærskelværdi for hverken marsvins eller sælers udbredelse. Udbredelsen af de store bestande af marsvin og spættet sæl i Nordsøen forventes at være stabil, mens udbredelsen af ynglende gråsæler i den danske Nordsø, hvor arten er i tidlig fase af etablering, vil øges.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

For spættet sæls vedkommende har fremskrivningerne for udbredelse på hvilepladserne høj sikkerhed. Der er begrænset viden om sælers udbredelse uden for hvilepladserne. Udviklingen for gråsæler i danske områder vil være positiv, men hastigheden af denne udvikling er svær at fremskrive, da genkoloniseringen af danske områder hidtil er forløbet væsentlig langsommere end andre steder. Udviklingen for marsvin er også udfordrende at fremskrive med medfølgende lav sikkerhed, da udbredelsen over hele året beskrives i begrænsede områder. Derudover findes der hverken data for fødegrundlaget eller habitatkvalitet for nogen af arterne, så udviklingen af disse grundlæggende præmisser er meget usikre.

Østersøen

I HELCOM-regi vurderes sæler som i god miljøtilstand, når udbredelsen reflekterer en oprindelig, uforstyrret status, eller når alle tilgængelige hvilepladser benyttes. For marsvin er der ikke fastsat en tærskelværdi.

Udbredelsen af de store bestande af marsvin og spættet sæl i Bælthavet, Kattegat og den sydvestlige Østersø forventes at være stabil, mens udbredelsen af ynglende gråsæler i de indre farvande, hvor arten er i tidlig fase af etablering, vil øges.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

For spættet sæls vedkommende har fremskrivningerne for udbredelse på hvilepladserne høj sikkerhed. Der er begrænset viden om sælers udbredelse uden for hvilepladserne. Udviklingen for gråsæler i danske områder vil være positiv, men hastigheden af denne udvikling er svær at fremskrive, da genkoloniseringen af danske områder hidtil er forløbet væsentlig langsommere end andre steder. Udviklingen for marsvin er også udfordrende at fremskrive med medfølgende lav sikkerhed, da udbredelsen over hele året beskrives i begrænsede områder. Derudover findes der ikke data for fødegrundlaget og habitatstatus for nogen af arterne, så udviklingen af disse grundlæggende præmisser er meget usikre.

1.7: Bifangst af hajer og rokker (antal) (DTU Aqua)

Antallet af bifangede rokker, hajer og andre følsomme fisk opgøres fra indberettede landinger samt data fra observatører under kommercielt fiskeri. Flere af rokkearterne er vanskelige at identificere til art, og data fra indberettede landinger er derfor ofte angivet i samlede kategorier ("rokker") og kan ikke allokere til art. Følgelig fokuserer monitoringen på udviklingen i bestandsstørrelsen af udvalgte arter (skade, helleflynder, lange, tærbe, havkat, havtaske og sort havtaske, sømrokke, storplettet rødhaj, skælbrosme, gråhaj, havmus, storplettet rokke, sandrokke, stjernehaj og glathaj) i videnskabelige togter målrettet mod fisk. Blandt disse arter er 10 i stigning i deres udbredelsesområde, mens to (tærbe og havkat) er i tilbagegang (Rindorf et al., 2020). Havkat og tærbe er på deres sydligste udbredelsesgrænse, og deres tilbagegang kan derfor være knyttet til et varmere klima såvel som til bifangst. Alle de udvalgte arter findes i Nordsøen, men kun én af arterne, nemlig tærbe, observeres også i Østersøen i et væsentligt antal (i den vestlige del). Den fanges i trawlfiskeriet, men landes yderst sjældent, og den historiske udvikling i fangsterne er derfor ukendt.

Alle arterne fanges som bifangst i kommercielt fiskeri. Den største del af dødeligheden stammer fra aktive redskaber som trawl. Over de seneste 20 år er indsatsen i trawlfiskeriet i Nordsøen og Østersøen faldet væsentligt, og bifangsten formodes at være faldet tilsvarende. Med en yderligere reduktion i fiskeriindsats på ca. 20 % indtil 2030 (Trin 2) forventes der et tilsvarende fald i bifangst.

1.8: Ændringer i biomassen af plankton (AU, DCE)

Hans Jakobsen

Planktonbiomassen indgår i NOVANA-programmet, og data indsamles løbende nationalt. Der har været udfordringer med at tilgængeligøre data, og NOVANA-rapporteringen har ikke inkluderet fytoplankton og zooplankton siden 2014. Hvor det er muligt, afrapporteres planktonbiomasser med enheden $\mu\text{g C L}^{-1}$, som er baseret på prøvetagningsproceduren i NOVANA-programmet og repræsenterer et gennemsnit i en integreret vandprøve fra de øverste 10 meter af vandsøjlen, alternativt til bund på stationer med dybder under 10 meter.

Kvælstof regnes for den overordnet vigtigste kilde til fytoplanktonvækst, selvom der i nogle tilfælde ses fosforbegrænsning i slutningen af forårsopblomstringen på visse overvågningsstationer. Landbruget er den største nationale bidragsyder til kvælstof i det marine område (Borum et al., 2016). Der er siden midten af 1980'erne sket en væsentlig reduktion i kvælstofudledningerne frem mod 2010'erne (Riemann et al., 2016). Denne udvikling er dog stagneret i perioden fra 2012 og frem mod 2019, og der er indikationer på, at dette fortsat medfører en stagnation eller svag stigning i de afstrømningsnormaliserede kvælstoftilførsler fra land (Thodsen et al., 2020).

Fremtidige klimaændringer forventes at medføre mere nedbør (Olsen et al., 2014), der vil påvirke udledningerne fra landbruget, og det formodes alt andet lige at resultere i en mertilførsel til de kystnære marine havområder.

Der er en historisk veldokumenteret sammenhæng mellem henholdsvis temperatur og kvælstofudledninger og årsgennemsnit for fytoplanktonets biomasse i de åbne dele af Kattegat og de nordlige dele af Øresund og Storebælt

(Henriksen, 2009). Der er siden midten af 1980'erne sket et fald i kvælstofudledninger fra landbruget og fra andre aktiviteter. Det har medført et fald i den gennemsnitlig fytoplanktonbiomasse, der primært ses i en reduktion i sommerbiomassen (Henriksen, 2009). Ligeledes har længden af vækstsæsonen ændret sig med en forskydning mod en tidligere forårsopblomstring og er således koblet til klimaændringer (Henriksen, 2009). Siden 1990'erne er faldet i fytoplanktonbiomassen stagneret, på trods af at der indtil 2010 er sket en reduktion i næringsstofudledningen (Hansen, 2016). Der er ikke analyseret data, der påviser lignende fald i fytoplanktonbiomassen for NOVANA-stationer, der repræsenterer fjorde og kystnære områder. Det forventes derfor, at fytoplanktonbiomassens årsgennemsnit i eksempelvis Kattegat fortsat vil befinde sig på det nuværende niveau omkring $100 \mu\text{C L}^{-1}$ i perioden frem mod 2030, samt at zooplanktonbiomassen vil forblive omkring $20 \mu\text{gC L}^{-1}$ i samme område og periode. Denne analyse er baseret på tilgængelig svenske data fra 2009-2019 for den østlige del af Kattegat samt tilgængelige data fra NOVANA-afrapporteringen (Hansen, 2016).

Andre områder, som eksempelvis Limfjorden og andre kystnære havområder, kan opleve større kvælstoftilførsel fra land som følge af lokalt intensive aktiviteter i landbruget og nedbørsbetingede afstrømninger afledt af klimaændringer. Det medfører, at den historiske kendte kobling mellem kvælstof og fytoplanktonbiomasse i bedste fald fastholder det nuværende niveau, men mere sandsynligt medfører stigende planktonbiomasser mod 2030.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Der er for nuværende ingen planktondata tilgængelig i NOVANA-programmet for perioden efter 2014, og der er ikke udført fokuserede datadrevne analyser på fremskrivningerne. Det skal alligevel noteres, at trendanalysen er baseret på de foregående årtiers observationer, og fremskrivningen regnes derfor som overvejende sandsynlig (lille usikkerhed). Den største usikkerhed mht. fremskrivningen ligger i, hvilke tiltag til reduktion af næringsstofftilførsler til de danske farvande der realiseres og hvornår i perioden indtil 2030.

4.3 D2: Ikke-hjemmehørende arter

Peter Stæhr

2.1: Antallet af nye marine ikke-hjemmehørende arter (vurderet over en seksårig periode), herunder antallet af nye ikke-hjemmehørende arter, som fremgår af HELCOM/OSPARs target species lists (AU, DCE)

Antallet af ikke-hjemmehørende marine arter (NIS) monitoreres ikke særskilt i danske farvande. Introduktion af nye NIS opgøres på basis af data indrapporteret fra den traditionelle NOVANA-monitoring (Fossing & Stæhr, 2017) samt data fra eDNA-monitoringen (Andersen et al., 2018) og fra øvrige indrapporteringer i forbindelse med forskningsprojekter mv. Den seneste offentliggjorte opgørelse over introduktioner af NIS i danske farvande viser, at der siden NOVANA-programmets opstart i 1980'erne er sket en stigning i registreringen af NIS fra 30 til 77 til og med år 2014 (Stæhr et al., 2020). Disse tal bliver løbende justeret ifm. afrapportering til OSPAR, HELCOM og EU, og foreløbige tal indikerer, at antallet af NIS i 2020 er endnu højere. 21 af de NIS, der er registreret i 2014, var observationer uden for NOVANA-programmet (omfatter ikke eDNA-monitoring, som ikke var initieret på det tidspunkt). Samlet for danske farvande (OSPAR- + HELCOM-områder) vurderet fra 1989 til 2014 er der sket en introduktion af NIS på ca. 0,9 arter pr. år, svarende til ca. 5 NIS

pr. 6-årsperiode, når man alene ser på NIS registreret i forbindelse med NOVANA-monitoringen. De tilsvarende tal baseret på NOVANA og øvrige kilder (ikke eDNA) er på 1,3 NIS pr. år eller ca. 8 NIS pr. 6 årsperiode. Raterne er endvidere følsomme over for, hvor lang en periode de beregnes over. Således var raterne for perioden 2007-2012 på hhv. 1,6 og 2,1 NIS pr. år for hhv. kun NOVANA og NOVANA samt øvrige kilder. Endelig er der regionale forskelle i antallet af NIS og hastigheden af deres introduktioner. Generelt er der flere NIS i de mere salte farvande (OSPAR).

Selvom øgningen i NIS er foregået i en periode med gradvist stigende havtemperaturer, er der ikke fundet en direkte kobling til stigende havtemperaturer (Stæhr et al., 2020). Det er dog ganske sandsynligt, at antallet af sekundært tilførte NIS fra Sydeuropa vil stige, i takt med at havtemperaturen stiger. De primære introduktioner (hvor den første europæiske observation er i Danmark) forventes dog ikke at stige, da de vigtigste spredningsvektorer ikke forventes at stige. Det skal her nævnes, at man i HELCOM og OSPAR p.t. overvejer, om det kun er antallet af primært tilførte NIS, medlemslandene skal afrapportere, samt at kryptogene arter ikke skal inkluderes i analysen. Dette vil i givet fald reducere antallet af NIS ganske betragteligt for danske farvande.

Ifølge en nylig opgørelse fra European Environment Agency under ERC er de fleste nye NIS i europæiske farvande associeret med skibstransport (ballastvand og begroning), åbning af korridorer (fx kanaler), flytning / udsætning af levende organismer og frigivelse fra akvarier / akvakultur. I forhold til fremskrivningen under trin 2 af menneskelige aktiviteter forventes en moderat stigning i antallet af akvakulturanlæg og en uændret skibstransport. Overholdelse af BWC (Ballast Water Convention) vil forhåbentlig minimere introduktion af NIS via ballastvand, men der vil stadig kunne tilføres arter via begroning. NIS undsluppet fra akvakulturanlæg vil ligeledes kunne forventes at bidrage yderligere til en stigning i NIS. Samlet set er der grund til at forvente, at antallet af nye NIS (primært og sekundært introducerede) pr. 6 årsperiode vil fortsætte med at være højt i 2030 og mindst på niveau med den udvikling, vi har observeret indtil nu, dvs. ca. 1-2 NIS pr. år.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Vurderingerne er baseret på en nylig opgørelse af NIS i danske farvande publiceret og gennemgået af NIS-eksperter (Stæhr et al., 2020). Fremskrivningen er således baseret på en grundig analyse af de foregående årtiers observationer, og fremskrivningen regnes derfor som overvejende sandsynlig

2.2: Udbredelse af visse invasive arter overvåget ved brug af eDNA (AU, DCE)

Peter Stæhr

Udbredelse af visse invasive arter bestemt ved brug af eDNA udgør en lille andel af den samlede NIS-liste. Toogtyve af disse NIS-arter er udvalgt til at blive overvåget ved brug af eDNA (Andersen et al., 2018). Dette er under afprøvning i udvalgte havne og for en række stationer kystnært og i åbent vand. Der er endnu ikke indsamlet og afrapporteret data for invasive arters udbredelse vha. eDNA, som gør det muligt at foretage en kvantitativ vurdering af disse. Af de udvalgte arter på eDNA-listen fremgår nogle få, hvor der findes kvantitative data fra enten den traditionelle monitoring eller fra forskningsprojekter. Af de mest kendte invasive arter kan nævnes sortmundet kutling, dræbergoplen, og stillehavsøsters. Der er udført en grundig vurdering af

disse tre arter baseret på den tilgængelige viden (Petersen et al., 2018). Det overordnede resultat var, at disse invasive arter endnu ikke har nået deres maksimale udbredelse. Datagrundlaget gør det dog svært at vurdere omfanget af effekterne. En grundig analyse af den invasive makroalge *Sargassum muticum* (ikke på eDNA-listen) viste endvidere, at denne art er under fortsat udvikling i danske farvande. Det gælder primært i områder med saliniteter >15 (OSPAR), men også områder i Kattegat omfattet af HELCOM (Stæhr et al., 2019) er påvirkede. Samlet set er der grund til at forvente, at en del af arterne overvåget med eDNA vil forøge deres biomasse og udbredelse frem mod 2030 på linje med allerede eksisterende rapporter. For de øvrige NIS-arter monitoreret vha. eDNA kræves yderligere specifikke analyser for at vurdere ændringer i deres udbredelse. Forventningen er dog generelt, at NIS-arternes bidrag til den samlede artsrigdom i havet vil fortsætte med at øges (Stæhr et al., 2020).

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

AU har ikke haft adgang til eDNA-baserede NIS-opgørelser. Desuden er der ikke udviklet artsspecifikke primers for mange af de invasive NIS-arter. Det har derfor ikke været muligt at lave en egentlig fremskrivning eller at vurdere usikkerheden.

4.4 D3: Erhvervsmæssigt udnyttede fiskebestande (DTU Aqua)

De tre indikatorer for "Erhvervsmæssigt udnyttede fiskebestande" forholder sig alle til begrebet MSY, "Maximum Sustainable Yield", eller maksimalt bæredygtigt udbytte. MSY-begrebet antager, at der for en levende ressource, fx en fiskebestand, findes en udnyttelsesgrad / et fiskeritryk, der på langt sigt vil give det største udbytte, og at ressourcen bør udnyttes med denne udnyttelsesgrad. I den simpleste form, som også benyttes her, er udbyttet defineret som vægten af den landede fisk, men MSY kunne også være defineret ud fra fangstens værdi eller rentabilitet i fiskeriet.

MSY-tilgangen er gjort operationel til forvaltning med bestemmelse af en fiskeridødelighed, FMSY (den fiskeridødelighed, der på lang sigt giver det maksimale udbytte), og en biomasse på minimum MSY Btrigger (mindste gydebiomasse, der kan producere det maksimale udbytte). Bestandsstørrelse og fiskeritryk samt de to MSY-referencepunkter beregnes af ICES (Det Internationale Havundersøgelsesråd).

Ifølge EU's fælles fiskeripolitik bør fiskeriet bidrage til at skabe miljømæssige, økonomiske og socialt bæredygtige forhold på lang sigt, herunder at fiskeritrykket så hurtigt som muligt og senest inden udgangen af 2020 tilpasses målsætningen om at genoprette og opretholde fiskebestandene på niveauer, som kan give et maksimalt bæredygtigt udbytte (MSY). Dette betyder, at MSY-målsætning allerede i dag er benyttet i forvaltningen. ICES giver således også biologisk rådgivning ud fra MSY-tilgange, med direkte brug af FMSY og MSY Btrigger i beregningen af fiskerimuligheder.

Fastsættelse af TAC ("Total Allowable Catch") for en bestand er imidlertid en politisk afvejning af flere forhold end blot tilstanden af den enkelte bestand, så den endeligt politisk besluttede TAC for det enkelte år kan afvige fra MSY-rådgivningen, også selv om MSY-forvaltning er det vedtagne mål.

De enkelte EU-landes fiskekvoter bestemmes ud fra TAC og en fast fordelingsnøgle, den såkaldte "relative stabilitet", der er baseret på historiske fangster.

TAC-rådgivningen bestemmes ud fra en regel om at benytte en fiskeridødelighed på FMSY til beregning af TAC, hvis bestanden er større end MSY Btrigger. Hvis bestanden er under MSY Btrigger, reduceres fiskeridødeligheden til beregning af TAC proportionelt med den aktuelle bestandsstørrelse i forhold til MSY Btrigger.

Referencepunkterne FMSY og MSY Btrigger er afhængige af klima- og miljøændringer, hvis sådanne også medfører en ændring i produktiviteten af den enkelte bestand og dermed en ændring i, hvor hårdt der kan fiskes. Referencepunkterne vil derfor ændres, hvis der sker store ændringer i produktiviteten – de såkaldte "regime shifts". ICES har for enkelte bestande ændret referencepunkter på grund af "regime shifts" ved fx blot at bruge de seneste 20-30 års data af tidsserien til at bestemme referencepunkterne. En sådan genberegning vil dog oftest ske med en vis forsinkelse, da det kræver en længere tidsserie at bestemme, om en observeret ændring skyldes en vedvarende ændring i produktiviteten, eller om den blot er en kortvarig naturlig variation. Klimaændringer vil påvirke referencepunkterne for de enkelte bestande forskelligt, blandt andet afhængig af om arten har dens nordligste eller sydligste udbredelse i farvandet omkring Danmark. Det er ikke muligt at kvantificere effekten af klimaændringer indtil 2030 på den samlede status for D3-indikatorerne.

3.1: Andelen af kommercielt fiskede bestande, der reguleres efter MSY-principper (DTU Aqua)

En MSY-baseret forvaltning kræver et estimat af det nuværende fiskeritryk og bestandsstørrelse samt bestemmelse af referencepunkterne FMSY og MSY Btrigger. Dette kræver en omfattende og omkostningstung dataindsamling og er derfor ofte kun gjort for de mest økonomisk betydende bestande. Der er dog også udviklet mindre datakrævende metoder, og de bliver i stigende grad benyttet af ICES til at give rådgivning efter MSY-princippet. Dermed bliver det muligt at forvalte efter MSY-princippet for flere bestande end i dag, selv med den samme udgift til dataindsamling og analyse som i dag. Hvor datagrundlaget er for begrænset, rådgiver ICES efter forsigtighedsprincippet (som defineret gennem ICES' "Precautionary Approach"), der sigter mod en genopbygning eller bibeholdelse af bestandene på et bæredygtigt niveau, hvor produktionen af fiskeyngel ikke svækkes af gydebiomassens størrelse. Forvaltning efter forsigtighedsprincippet tillader ofte en større fiskeridødelighed og dermed større fiskeriindsat end en MSY-forvaltning.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Forvalterne ønsker ikke altid en TAC-kvoteregulering og MSY-fangstrådgivning. I enkelte tilfælde ønsker brugerne af fiskerirådgivning kun en vurdering af bestandens tilstand, men fravælger specifikt selve fangstrådgivningen. Dette gøres ud fra den antagelse, at fiskeritrykket på bifangst- og lavværdiarter følger fiskeritrykket på målarterne for fiskeriet, og så længe bestanden af bifangstarter ikke reduceres betydeligt, er der ikke behov for en TAC-regulering af bifangstarter. Dermed kan fiskeriet stadig forvaltes bæredygtigt, men med et mindre komplekst reguleringssystem. Der er endnu for få års erfaringer med denne manglende specifikke TAC-kvoteregulering for bifangstrater til at evaluere metoden, herunder om en ICES-vurdering om en betydelig nedgang i en bestand faktisk vil føre til yderligere restriktioner for målarterne eller direkte regulering af bifangstarterne.

Nordsøen

Nordsøen har langt flere fiskearter end Østersøen, og det kommercielle fiskeri inkluderer ligeledes et større antal bestande. Bortset fra enkelte lavværdibestande som fx skrubber og ising er de økonomisk vigtige bestande i dag under TAC-regulering, hvor fangstmulighederne er fastsat ud fra målsætningen om MSY-princippet, også selv om målet reelt endnu ikke er nået for alle bestande. Der er desuden en lang række bestande med en mindre mængde og økonomisk betydning, hvor datagrundlaget ikke er tilstrækkeligt til en MSY-baseret forvaltning. Med en forventet nedgang i fiskeritrykket generelt vil bestanden af disse stige og måske danne grundlag for et mere målrettet fiskeri, der vil kræve en regulering efter MSY-princippet. Udviklingen af mindre datakrævende metoder til brug for MSY-forvaltning vil også kunne bidrage til en stigning i andelen (antallet) af MSY-regulerede bestande i Nordsøen.

Østersøen

Der i dag ikke TAC-kvoteregulering af kommercielle bestande af skrubber, ising, pighvar og slethvar, da disse bestande tidligere var set som bifangstarter i fiskeriet efter torsk. Med det nuværende og sikkert længerevarende stop for målrettet torskefiskeri i den østlige Østersø og en forventet nedgang i torskefiskeriet for de næste par år i den vestlige Østersø vil fisketrykket på fladfisk sikkert stige, da der reelt er få andre muligheder for bundfiskeri i Østersøen. Hvis et sådant fiskeri efter fladfisk er økonomisk rentabelt, kan det kræve en TAC-regulering ud fra MSY-princippet for en eller flere af fladfiskebestandene. Andelen (antallet) af MSY-regulerede bestande kan derfor stige for Østersøen.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Den forventede mindre nedgang i fiskeritrykket indtil 2030 (Trin 2) vil ikke automatisk betyde, at andelen (antallet) af bestande med en MSY-målsætning og tilhørende TAC-regulering stiger.

3.2: Andelen af kommercielt fiskede bestande, hvor fiskeridødeligheden er over FMSY (DTU Aqua)

FMSY bruges i dag som målværdi, når der rådgives ud fra MSY-princippet. Der vil imidlertid altid være en vis usikkerhed ved TAC-beregning, så selv med en fejlfri implementering af TAC-rådgivningen vil der være en stor sandsynlighed (ca. 50 %) for, at den reelle fiskeridødelighed, der først kan bestemmes med en rimelig sikkerhed i årene, efter at TAC er blevet opfisket, faktisk vil være på eller under den tilsigtede værdi. Det vil altså alene ud fra usikkerhederne i beregningerne være umuligt at nå en 100 %'s opfyldelse af målet om en fiskeridødelighed under FMSY, når FMSY som i dag bruges som målværdi i TAC-beregningen, og når FMSY sammenlignes med den reelle fiskeridødelighed. En række lande uden for Europa bruger allerede i dag en lavere fiskeridødelighed end FMSY, når der bestemmes TAC, for at sikre, at den reelle fiskeridødelighed med stor sandsynlighed er under FMSY.

For nogle bestande findes der internationalt/EU-vedtagne forvaltningsplaner, der sigter mod en mere stabil TAC årene imellem, og som giver mulighed for at tage højde for indbyrdes afhængighed inden for arter eller i blandede fiskerier. Selv om planerne tillader, at der i det enkelte år kan fiskes hårdere end FMSY, viser simuleringer, at der i det lange løb opnås stort set samme langtidsudbytte som med en strikt MSY-forvaltning. Hvis der vedtages flere forvaltningsplaner, vil der således være en mulighed for en stigning i andelen

af bestande, hvor fiskeridødeligheden er over FMSY i det enkelte år, også selv om bestande forvaltes efter MSY-principper.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Den forventede mindre nedgang i fiskeritrykket indtil 2030 (Trin 2) vil, alt andet lige, pr. definition mindske sandsynligheden for, at fiskeridødeligheden for de enkelte bestande overstiger FMSY.

3.3: Andelen af kommercielt fiskede bestande, hvor gydebiomassen er under MSY Btrigger (DTU Aqua)

Teoretisk findes der en biomasse, BMSY, svarende til ligevægtsbiomassen i et system, hvor der fiskes med FMSY. ICES bruger ikke BMSY direkte som referencepunkt i rådgivningen, da værdien i praksis vil være variabel og afhænge af naturlige svingninger i havmiljøet m.m., der påvirker produktiviteten for den enkelte bestand. I stedet benyttes MSY Btrigger, der er defineret som 5 %-percentilen af den statistiske fordeling af BMSY. MSY Btrigger benyttes som tærskelværdi, hvor TAC beregnes med en lavere fiskeridødelighed end FMSY, hvis biomassen er under MSY Btrigger. Der er kun ganske få bestande, hvor der har været fisket med FMSY i en længere årrække, så fordelingen af BMSY kendes ikke, og derfor kan MSY Btrigger ikke beregnes. ICES sætter i stedet MSY Btrigger til den gydebiomasse, hvor der er mindre end 5 %'s risiko for, at produktionen af fiskeyngel begrænses af biomassen. Generelt er MSY Btrigger dermed sat lavt i forhold til BMSY, og det kan forventes, at MSY Btrigger stiger, i takt med at FMSY for den enkelte bestand nås gennem en længere årrække. Der vil dog være en forsinkelse i skiftet til en højere MSY Btrigger, så alene af denne grund vil andelen af kommercielt fiskede bestande, hvor gydebiomassen er under MSY Btrigger, være faldende.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Den forventede mindre nedgang i fiskeritrykket indtil 2030 (Trin 2) vil, alt andet lige, pr. definition mindske andelen af kommercielt fiskede bestande, hvor gydebiomassen er under MSY Btrigger.

4.5 D5: Eutrofering

5.1: Udledningsopgørelser for total kvælstof og total fosfor (ton år⁻¹) (AU, DCE)

Stiig Markager

Nordsøen

Udledningsopgørelser fra Danmark indgår i NOVANA, og tilsvarende nationale programmer findes i de andre lande omkring Nordsøen. Alle lande indrapporterer deres opgørelser til OSPARs RID-database, mens EMEP opgør de atmosfæriske tilførsler af kvælstof. I tillæg beregnes tilførsler med oplandsmodeller (E-HYPE og MONERIS), som dækker (næsten) alle oplande. Udledningerne af total kvælstof og total fosfor er faldet siden 1990. For fosfor er faldet til hele Nordsøen omkring 4 % pr. år og stabilt faldende. Værdier for trends i samlede udledninger til OSPAR-regioner i dette afsnit er baseret på dokumenter præsenteret på ICG-Eut-onlinemøde i januar 2021 (www.ospar.org). Danmarks samlede udledninger¹ af fosfor til alle havområder har været uændret siden år 2000 med en årlig udledning omkring 2050 tons pr. år (Markager, 2020). Det højeste niveau for Danmarks samlede udledninger af fosfor var i 1980'erne, hvor det var omkring 15.000 tons fosfor pr.

år¹. Fra det niveau skete der et fald på 86 % frem til omkring år 2003. For Danmark forventer vi uændrede eller måske svagt faldende (1-3 % pr. år) udledninger over de kommende år. Udledningerne af fosfor til det arktiske ocean (OSPAR-region I) stiger med omkring 5 % pr. år pga. stigende bidrag fra norsk fiskeopdræt. For kvælstof er situationen for hele Nordsøen et svagt, men stabilt, fald på omkring 1 % pr. år. Danmarks udledninger er reduceret med omkring 40 % siden 1990 (35 % for udledninger til OSPAR-havområder). I en analyse udført af OSPAR i januar 2021 er Danmark med på en liste over lande med stigende tilførsler for total kvælstof (normaliseret i forhold til afstrømning) for perioden 2009 til 2018 til Nordsøen (OSPAR, 2021). De øvrige lande på den liste er Irland, Norge og Storbritannien. Denne analyse gælder kun for de områder af Danmark, som har afstrømning til OSPAR-regioner, men er i overensstemmelse med en analyse af tilførslerne fra hele Danmark, som viser, at tilførslerne af total kvælstof har haft en stigende tendens siden 2011. I perioden fra 1980'erne og frem til ca. 2010 faldt tilførslerne af total kvælstof fra over 100.000 tons² pr. år før 1990 til omkring 54.000 tons pr. år (gennemsnit 2008-12). I perioden 2014-2018 var tilførslerne i gennemsnit 58.000 tons kvælstof (variation 50.000-67.000 tons). AU og DHI har vurderet, at tilførslen skal ned under 36.600 tons kvælstof for at opnå en god økologisk tilstand i forhold til vandrammedirektivet (Erichsen et al., manuskript). Det vil kræve, at de årlige kvælstoftilførsler reduceres med i omegnen af 25.000 tons for hele Danmarks afstrømning. Gennemføres denne reduktion, vil Danmarks tilførsler til de områder, som er omfattet af OSPAR-konventionen, også falde markant.

En væsentlig kilde til kvælstof for åbne havområder er atmosfærisk deponering. For Nordsøen (OSPAR-region II) er den samlede N-deponering faldet med omkring 1 % pr. år siden 1990, fordelt med et pænt fald for NO_xer (p.t. udgør faldet 4 % pr. år) og en svag stigning for reducerede N-forbindelser i de sidste ca. 10 år. For NO_xer forventes en væsentlig reduktion, hvis fossile brændsler udfases og ikke erstattes med biobrændsler. Desuden forventes implementeringen af NEC-direktivet og Gøteborg-protokollen at bidrage til en reduktion for både NO_xer og reducerede N-forbindelser (Gauss et al., 2020).

Det er vanskeligt at forudsige udviklingen for de kommende år for den samlede tilførsel af kvælstof til OSPAR-region II, herunder Nordsøen. Lande som Tyskland, Holland og Belgien har planer om signifikante reduktioner, men det er altid uklart, om de bliver realiseret. Den afgørende faktor bliver antageligt, om landene i 2027 skal leve op til kravene om god økologisk tilstand for de kystnære områder, som er omfattet af vandrammedirektivet. Det vil for

¹ Værdien på 15.000 tons er baseret på data fra de gamle amter. Der er en usikkerhed ved tallet pga. forskellige metoder for opgørelser mellem amterne. Desuden falder værdien igennem 1980'erne pga. gradvis implementering af tertiær rensning. Generelt i afsnittet omfatter værdier for Danmarks udledninger her og nedenfor alle Danmarks landbaserede udledninger. Heraf sker omkring 2/3 til OSPAR-områder og 1/3 til HELCOM-områder – Kattegat indgår i begge konventioner, og derfor er summen højere end 1. Overordnet vil trends i udledningerne ligne hinanden for de to konventionsområder, da de overlapper og omfatter store dele af Danmark, men der er også forskelle. Disse forskelle er ikke analyseret i dette dokument.

² Værdien på "over 100.000 tons" er baseret på opgørelser fra de gamle amter. Værdien er usikker pga. forskelle i metoder for beregningerne, men ligger antageligt mellem 100.000 og 120.000 tons kvælstof pr. år.

alle lande betyde meget væsentlige reduktioner i udledningerne af især kvælstof, men også af fosfor. For Danmark kræves der en 40 %'s reduktion i kvælstoftilførslerne for at leve op til kravene i vandrammedirektivet (baseret på Erichsen et al., *manuskript*) og korrigeret for justering i opgørelsen af kvælstoftilførsler i Danmark i 2020). Antager man, at landene faktisk lever op til disse krav, at NEC-direktivet implementeres, og at der sker en signifikant reduktion i afbrænding af fossile brændsler, må vi forvente en markant reduktion i tilførslerne af næringsstoffer til områderne. Det må dog understreges, at alle disse tiltag forudsætter markante politiske beslutninger i en lang række lande, som for en stor del vil være i konflikt med væsentlige interesseregrupper. Erfaringsmæssigt betyder det, at udviklingen vil ske langsommere end forudsat i EU's direktiver og aftaler.

Østersøen

Udledningsopgørelser fra Danmark indgår i NOVANA, og tilsvarende nationale programmer findes i de andre Østersølande. Alle lande indrapporterer deres opgørelser til HELCOM. Siden midten af 1980'erne er de landbaserede udledninger af total kvælstof til hele Østersøen faldet væsentligt frem til midten af 2000'erne, hvorefter udledningerne har stabiliseret sig. Fra 1995 til 2010 var der et fald på omkring 1,1 % pr. år, men fra 2010, og især efter 2014, har udledningerne været konstante eller stigende, så det gennemsnitlige fald fra 1995 til 2016 kun er omkring 0,5 % (Lønborg & Markager, indsendt). For Danmarks udledninger gælder samme forhold for udvikling over tid mv. som for OSPAR, men se fodnote 1. Udledningerne af total fosfor har også stabiliseret sig for oplandene til de danske farvande, hvorimod udledningerne stadig falder i oplandene til den centrale del af Østersøen. Samlet er udledningerne af fosfor faldet med omkring 1.5 % pr. år siden 1995. En forventet stigende nedbørsmængde vil få udledningerne af især N, men også P, til at stige, såfremt der ikke foretages yderligere politiske tiltag til at reducere udledningerne. Der forventes et øget fokus på en reduktion af de direkte udledninger af fosfor fra store rensningsanlæg. Det er teknisk muligt at reducere disse markant, og det er antageligt politisk gennemførligt. For Østersøen gælder omtrent de samme forhold som for Nordsøen vedrørende atmosfærisk deposition. Den samlede N-deposition er faldet med 31 % siden 1995, hvilket skyldes et fald på 41 % for NO_{xer} og 14 % for reducerede N-forbindelser (omkring atmosfærisk deposition og Danmarks udledninger se fodnote 1).

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Udledningerne af total kvælstof og total fosfor afhænger meget af de politiske beslutninger omkring forvaltning af landbrug, akvakultur og luftemissioner, og af om den faktiske implementering følger de politiske målsætninger. Dette er den største kilde til usikkerhed. Desuden er der nogle uoverensstemmelser imellem de nationale metoder og RID-databasen og mellem RID og resultaterne i E-HYPE. Det øgede fokus på brugen af marine modeller betyder, at der er et behov for at sikre, at landene fremadrettet indberetter samlede tilførsler til RID-databasen, og indtil det er sikret, at de supplerer de nationale indberetninger af tilførsler med modelberegninger som fx E-HYPE. Det sidste skyldes, at marine modeller kræver komplette dataset for tilførsler. Omvendt vil eventuelle krav om reduktioner i tilførsler af næringsstoffer, for at opnå målopfyldelse i havstrategidirektivet, betyde en større opmærksomhed på kvalitet og konsistens af data, og her vil landene antageligt henholde sig til deres nationale indberetninger. Det anbefales, at Danmark er opmærksom på disse forhold; altså at vores indberetninger af data for tilførsler er kontinuerede, opdaterede og konsistente, og at Danmark kontinuert analyserer, hvordan de passer med beregninger fra oplandsmodeller.

Overordnet antages sikkerheden i vurderingen af udviklingen i næringsstoffiltførsler især for de seneste 15-20 år dog som værende høj set i forhold til andre typer af data.

Generelt for dette afsnit og alle afsnit nedenfor omkring eutrofiering gælder det, at det er usikkert at lave en fremskrivning 10 år frem. Tilstanden i åbne havområder som Østersøen og Nordsøen påvirkes ikke blot af tilførslerne af næringsstoffer, men også af klima, og for de åbne områder er processerne i kystzonen af stor betydning, idet fjorde og kystnære områder virker som et filter, der omsætter næringsstoffer fra land (Markager et al., 2011). Klima påvirker både temperatur og afstrømning, og de forventede klimaforandringer kan have både positive og negative effekter på eutrofiering i åbne havområder. Desuden må vi forvente en større omlægning af samfundets tilgang til energi og kvælstof, som potentielt kan påvirke aspekter af eutrofiering i åbne områder. Det er forhold som: 1) en signifikant reduktion af dannelsen af NO_x i forbindelse med udfasning af fossile brændstoffer, 2) en signifikant reduktion i landbrugets anvendelse af kvælstof pga. klimahensyn, idet landbrugets anvendelse af kvælstof i dag står for 9 % af Danmarks udledninger af klimagasser (baseret på Danmarks indberetning til UNFCCC), og 3) etablering af store områder med vindmøller til havs med deraf følgende faste substrater - evt. i kombination med produktion af makroalger til biobrændstoffer. En signifikant produktion af marin biomasse til energiformål vil fjerne betydelige mængder af næringsstoffer og kan potentielt ændre eutrofieringsstatus for området. Analyse af disse forhold er uden for rammerne af denne opgave.

5.2: Koncentrationer af næringsstoffer (DIN, DIP, TN, TP) i vandsøjlen ($\mu\text{mol L}^{-1}$) (AU, DCE)

Jacob Carstensen og Stiig Markager

Nordsøen

Næringsstoffer overvåges hyppigt i Vadehavet og fjordene på vestkysten, hvorimod overvågningen af den åbne del af Nordsøen og Skagerrak begrænser sig til to årlige togter. Næringsstofferne i både de åbne dele og især langs Jyllands vestkyst (Jyllandsstrømmen) er bestemt af udledningerne fra de store europæiske floder, og Tyskland og Holland har ligesom Danmark iværksat en række tiltag til at reducere udledninger. Efter kraftige fald fra midten af 1980'erne frem til midten af 2000'erne har koncentrationerne af næringsstoffer stabiliseret sig. Uden yderligere tiltag i oplandene til Elben, Rhinen og andre store floder til at regulere udledningerne af kvælstof og fosfor forventes næringsstoffkoncentrationerne i 2030 at forblive på det nuværende niveau. OSPAR forventes dog at vedtage en ny målsætning, som kan medføre væsentlige nye tiltag i forhold til eutrofiering.

Østersøen

Næringsstoffer overvåges hyppigt i både fjorde, kystnære områder og åbne farvande. Efter kraftige fald fra midten af 1980'erne frem til midten af 2000'erne har koncentrationerne af næringsstoffer stabiliseret sig. Niveauerne er tæt koblet til udledningerne, specielt i fjorde og kystnære områder (Carstensen & Henriksen, 2009). Uden yderligere tiltag til at regulere udledningerne forventes næringsstoffkoncentrationerne i 2030 at forblive på det nuværende niveau.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Usikkerheden relaterer sig til de faktiske udledninger, som afhænger af de politiske beslutninger omkring forvaltning af udledninger i Danmark, Tyskland, Holland og andre centraleuropæiske lande. Dette er den største kilde til usikkerhed. Overordnet antages sikkerheden i vurderingen dog som værende høj.

5.3: Koncentrationer af klorofyl a i vandsøjlen ($\mu\text{g L}^{-1}$) (AU, DCE)

Jacob Carstensen og Stiig Markager

Nordsøen

Klorofyl overvåges hyppigt i Vadehavet og fjordene på vestkysten, hvorimod overvågningen af den åbne del af Nordsøen og Skagerrak begrænser sig til to årlige togter. Efter kraftige fald fra midten af 1980'erne og starten af 1990'erne har klorofylniveauet stort set været uændret. Mængden af klorofyl afhænger af tilgængeligheden af næringsstoffer (Lyngsgaard et al., 2014; Timmermann et al., 2010) og græsningstryk, som i fjorde og kystområder hovedsageligt er bentisk. Således faldt klorofylniveauet drastisk i Ringkøbing Fjord, efter sandmuslingen etablerede sig (Petersen et al., 2008). Højere temperaturer kan medføre en større recirkulation af næringsstoffer og dermed et højere klorofylniveau. Der forventes derfor en uændret eller stigende klorofylkoncentration i 2030.

Østersøen

Klorofyl overvåges hyppigt i både fjorde, kystnære områder og åbne farvande. Efter kraftige fald fra midten af 1980'erne og starten af 1990'erne har klorofylniveauet stort set været uændret i de senere år. Mængden af klorofyl afhænger af tilgængeligheden af næringsstoffer og græsningstryk, som i fjorde og kystområder hovedsageligt er bentisk. Den lange opholdstid i Østersøen betyder, sammen med puljerne af næringsstoffer i sedimentet, at man ikke kan forvente en væsentlig nedgang i klorofylkoncentrationen inden 2030.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Usikkerheden begrænser sig ikke kun til tilgængeligheden af næringsstoffer, men også til de faktorer, som styrer græsningstrykket (eksempelvis vind, temperatur, muslingeskrab m.m.).

5.4: Koncentrationer af ilt nederst i vandsøjlen (mg L^{-1}) (AU, DCE)

Jacob Carstensen og Stiig Markager

Nordsøen

Iltkoncentrationen overvåges hyppigt i Vadehavet og fjordene på vestkysten, hvorimod overvågningen af den åbne del af Nordsøen og Skagerrak begrænser sig til to årlige togter. Vadehavet og de lavvandede fjorde på vestkysten har ikke problemer med iltsvind, og der er ikke registreret iltsvind i den åbne del af Nordsøen siden midten af 1980'erne. Dette skyldes, at bundvandet bliver fornyet forholdsvis hyppigt. En stigende temperatur vil kunne medføre et fald i iltkoncentrationen. Dog forventes der ikke iltsvindsproblemer i disse områder i 2030.

Østersøen

Iltkoncentrationen overvåges regelmæssigt som en del af NOVANA og intensivt i sensommeren og efteråret, hvor iltsvind forekommer. På trods af fal-

dende udledninger af kvælstof og fosfor siden midten af 1980'erne er iltforholdene ikke blevet forbedret i samme periode, hvilket skyldes de store puljer af næringsstoffer i økosystemet, som betyder, at primærproduktionen, og dermed tilførslen af organisk stof, fortsat er på et højt niveau. En stigende temperatur er også en faktor. En højere temperatur medfører en lavere iltkoncentration i det overfladevand, som på et tidspunkt bliver til bundvand, og øger iltforbruget i bundvandet pga. en hurtigere respiration. En fortsat stigende temperatur vil medføre øget risiko for iltsvind i 2030 (Conley et al., 2009).

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Den største kilde til variation i iltforhold er vejret. Mængden af næringsstoffer styrer hovedsageligt iltforbruget ved bunden, hvorimod ilttilførslen er styret af vind og vejr. Når vejrforholdene ikke er optimale, vil en stigende temperatur medføre et større iltsvind.

5.5: Kvalitetslementer til vurdering af økologisk tilstand i fjorde og kystvande (AU, DCE)

Jacob Carstensen

Nordsøen/Østersøen

Fytoplankton, bundvegetation og bundfauna overvåges regelmæssigt i en stor del af de danske vandområder. Forventede ændringer i fytoplanktonbiomassen er beskrevet ovenfor under deskriptor 1.8. Det er uklart, hvordan fytoplanktonsammensætningen vil ændre sig i fremtiden. En række studier peger på, at højere temperaturer fremmer blågrønalger, hvilket kan blive et problem for vandområderne langs Østersøen (Kahru & Elmgren, 2014). I andre vandområder er saliniteten formentlig for høj til, at blågrønalgerne vil trives. Andre studier peger på, at stigende temperaturer vil fremme små planktonalger, men disse konklusioner relaterer hovedsageligt til næringsfattige havområder, hvor temperaturstigninger bevirker en kraftigere lagdeling. Mængden af algeopblomstringer afhænger af tilgængeligheden af næringsstoffer og dermed udledninger, men det er usikkert, hvordan algeopblomstringer (specielt giftige) vil blive påvirket af temperaturstigninger.

Bundvegetationen er hovedsageligt påvirket af lysforhold og temperatur. Ændringer i udledningen af næringsstoffer vil påvirke lysforholdene og dermed dybdeudbredelsen af bundvegetationen. For makroalger er det specielt maksimumtemperaturen i korte perioder, som er kritisk, evt. kombineret med lave iltkoncentrationer i vandet. Nogle arter af makroalger lever på grænsen af deres tolerance og vil sandsynligvis forsvinde fra de danske områder og blive erstattet af nye arter.

Bundfauna er påvirket af tilgængeligheden af føde samt iltforhold ved bunden. Forventede iltforhold er beskrevet under 5.4, hvilket i områder med iltsvind vil medføre færre bunddyr og ændret sammensætning. Fødegrundlaget afhænger hovedsageligt af udledningerne af næringsstoffer og i begrænset omfang af temperaturstigninger, men ændrede vindforhold kan også påvirke opblanding af vandsøjlen og dermed fødegrundlaget for filtratorer.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Usikkerhed om udledninger af næringsstoffer vil påvirke de forventede responser for de tre kvalitetslementer i kystområder. De overordnede respon-

ser for hele samfund (biomasse og dybdeudbredelse) er forholdsvis velbeskrevne, hvorimod de enkelte samfunds fremtidige sammensætning er væsentlig mere usikker eller ukendt.

4.6 D6: Havbundens integritet

6.3: Udstrækningen af negativt påvirket habitat (km²) som andel af habitattypens samlede udstrækning (DTU Aqua)

Karsten Dahl

I Trin 2 blev de mest betydelige menneskelige aktiviteter for tilstanden af deskriptor 6 fremskrevet til 2030 med en blanding af kvantitative og kvalitative estimer. Disse fremskrivninger er angivet i parentes efter hver enkelt aktivitet: i) akvakultur i havet [betydelig stigning], ii) fiskeri [- 20 %], iii) høst af havplanter [stigning], iv) råstofindvinding [stigning], v) kystbeskyttelse og sikring mod oversvømmelser [betydelig stigning], vi) offshore-anlæg (som ikke er til udvinding af energi) [stigning], vii) ændring af havbundens morfologi [betydelig stigning], viii) infrastruktur til transport [stigning] og ix) skibsfart [uændret].

I basisanalysen fra Miljø- og Fødevareministeriet (2019) estimeres det, at fiskeri med bundsløbende redskaber udgør 98,2 % af den samlede arealpåvirkning af havbunden fra menneskelige aktiviteter (tab [Deskriptor 6, kriterie 1, D6C1] + forstyrrelse [D6C2]) i den danske EEZ i Østersøen. Det tilsvarende tal for Nordsøen er 99,3 %. Givet den meget lave udstrækning af alle andre aktiviteter ift. fiskeri og den primært kvalitative fremskrivning af disse andre aktiviteter i Trin 2 vil fremskrivningen af indikator 6.3 primært basere sig på den forventede udvikling i fiskeriaktiviteten; dvs. en reduktion på 20 % frem til 2030 på tværs af alle redskabstyper og farvande.

Fiskeriet med bundsløbende redskaber fordeler sig ikke jævnt over udstrækningsområdet. I farvandene i Nordeuropa er det typisk, at 90 % af fiskeriet foregår i mindre end 50 % af det samlede påvirkede areal (Eigaard et al., 2017; ICES, 2016). Dette gennemgående fiskerimønster indikerer, at indikator 6.3 kan blive reduceret med mere end 20 % frem til 2030 (ved en reduktion på 20 % i fiskeriindsatsen), fordi fiskeriet i højere grad vil opretholde aktiviteten i kerneområderne end i randområderne, hvor reduktionen i arealpåvirkning pr. indsatsreduktion vil være større (Bastardie et al., 2020).

Fordelingen af fiskeriindsatsen mellem habitattyper ændrer sig ikke i samme forhold ved en faldende samlet fiskeriindsats. En analyse af fiskeriet med bundsløbende redskaber i den danske EEZ i Nordsøen og Østersøen (Egekvist et al., 2017) viste, at i perioder med faldende fiskeriindsats faldt intensiteten mere i nogle habitattyper end i andre. Herved faldt indikator 6.3 også i varierende grad imellem de forskellige habitattyper. Der er ikke et klart mønster for, hvilke habitattyper der oplever det største eller det mindste fald på tværs af farvandsområder i den danske økonomiske zone, men der er dog en tendens til, at groft sediment oplever den største reduktion i arealpåvirkningen.

I fremskrivningen af indikator 6.3 til år 2030 er der ikke skelnet mellem forstyrrelser (D6C2) og tab (D6C1) af havbund forårsaget af menneskelige aktiviteter, idet begge indikatorer tillægges en negativ påvirkning i deres fulde udstrækningsområde. Særligt habitattyper med grus, ral og mindre sten vil

blive påvirket af en stigning i råstofindvinding. For fiskeri er forholdet mellem forstyrrelse (D6C2) og graden af negativ påvirkning af havbunden variabel og afhænger af i) følsomheden af den habitattype, der fiskes på, ii) den type redskab, der fiskes med, og iii) den frekvens, hvormed fiskeriet foregår (ICES, 2019d). For nogle kombinationer af disse tre faktorer har det ikke været muligt at påvise en effekt i målrettede forsøg (Lindegarh et al., 2000; Vorberg, 2000), og der kan således være tale om en overestimering af indikator 6.3, når der antages at være en negativ effekt af D6C2 i det fulde udstrækningsområde af forstyrrelsen. Der pågår i øjeblikket en række arbejder i EU, HELCOM og ICES med henblik på at udvikle metoder til at oversætte både forstyrrelse og tab fra menneskelige aktiviteter, herunder fiskeri, til negativ påvirkning (ICES, 2019d).

På baggrund af ovenstående vurderinger, der forudser a) en mere end proportional reduktion i mellem fiskeriindsats og forstyrret areal, b) varierende reduktion imellem habitattyper og c) mulig korrektion for aktuel overestimering af negativt påvirket areal fra forstyrrelse, forventes en nedgang i fiskeriindsatsen på 20 % sammen med en stigning i de otte andre væsentligste aktiviteter frem til år 2030 at resultere i en reduktion i indikator 6.3 på mellem 10 % og 35 % afhængigt af habitattypen.

6.4: Artssammensætning og/eller biomasse pr. habitattype (AU, DCE)

Karsten Dahl

Der gives en samlet vurdering for de danske farvande, dog med tydelig beskrivelse af forhold, der er særlige for OSPAR-regionen mht. fiskeri.

Indsamling af blødbundsdata, der beskriver artsspecifikke biomasser af bundfaunaen, indgår i NOVANA-programmet, og data indsamles løbende nationalt. I relation til indeværende problemstilling er datagrundlaget udfordret af en meget variabel datatæthed geografisk, en svag kobling mellem EUNIS-bundtypernes udbredelse (manglende kortlægning) og de eksakte prøvestationer og fysiske påvirkninger af bunden. Biodiversitetsdata vedr. havgræsser og makroalger samt epifauna indsamles på henholdsvis lavvandede bløde sedimenter (havgræsser) og hård bund. Vurderingen er derfor baseret på overordnede betragtninger om aktiviteter og deres effekter på overordnede habitattyper.

Fiskeri med slæbende redskaber (muslingeskrabere, trawl m.m.) er en væsentlig presfaktor mod havbundens biologiske diversitet. Fiskeri på kvotearter antages at blive reduceret med 20 % for at kunne leve op til et bæredygtigt fiskeri frem til 2030. Det er ikke klart, i hvilket omfang disse forventede reduktioner vil føre til indskrænkninger i fiskeri med bundskrabende redskaber, som har betydning for havbundens integritet, eller om de primært vil omfatte andre former for fiskeri. Det er heller ikke klart, hvis der sker indskrænkninger i fiskeri med redskaber med bundkontakt, om disse vil omfatte en arealmæssig indskrænkning eller indskrænkninger i antallet af overfiskninger.

Udenlandske fiskere trawler intensivt på stenrev i Nordsøen og et enkelt i Skagerrak (Fødevareministeriet, arbejdsdokument). Det synes i dag kun i begrænsede tilfælde at gøre sig gældende i indre danske farvande (kilde DTU på dialogmøder i Fødevareministeriet), men der er for nylig opnået enighed mellem Danmark, Sverige og Tyskland (Joint Declaration, udkast) om forbud mod brug af slæbende redskaber i Natura-2000 området Kims Top og ”Den

Kinesiske Mur”. Igangsatte initiativer med beskyttelse af stenrev i Natura-2000-områder mod sløbende redskaber og boblerev mod alle former for fiskeri forventes inden for det kommende år at:

- fastholde biodiversiteten og bundens integritet på rev i indre danske farvande. I disse farvandsområder har trawling ikke eller kun i meget begrænset omfang fundet sted i de sidste år.
- genoprette diversitet, biomasser og delvist bundens integritet på nogle revområder i Nordsøen og Skagerrak, hvor både danske og i særlig grad udenlandske bomtrawlerfiskeriaktiviteter aktuelt finder sted på den hårde bund. Hvis fiskeriet har ført til spredning af sten og ”udjævning” af restrukturen, må de betragtes som permanente skader.

Seks havstrategiområder er udlagt i Kattegat på dybere og mere mudrede bunde (Miljøstyrelsen, 2016). Områderne er udpeget på baggrund af kendskab til en meget lille eksisterende fiskeriaktivitet med bundsløbende redskaber (kilde: kort præsenteret på dialogmøder i Fødevareministeriet). Der er nu opnået enighed mellem Danmark, Sverige og Tyskland om forbud mod fiskeri med sløbende redskaber i de udpegede områder (Joint Declaration). Forbuddet forventes primært at fastholde biodiversiteten og bundens integritet i de kommende år pga. den eksisterende lave fiskeriaktivitet.

Storbritanniens udtræden af EU giver fortsat EU-landene adgang til britisk farvand, imod at der gennem en overgangsperiode overføres kvoteandele til Storbritannien for visse af de fælles bestande, svarende til op til 20 % af værdien (stiger til 25 % over 5 år) af EU's historiske fiskeri i britiske farvande. De danske (og andre EU-fiskere) beholder altså adgang til britisk farvand, men med en op til 20-25 % mindre kvote for nogle bestande. Storbritannien beholder ligeledes adgang til fiskeri i EU-zonen. På denne baggrund antager DTU-Aqua at fiskeriets påvirkning af bundens integritet og den benthiske biodiversitet vil være uændret i dansk farvand som følge af Storbritanniens udtræden af EU (Vinter pers. medd.)

Råstofindvinding af sand, grus og ral forventes at stige frem mod år 2030, og nye områder må tænkes taget i brug efterhånden som ressourcer i de eksisterende områder opbruges. Råstofindvinding kan reducere bundens biodiversitet, herunder artsantal, artshyppighed og biomasser. Ændringerne i det biologiske samfund kan være midlertidig, hvis det er et dynamisk område, der indvindes i. Påvirkningerne kan også være permanente, hvis det er ressourcer med ældre oprindelse, som fx ral fra gamle kystlinjer, der indvindes. I sidstnævnte tilfælde vil havbunden sænkes permanent (mindre lys, højere saltholdighed, større risiko for iltsvind), og sedimentet vil oftest gå fra en grovere mod finere sammensætning til skade for den epibenthiske flora og fauna og øvrige arter, der er knyttet til dette habitat.

Iværksatte, planlagte eller foreslåede større marine anlægsarbejder, som fx Femern-forbindelsen, energiøer, udvidelserne af København inde i havnen og ud i Øresund, Aarhus Havn og Kattegatbroen, fører alle til enten tab af havbundsarealer eller til større forstyrrelse af havbundens biota (fx graveaktiviteterne ved Femern Bælt). Kystnært kan aktiviteterne reducere ålegræseenge, stenrev, blåmuslingebanker og infaunasamfund frem mod 2030. På større vanddybder vil påvirkningen primært ramme infaunasamfund eller evt. stenrev og hestemuslingebanker. Etablering af vindmølleparker vil i større eller

mindre udstrækning medføre ændrede habitatforhold, afhængigt af om erosionssikring i form af sten er nødvendig. Introduktion af stenrev rundt om de enkelte møllekonstruktioner vil oftest ændre habitatet fra sandbund til stenbund. En afledt effekt kan være nye adgangsveje for ikke-hjemmehørende hårbundsarter. Det forventes, at der gennemføres allerede planlagte naturgenopretningsprojekter (ud for Gilleleje og i Roskilde Fjord) med etablering af stenrev frem mod 2030.

Eutrofieringsbetingede alvorlige og gentagende iltsvind fører til ændret stofomsætning i havbunden og tab af biologiske diversitet. Emnet behandles under eutrofiering.

Den samlede konklusion er, at presset på havbundens biologiske diversitet forventes at stige frem til 2030 for hovedparten af de marine habitattyper med reduktioner af den biologiske diversitet i form af færre individer og biomasser. Det øgede pres vil i særlig grad skyldes anlægsarbejder og råstofindvinding på sand-, grus- og raldominerede havbundsområder. Et fremtidigt mere bæredygtigt fiskeri kan, hvis det omfatter begrænsninger i trawlfiskeri, føre til, at denne presfaktor aftager.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Usikkerheden omkring vurderingen af det fremtidige ophør af trawlfiskeri på stenrev i Nordsøen og Skagerrak i de beskyttede områder og genopretning af enkelte revlokaliteter og den deraf forventede positive effekt på den biologiske diversitet i disse områder vurderes meget lille.

Tab af biologisk diversitet som følge af landvinding, øget råstofindvinding på sand, grus og sandbunde og marine anlæg vurderes som ret sikker i de kommende 10 år. Vurderingen af et uændret påvirkningsniveau af den biologiske diversitet på den jævne bund af trawlfiskeri er derimod højst usikker. En reduktion i det samlede fiskeritryk med bundsløbende redskaber over de kommende år kan føre til et mindre pres på den benthiske biodiversitet, men omvendt kan Storbritanniens udtræden af EU føre til store flytninger af fiskeriindsatser fra Storbritanniens områder og ind i dansk farvand.

4.7 D7: Hydrografiske ændringer

Hydrografi overordnet (AU, DCE)

Christian Mohn

Der gives en samlet vurdering for de danske farvande i Nordsøen og Østersøen i forhold til fremskrivning af klimaforandringer og permanente hydrografiske ændringer som følge af energiproduktion, råstofindvinding, transport og infrastrukturprojekter. De fysiske parametre for havvand (temperatur, salinitet, strømninger, bølger, turbulens, turbiditet, dybde og tryk) er vigtige, fordi de strukturerer vandmasserne og de benthiske og pelagiske habitater. De fysiske parametre spiller en nøglerolle for blanding af vandsøjlen, transport af varme og udvekslingen mellem havet og atmosfæren og derved også udvekslingen af vandmasser mellem Østersøen og Nordsøen. Hydrografiske faktorer styrer også processerne ved havbunden (transport af sediment, organiske partikler og iltholdige/-fattige vandmasser, turbulens) og derved den biologiske produktion af plankton og fiskearter. Det betyder, at ændringer i de fysiske parametre har direkte indflydelse på marine organismers muligheder for overlevelse, vækst og produktion.

Data, der beskriver hydrografiske forhold, indsamles løbende som en del af det nationale NOVANA-program og rapporteres til ICES. De vigtigste parametre i NOVANA-overvågningen er temperatur, saltholdighed og densitet. Derudover driver DMI et landsdækkende netværk af kystovervågningsstationer, der indsamler tidsserier af temperatur og vandstand ud over forskellige meteorologiske parametre.

Vandudveksling mellem Østersøen og Nordsøen sker i en overgangszone, som dækker Kattegat, Bælthavet og Øresund, hvor det salte vand fra Nordsøen og Skagerrak blandes med det brakke vand fra Østersøen. De to vandmasser har forskellig densitet, som driver en vandbevægelse, hvor det salte vand med høj densitet (massefylde) fra Nordsøen skubber sig ind under det brakke og lettere vand fra Østersøen. I de indre danske farvande resulterer det i et udstrømmende overfladelag af Østersøvand og et bundlag med indstrømmende Nordsøvand. Fremtidige klimaændringer forventes at føre til mere nedbør og ferskvand i kystnære områder (se fx Andersson et al., 2015). Større ferskvandstilførsel kan medføre permanente ændringer i cirkulationen og lagdeling. Strømningsmålinger er ikke en del af overvågningen i Nordsøen eller de indre danske farvande, men er en vigtige parameter til evaluering af vandtransport og transport af partikler samt opholdstid for vand.

7.1: Areal af hydrografiske ændringer i vandsøjlen og på havbunden (km²) (AU, DCE)

Christian Mohn

Vedvarende energiproduktion (vindmølleparker, energiøer), store infrastrukturprojekter (Femern Bælt, Øresundbroen), landvinding og råstofindvinding forventes at stige frem mod 2030. Det kan medføre topografiske ændringer samt ændringer i havbundens morfologi og dybder. Derfor forventes det, at menneskeskabte ændringer af havbundsmorfologi i høj grad vil påvirke lokale hydrografiske forhold og medføre ændringer i havbundens strømninger, lagdeling, blandingskapacitet og derved arealudbredelsen af havbundstypologier frem mod 2030. Den nuværende overvågning består af et netværk af faste stationer, men en mere fleksibel planlægning anbefales med måling af nye variabler som strømninger, turbulens og turbiditet i de påvirkede arealer.

7.2: Areal pr. habitattype, der er negativt påvirket som følge af hydrografiske ændringer (km² eller % af samlet areal af habitattypen) (AU, DCE)

Christian Mohn

Hydrografiske ændringer som følge af permanente ændringer af havbundens struktur forventes at medføre ændringer i habitatsfunktion og kan ændre forekomst og fordeling af habitattyper og nøglearter (se også deskriptor 6). Store planlagte infrastrukturprojekter, som medfører langt og intensivt gravearbejde, er en permanente kilde til finkornet sediment til skade for den epibentiske flora og fauna, specielt for fashæftede arter og makroalger på grund af stigende turbiditetsniveauer og dårligere lysforhold. Der kan generelt forventes en stigning af habitater (uden for Natura 2000-områder), der bliver påvirket negativt i anlægsperioden (inden 2030), medmindre der blive indført effektive virkemidler.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Resultater af ændringer i hydrografien som følge af allerede planlagte energi- og infrastrukturprojekter på havbunden i påvirkede arealer kan vurderes som sikre i de næste 10 år. Der er større usikkerhed ved vurderingen af udbredelsen af disse ændringer i andre områder, der ikke er direkte berørt af aktiviteterne.

4.8 D8: Forurenende stoffer

8.1: Koncentration af PFOS i fisk ($\mu\text{g kg}^{-1}$ vådvægt) (AU, DCE)

Martin M Larsen

PFOS i fisk er siden 2011 overvåget i NOVANA med årlige prøver af fiskelever fra Nordsøen og Østersøen. Der findes en EU EQS for PFOS i fiskemuskel. Der er i OSPAR og HELCOM anvendt en omregningsfaktor for svenske fiskearter for at gå fra lever til muskel for sammenligning med EQS-værdien. Der er igangsat et projekt i Danmark for at vurdere, om omregningen også gælder danske fiskearter (skrubber og rødspætter).

Tilførslerne af PFOS til Østersøen er tre gange højere via floder end fra atmosfæren, men for andre PFAS'er udgør atmosfæretilførslerne en væsentligt større andel. Der er ikke længere direkte tilførsel af PFOS i Østersøområdet (Johansson & Undeman, 2020), så hovedparten af tilførslerne forventes at komme fra udledninger via renseanlæg og deponier samt sekundær afstrømning af atmosfærisk deponeret PFOS fra oplandet til vandløb og havet. Der forventes faldende affaldsmængder, og der forventes et lille fald i PFOS som følge af et generelt forbud mod dets anvendelse i bl.a. brandbekæmpelse siden 2011. Det er usikkert, om faldene er store nok til at kunne observeres i overvågningsprogrammet pga. år til år-udsving (ændringer under 10 % pr. år er tit først påviselige efter 20-30 års overvågning).

Der er endnu ikke signifikante tidstrends for danske farvande med de relativt korte dataserier, men i svenske retrospektive tidstrends er der dokumenteret stigende koncentrationer i biologiske prøver fra 1960-80'erne. I perioden efter 2007 er der observeret enkelte faldende koncentrationer i sild, men hovedparten af stationerne udviser ikke nogen tidstrend for fisk og fugleæg. Andre fluorerede stoffer (FOSA og PFHxS) har dog vist et fald (Johansson & Undeman, 2020). For det specifikke stof PFOS er forventningen faldende koncentrationer på grund af forbud mod anvendelsen af PFOS i de fleste produkter, men producenterne har skiftet til andre typer perfluorerede forbindelser. Om nogle af dem nedbrydes til PFOS eller er lige så giftige eller giftigere end PFOS, vides ikke på nuværende tidspunkt.

Det forventes derfor, at der enten sker et lille fald eller ingen udvikling i indholdet af PFOS frem mod 2030.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Usikkerheden ved fremskrivningen er lille, da der ikke ser ud til at ske væsentlige ændringer i udledninger i forhold til perioden 2010-2020 de næste 10 år.

8.2: Koncentration af PBDE i fisk ($\mu\text{g kg}^{-1}$ vådvægt) (AU, DCE)

Martin M. Larsen

Bromerede flammehæmmere er siden 2008 overvåget i NOVANA med prøver fra muskel eller lever i fisk fra Nordsøen og Østersøen. Der findes en EU EQS-indikator for summen af seks PBDE'er. Der er i OSPAR anvendt et alternativt canadisk system til vurdering af individuelle PBDE'er, da EU EQS-summen ikke har værdier for individuelle BDE'er og samtidig er meget lav i forhold til detektionsgrænserne.

Estimat på kilder til PBDE i EU viser, at >50 % af PBDE'erne stammer fra luftbåren forurening (afgasning fra skumprodukter, tæpper, tekstiler mv. i husholdning og skibssindretning samt fra deponier og afbrænding), ca. 25 % går direkte til jord (deponi og nedbrydning) og 15 % til vand, fortrinsvis fra renseanlæg. Toogtres % af depositionen af BDE99 til Østersøen er estimeret til at være lokale emissioner i HELCOM-området, men for andre mere flygtige BDE'er er langtransport mere betydende (Undeman & Johansson, 2020). Et antal forbud mod anvendelse og produktion af BDE'er har medført et fald i kilder, som til dels opvejes af større forbrug og dermed flere ældre produkter med BDE'er til affaldsforbrænding og deponering.

De generelle tidstrends for PBDE er faldende på langt de fleste stationer i Nordsøen og Østersøen, både i fisk og fugleæg. Som for PFOS har der været en periode med stigende indhold fra 1960'erne til 1990'erne, men fra 2007 til 2017 er der set et fald på 7-8 % pr. år for fire, men ingen udvikling for de to sidste, af de seks BDE'er, der indgår i summen af de seks BDE'er. Generelt er niveauerne faldet med omkring 8 % pr. år i Østersøen (Undeman & Johansson, 2020) og 2-6 % pr. år i regionerne Skagerrak og Kattegat samt den sydlige Nordsø (OSPAR, 2020).

De væsentligste indgreb mod PBDE skete før 2010, så i forhold til perioden 2010-2020 vurderes udledninger at være svagt faldende eller den samme de næste 10 år. Der forventes derfor et lille fald (<5 % årligt) eller konstant udvikling i PBDE-indholdet i fisk frem mod 2030.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Usikkerheden ved fremskrivningen er lille, selvom der er kommet stramninger fra EU på genbrug af BDE-holdigt materiale fra EU (2019).

8.3: Koncentration af benz(a)pyren i muslinger ($\mu\text{g kg}^{-1}$ vådvægt) (AU, DCE)

Martin M. Larsen

Benz(a)pyren er siden 1998 overvåget i muslinger som led i NOVANA-programmet. Der findes en EU EQS-værdi for benz(a)pyren, men den anvendes kun i HELCOM og ikke i OSPAR, der har sine egne EAC-værdier, udviklet før vandrammedirektivet kom frem.

Benz(a)pyren er naturligt forekommende fra skovbrande. Dertil kommer tilført benz(a)pyren fra afbrænding af fossile brændstoffer (især olie og kul) eller spild af olie ved udvinding af olie/gas, påfyldning i industri- og lystbådehavne og anvendelse af forbrændingsmotorer til land- og vandtransport (HELCOM, 2018c). Der er et antal PAH'er inklusive benz(a)pyren i bildæk, og derfor vil øget transport også give øget udledning.

Overgang til eldrevne biler mindsker bidraget til luften, men ikke fra dækslid. Den atmosfæriske tilførsel faldt i årene 1990-2000, men er siden stabiliseret på ca. det halve af niveauet i 1990. Ved uddybning af havne og sejlrender kan der genfrigives PAH'er begravet i sedimentet, især i anoxiske områder, hvor nedbrydningen er meget langsom.

Generelt er PAH'erne faldende i ~25 % af Nordsøens tidstrendsstationer med et regionalt fald på 5 % pr. år for den sydlige Nordsø, men ikke noget fald for Skagerrak og Kattegat (OSPAR, 2017b). For danske farvande ses faldende niveauer på ca. 1/6 af tidstrendsstationerne (OSPAR, 2020).

Klimaændringer giver øgede antal skovbrande i Sibirien og Sydeuropa og kan bidrage til at fastholde niveauet af PAH'er på længere sigt. Skibstrafikken forventes at være konstant, men anvendelsen af åbne scrubbersystemer kan øge den lokale påvirkning af benz(a)pyren i sejlrouterne. Transporten på land er stigende, og kan give lokal øget påvirkning med benz(a)pyren nær trafikerede kystveje og havne.

Det forventes, at der ikke sker nogen udvikling i benz(a)pyrenindholdet i muslinger frem mod 2030.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Usikkerheden ved fremskrivningen er lille, men øget transport kan sammen med klimaændringer resultere i en svag stigning. Udfasning af fossilt brændsel og olie-gas-boringer kan derimod give et svagt fald.

8.4: Koncentration af kviksølv i fisk eller muslinger ($\mu\text{g kg}^{-1}$ vådvægt) (AU, DCE)

Martin M. Larsen

Kviksølv er siden 1998 overvåget i NOVANA i muslinger og fiskemuskel. Der eksisterer en EU EQS-værdi for kviksølv i fisk. OSPAR har indtil nu ikke anvendt denne EQS-værdi, da den er meget tæt på baggrundsværdien. EQS-værdien på 20 $\mu\text{g/kg}$ anvendes normalt direkte uden korrektion til 4,5 for trofisk niveau af muslinger eller fiskearter i marine områder (EU, 2014), da der er stor usikkerhed om det trofiske niveau og biomagnifiseringsfaktorerne for kviksølv. En eventuel trofisk korrektion for muslinger for sammenligning med EQS-værdi fastlagt for fisk vil øge det fundne niveau i muslinger med en faktor 10 eller mere (Larsen, 2019).

Det meste kviksølv kommer til Østersøen via atmosfærisk deposition (ca. 2/3), fortrinsvis fra global afbrænding af fossilt brændstof (især kul) med ca. 37 % og små-skala minedrift med ca. 25%. Metal- og cementindustri bidrager med ca. 19%, deponier og forurenede grunde med ca. 9 % og derudover et par andre mindre kilder. Ud over den atmosfæriske deposition kommer der 28 % fra floder og ca. 4 % direkte til havet (HELCOM, 2020a)

For tidsstationer fra Nordsøen viser 2/3 ingen trend, og for de resterende 1/3 er der ca. lige mange, der viser faldende og stigende tendens. For Østersøen er tendensen på 28 % af stationerne faldende og stigende på 8%. I regionerne sydlige Nordsø og Skagerrak-Kattegat finder OSPAR ingen eller en svagt stigende tendens for kviksølvkonzentrationen i fisk og muslinger.

Øgede temperaturer som følge af klimaforandringer kan forøge mobiliteten af kviksølv, så der sker en hurtigere luftbåren transport fra troperne til Arktis. Udfasning af kulfyring og overgang til vedvarende energikilder forventes at nedbringe kviksølvudledningen, men kun en mindre del af luftforureningen kommer fra lokale danske kilder, så det kræver globale tiltag inden for MINAMATA-konventionen at nedbringe langtransport af kviksølv.

Frem mod 2030 forventes en konstant eller svagt faldende koncentration af kviksølv i fisk og muslinger.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Usikkerheden ved fremskrivningen er lille, da der er mange lange tidsserier, der ikke udviser nogen tendens. Faldende kviksølvniveauer fra MINAMATA-konventionstiltag kan blive modvirket af stigende temperaturer.

8.5: Graden af imposex/intersex hos havsnegle (VDSI eller ISI) (AU, DCE)

Martin M. Larsen

Imposex og intersex er siden 1998 blevet overvåget i NOVANA-programmet. Der er fastlagt Ecological Quality Objectives (EcoQO) i OSPAR for marine snegle (OSPAR, 2009) med seks klasser (A-F) af imposex koblet til en TBT-koncentration i vandsøjlen. Bortset fra Skagerrak og Kattegat findes der i HELCOM-området kun strandsnegle, som ved intersex (ISI) over 0,3 anses for påvirkede i et omfang, der kan medføre nogle sterile hunner (klasse D). For de mere følsomme arter dværgkonk og almindelig konk indikerer Vas Deference Sequence Indeks (VDSI) eller Penis Classification Index (PCI) <0,3 påvirkning af TBT, hvor 30-100 % af hunnerne er påvirket af imposex, men ikke sterile (klasse B). Endelig er der de mest følsomme arter purpursnegl og rødskonk, som ved VDSI <0,3 ikke skønnes påvirkede (klasse A) og op til VDSI <2.0 svarer til klasse B.

Imposex/intersex udvikles af snegle som følge af påvirkning fra antibegroningsmalingen TBT, der har været anvendt især på skibe, og som i forskellige tempi er blevet forbudt at anvende på lystbåde og større fartøjer. Der er begravet store mængder TBT i havnesediment og sediment omkring sejlrender, og nedbrydning i anoxiske sedimenter er meget langsom og tager årtier. Der har også været industrielle anvendelser af TBT og andre mindre giftige organotinforbindelser i flere typer pesticider, især antibakterielle svampemidler og til midler til konservering, men også som forurening i MBT/DBT tilsat PVC for at øge plasticiteten. Der er således stadig tilførsler fra afstrømning, affaldshåndtering og renseanlæg (HELCOM, 2020b).

Der er siden 2003, hvor TBT blev forbudt i skibsmalinger, sket et markant fald i niveauet af TBT-specifikke effekter i havsnegle i form af imposex og intersex i de danske farvande. Niveauet af TBT vurderes at være faldet med >90 % generelt set, men trendkurven er dog også fladet mere ud i de seneste år. Derudover er der stadig lokale områder, bl.a. i skibstrafikerede kystnære områder ved fx havne og sejlrender, hvor TBT-niveauet og dermed også TBT-effekterne i havsnegle stadig er væsentligt forhøjede.

De mest følsomme snegle findes ikke i Østersøen pga. lavere salinitet, så indikatoren fungerer bedst i Nordsøen, da arterne i Østersøen ikke påvirkes

af lave koncentrationer af TBT. Der er allerede set bedring og genindvandring af de mere følsomme arter i Kattegat/Skagerrak.

Frem til 2030 forventes der at ske et fortsat fald i imposex/intersex i de åbne farvande, men der kan ved opførsel af større anlægsprojekter være lokale frigivelser af historisk TBT-forurening fra sedimentet, hvilket giver en øget forekomst i en periode omkring og efter anlægsaktiviteten. Det forventes kun at være lokale forekomster af forhøjede værdier i disse tilfælde, ligesom der omkring klappladser, der modtager TBT-forurenet havneslam, kan forventes at være forhøjede værdier af imposex. Det vil især være synligt i Skagerrak og Kattegat i de mere følsomme sneglearter. Strandsnegle vil sjældent være følsomme nok til at give øget ISI bortset fra tæt på havne.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Der er tydeligvis allerede sket et markant fald, men der er større usikkerhed ved, i hvilket omfang der også i de kommende år frem mod 2030 vil være et forsat tilsvarende stort fald, bl.a. fordi TBT er forholdsvis persistent, når det er deponeret i sediment m.m.

8.6: Nordsøen: Antal og mængde (ton pr. år) af olie- og kemikalieudslip ved uheld fra offshore olie- og gasinstallationer (AU, DCE)

Martin M. Larsen

Olie- og kemikaliespild indberettes lovpligtigt til Miljøstyrelsen. Data rapporteres til OSPAR og viser et lidt varierende år til år-niveau, men ikke nogen generel nedadgående eller stigende tendens for dansk farvand. For hele Nordsøen (ikke kun dansk farvand) er der dog sket et fald i udledt olie i produktionsvand fra offshore-industrien på 18 % mellem 2009 og 2014. Fra 2014 anvender den danske offshore industrien ikke længere kemikalier fra OSPAR's prioriterede stofliste, og der er sket et 30 %'s fald i brugen af og og 40 %'s fald i udledningen af kemikalier, der bør substitueres. Til gengæld var der ingen udvikling kemikaliespild eller mængden af oliespild for hele Nordsøen. Der er sket mellem 425 (i 2012) og 625 (i 2014) spild pr. år, men de fleste år omkring 500 spild (hovedparten er små spild defineret som <1 ton) (OSPAR, 2017c; OSPAR, 2019).

I de danske farvande sker der fortsat et spild af olie og kemikalier fra offshore-olieplatforme, men for det meste under 1 ton pr. spild, mens antallet af spild har været faldende fra 2014-2017 og er nu på niveau med antallet af spild i 2011-2012. Fra 2015 til 2017 var det samlede spild fra små (<1 ton) hændelser under 2 ton pr. år (OSPAR, 2017d), dog med en større hændelse i 2017.

Den seneste opgørelse er fra 2017 og viste ialt 1,1 ton olie i 35 små spild og et større oliespild med 2,1 ton. Fra 2013-2017 var der mellem 36 og 77 spild, og der blev spildt mellem 1 og 3,3 ton i mindre spild, dog i 2014 43 ton inkl. større spild. For kemikalier blev der i 2017 spildt 1,1 ton fordelt på 25 mindre spild og 2,6 ton i to større spild over 1 ton. Fra 2013-2017 var variationen dog noget større, fra de 3,7 ton i 2017 til 117 ton i 2015, med 1-4 store spild hvert år og 25-36 mindre spild.

Med folketingsnets beslutning om at udfase indvindingen og stop for eftersøgningen efter olie og gas i Nordsøen ved udgangen af 2030 vil udslippet fra denne industri falde yderligere. Fremskrivningen af det nuværende oliespild fra øvrige aktiviteter frem mod 2030 vil forblive

konstant, forudsat at der ikke sker katastrofer. For kemikaliespild er variationen meget større, i gennemsnit 40 ton pr. år, så det er ikke muligt at fremskrive kemikaliespild, ud over at der må forventes 1-2 større og mindst 25 mindre kemikalieudslip.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Usikkerheden er lille for oliespild, men for kemikaliespild er der ikke nogen tendens, så usikkerheden er stor. En gradvis nedlukning af danske olie- og gasinstallationer frem mod 2050 vil dog forventes at bringe både olie og kemikaliespildet ned, i takt med at platformene udfases. De større spild, der kan forekomme i forbindelse med udvidelse/etablering af nye boringer, bringes deruover til ophør. Risikoen for uheld under selve nedlukningsprocessen er ukendt.

8.7: Østersøen og Kattegat: Mængden af ulovligt oliespild fra skibe (m³ pr. år) (AU, DCE)

Martin M. Larsen

Observation af oliespild indberettes efter havmiljøloven til Miljøstyrelsen. Der foretages overvågning af oliespild fra fly i HELCOMs medlemslande, med 3800-5500 flytimer pr. år. Danmarks andel af disse var 156-497 timer i perioden 2000-2018 (mindst i 2010). Den danske flyovervågning fandt i 2018 i alt 3 tilfælde af bekræftede oliespild, men kilderne blev ikke identificeret og mængden ikke estimeret. I alt blev der observeret 62 bekræftede mineraloliespild i Østersøen og Kattegat, hvoraf 1 var fra et (polsk) oliefelt, og 28 var fra skibe. Det totale spild blev estimeret til 11,7 m³, heraf hovedparten fra en svensk begivenhed (HELCOM, 2018c).

Den generelle tendens i Østersøen er et faldende antal oliespild for hele Østersøen en faktor 10 fra 2000 til 2016; for danske farvande i Kattegat og Østersøen er faldet ca. en faktor 20 fra 68-93 i 2000 og 2001 til 3-4 i 2015-2018. Faldet følger et eksponentielt henfald med en halveringstid på ca. 5 år, så hvis det fortsætter, vil det give en reduktion til 1-2 spild pr. år i 2030. Det nuværende antal af oliespild er lavt (ca. 3 pr. år) og meget tæt på 0 (HELCOM, 2016). Det forventes, at det fortsat vil være lavt, da antallet af uheld ser ud til at være stabilt, og skibene er sikrere i dag, bl.a. fordi mange skibe er udstyret med AIS-system, som kan være med til at hindre kollision (HELCOM, 2018d). De sidste tre år (2015-2018) har hovedparten af oliespild i Østersøen været <0,1 m³, og totalen er ca. 50 m³ for hele HELCOM.

En opgørelse foretaget af Vadehavs Quality Status Report 2017 viser, at oliespild er meget varierende med store uheld i 2008 (950 m³) og i 2010 (400 m³) og 2011 (100 m³), men de øvrige år frem til 2015 har spildene været under 50 m³ (Schultz et al., 2017). Antallet af oliespild i Danmark (ikke kun flyovervågning) er opgjort til 30-120 pr. år fra 2008-2015.

Der sker også oliespild som følge af uheld. Siden 2005 er der kun registreret 3 uheld på 150-200 ton, hhv. Prøvestenen i 2011 og Golden Trader/Vidar kollisionen i 2011.

Der forventes fortsat 0-4 oliespild pr. år frem til 2030 i størrelsesordenen 10-20 m³ oliespild pr. år

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Usikkerheden er lille for antallet af oliespild, hvis overvågningen af oliespild bibeholdes på nuværende niveau, og hvis skibssintensiteten er stabil, som det forudset af HELCOM. Mængden af oliespild rummer stor usikkerhed, da der ikke er opgjort mængder i de senere år, og kilderne er ukendte. Kollisioner kan give meget store spild.

8.8: Foreløbig indikator: Antal døde/aflivede fugle som følge af væsentlige akutte forureningsbegivenheder (antal pr. år) (AU, DCE)

Martin M. Larsen

Der er fastsat et EcoQO for lomvie af OSPAR (2009) på mindre end 20 % olierede døde fugle i vinterhalvåret (november-april) i 2020, og mindre end 10 % for 2030, set over en periode på fem år. EcoQO'en svarer ikke helt til den foreløbige indikator, da den arbejder med ratioen mellem olierede og ikke-olierede døde fugle.

Der er et ældre projekt fra Dansk Ornitologisk Forening (projekt ilanddrevne fugle) fra 1984 til 2007, der analyserede olierede fugle af mange arter. Ud fra 75-4550 strandede fugle blev antallet af olierede fugle opgjort til mellem 9 og 86 % af de indsamlede fugle (Larsen et al., 2007). Der blev påvist et fald i flere fuglearter fra 1984 til 2007 for Nordsøen (nord for Vadehavet op til og med Skagerrak), men for Kattegat var der både en faldende og stigende tendens for forskellige arter. Der var ingen sikre tendenser i Vadehavet og Bælthavet, og for Østersøen var der ikke nok prøver til at gennemføre analysen. Kun %-data er rapporteret, ikke antal fugle. Der er ikke nyere data fra DOF.

Vadehavs Quality Status Report 2017 (Schultz et al., 2017) indeholder ikke nok data fra den danske del af Vadehavet til at lave en analyse af tidlig udvikling for olierede fugle. For den tyske og hollandske del af vadehavet ses til gengæld faldende tendenser fra olierater på 70-100 % i 1980'erne ned til <30 % i 2015 for forskellige arter.

De faldende mængder og antal af oliespild forventes at nedbringe antallet af olierede fugle i danske farvande frem mod 2030. Hvis indikationerne fra tyske og hollandske tidstrends holder, er der 10-20 års halveringstid på andelen af olierede døde fugle.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Usikkerheden ved fremskrivningen er stor. Hvis der sker uheld, kan alle forventninger væltes af et større eller mindre lokalt olieudslip. Der ser heller ikke ud til at være etableret et fokuseret overvågningsprogram til at sikre et underliggende datagrundlag.

4.9 D9: Forurenende stoffer i fisk og skaldyr til konsum

9.1: Koncentrationer af bly, cadmium, kviksølv, dioxin og dioxinlignende PCB, ikke dioxinlignende PCB og benz(a)pyren (mg pr. kg vådvægt) i de arter af fisk og skaldyr, som er udvalgt under Havstrategi II (AU, DCE)

Martin M. Larsen

Koncentrationen af bly, cadmium og kviksølv (mg/kg vådvægt)

Metaller er overvåget i NOVANA i muslinger og fisk (lever for Cd, Pb og muskel for Hg) siden 1998. Der eksisterer fødevaregrænseværdier for alle tre metaller. Herudover gennemfører Fødevarestyrelsen jævnligt undersøgelser af metaller i fødevarer, senest i 2018 for muslinger og østers fra Danmark, grønlandsk og importeret fisk samt fisk og fiskevarer landet i Danmark i 2018 (Fødevarestyrelsen, 2020a). Der var ingen overskridelser af metalgrænseværdierne i fødevarer fra undersøgelserne i 2014-2019.

Kviksølv

For en gennemgang af kviksølv se D8.4. Bemærk dog at fødevaregrænseværdien er 25 gange højere end EQS, og der er normalt ingen fisk med kviksølvkoncentrationer over fødevarekriteriet i NOVANA-programmet. Tilsvarende finder Fødevarekontrollen heller ikke problemer med kviksølv i fisk anvendt som fødevarer.

Frem mod 2030 forventes konstant eller svagt faldende koncentration af kviksølv i fisk og muslinger.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Usikkerheden ved fremskrivningen er lille, da der er mange lange tidsserier, der ikke udviser nogen tendens. Faldende kviksølvniveauer fra MINAMATA-konventionstiltag kan blive neutraliseret af stigende temperaturer, der kan forøge mobiliteten af kviksølv.

Cadmium

Hovedkilden til cadmium er afstrømning via vandløb og direkte spildevandsudløb (85-90 %), og 10-15 % er atmosfærisk. Fra starten af 1990'erne til ca. 2010 faldt tilførslen til mellem en tredjedel og halvdelen i både luft og vandløb, men siden har tilførslerne været næsten konstante. Cadmium har primært været anvendt i genopladelige batterier og elektronik samt nogle røde farver. De fleste anvendelser er i dag forbudt, men det findes også naturligt i mange planteprodukter og ved metalforarbejdning af mineraler med spor af cadmium. Cadmium findes i nogle typer fosforgødninger og jordbrugskalk, men der er lovgivet på området med maksimumsindhold for anvendelse på danske marker. Det er især afstrømning fra marker direkte og via vandløb, spildevand, deponering, kulfyring og affaldsforbrændinger, der kan give cadmiumudledning. Anvendelsen af fossilt brændstof til energiproduktion er under udfasning, mens klimaændringer gør, at der forventes en øget afstrømning og udvaskning, inklusive regnbetingede udløb af urensset spildevand, sammen med en øget affaldsmængde til forbrænding. Danske emissioner af cadmium til luft er faldet med 38 % siden 1990, og over 75 % kommer fra ikke-industriel afbrænding af hovedsageligt plantemateriale (Nielsen et al., 2019b)

Tidsserier i Nordsøen viser ingen tidslig udvikling (konstant niveau eller for stor år til år-variation) for 60-70% af stationerne, og for de øvrige er der 21-22

% stigende koncentrationer og 8-17 % faldende koncentrationer (OSPAR, 2016). For Østersøen er langt fleste stationer uden trend, og der er ca. lige mange stigende og faldende tendenser (HELCOM, 2018b). For regionerne sydlige Nordsø og Skagerrak-Kattegat finder OSPAR ingen eller en svagt stigende tendens for cadmiumkoncentrationen i fisk og muslinger.

Frem mod 2030 forventes en konstant eller svagt stigende koncentration af cadmium i fisk og muslinger baseret på overvågningsresultaterne fra OSPAR/HELCOM. Der er ingen umiddelbar forklaring på de observerede stigende tendenser.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Usikkerheden er lille, da der er mange lange tidsserier, der ikke udviser nogen tendens. Kilden til de stigende cadmiumkoncentrationer er dog ukendt, hvilket giver nogen usikkerhed.

Bly

Frem til 2000 var den største kilde til bly anvendelsen af blyholdig benzin (op til 100 gange det naturlige indhold). Atmosfærisk deposition til Nordsøen udgjorde ca. halvdelen af tilførslen af bly i 1990'erne. Fra midt-1990'erne til 2010 faldt tilførslen til ca. 1/5, hvor hovedparten skyldes et fald i den atmosfæriske deposition, men også tilførslen via vandløb faldt til mellem en tredjedel og halvdelen. Den atmosfæriske deposition udgør fra 2010 kun ca. 10 % af tilførslen til Nordsøen, og det er modelleret, at atmosfærisk tilførsel fra OSPAR-landene er faldet med 90 %. Bly anvendes også i PVC-rør, maling og i emballage til konserver (OSPAR, 2017b). De fleste anvendelser er i dag forbudt, men der er et stort lager i sediment og by-jord, der kan frigives ved håndtering. Andre kilder til bly er metalforarbejdning og minedrift, malinger mv., men bly har også været brugt i fødevarekontaktmaterialer (vandør, lodninger, krystalglas, blyholdig glasur). I dag er kilderne derfor fortrinsvis deponi og renseanlæg. Der er et relativt højt naturligt blyindhold i sediment, men der er meget lille frigivelse til fødekæden, når det ligger uberørt hen, og det forventes ikke at bio-magnificere. Anvendelsen af fossilt brændstof til energiproduktion er under udfasning, men der forventes øget affaldsforbrænding og klimaændringer, der fører til øget afstrømning og udvaskning, inklusive regnbetingede udløb af urensset spildevand. Danske emissioner af bly til luft er faldet med 86 % siden 1990, men transport står stadig for ca. halvdelen af udledningen (Nielsen et al., 2019b)

Tidsserier i Nordsøen viser ingen udvikling på 60-62 % af stationerne, mens 6-8 % har stigende koncentrationer og 22-26 % faldende koncentrationer (OSPAR, 2016). For Østersøen er de fleste stationer uden udvikling, men der er flere faldende end stigende tendenser, hvor der er signifikante tidstrends (HELCOM, 2018b). For regionerne sydlige Nordsø og Skagerrak-Kattegat fandt OSPAR en svagt faldende (2-3% pr. år (OSPAR, 2017)) tendens for blykoncentrationen i fisk og muslinger, men i den seneste opgørelse er der ingen udvikling i blykoncentrationerne (OSPAR, 2020).

Frem mod 2030 forventes en konstant eller svagt faldende koncentration af bly i fisk og muslinger. Det høje baggrunds niveau i sediment fra tidligere forurening, kombineret med manglende biomagnificering i biota og øget udvaskning, kan betyde, at udviklingen, trods forbud mod anvendelse i de fleste produkter og røggasrensning, vil være for langsom til, at der ses et fald i de næste 10 år.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Efter et større fald tilbage i tiden, da der blev anvendt bly i benzin, er ændringerne pr. år nu meget små, så usikkerheden ved fremskrivningen er lille.

Koncentration af benz(a)pyren i muslinger (mg pr. kg vådvægt)

Benz(a)pyren er overvåget i NOVANA i muslinger siden 1998. Der er forskellige grænseværdier for benzo(a)pyren i fisk, toskallede bløddyr og røgede fiskevarer. Der måles ikke på benz(a)pyren i fisk under NOVANA-programmet, da fisk metaboliserer PAH'er. I fisk måles der i stedet på PAH-metabolitter, som der ikke er nogen fødevaregrænseværdier for. Fødevarestyrelsen udfører kontrol med fødevarer med jævne mellemrum og undersøger for PAH i fødevarer næsten årligt (Fødevarestyrelsen, 2020b). Der er fundet overskridelser af benzo(a)pyren i røgede og grillede fisk, men ikke i friske fisk eller skaldyr.

For en gennemgang af benz(a)pyren, se 8.5 Bemærk dog, at fødevaregrænseværdien er det af dobbelte af EQS for muslinger og 2,5 gange lavere for frisk fisk. Den lavere fødevaregrænseværdi i fersk fisk er ikke sværere at overholde pga. metaboliseringen af benz(a)pyren i fisk.

Det forventes, at der ikke sker nogen udvikling i benz(a)pyrenindholdet i muslinger frem mod 2030.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Usikkerheden er lille, men øget transport kan sammen med klimaændringer resultere i en svag stigning. Udfasning af fossilt brændsel og olie-gas-boringer kan derimod give et svagt fald.

Koncentrationen af dioxin og dioxinlignende PCB samt ikke-dioxinlignende PCB (mg pr. kg vådvægt)

PCB og dioxin er overvåget under NOVANA i muslinger og fisk (i lever eller muskel) siden 1998 for PCB og dioxiner fra 2002. Der findes fødevaregrænseværdier for summen af seks PCB'er (ICES-6), dioxin og furaner (WHO-PCDD/F-TEQ) og summen af dioxiner og furaner samt dioxinlignende PCB (WHO-PCDD/F-PCB-TEQ) for fisk og krebsdyr med få undtagelser. Herudover er der sat en grænseværdi for fiskeolie og en forhøjet grænse for ål og åleprodukter (WHO-PCDD/F-PCB-TEQ). Fødevarestyrelsen udfører kontrol med fødevarer med jævne mellemrum (Fødevarestyrelsen, 2020b), og der er i 2019 samlet op på data om dioxin og PCB i fisk fra Østersøen i perioden 2005-2019 (Fødevarestyrelsen, 2019). Her ses generelt et fald i indholdet af dioxin og PCB i "ikke-trimmede" laks (dvs. det yderste fedtlag med højere dioxinindhold er medtaget), således at store laks over 5 kg i 2005 og 2006 lå over dioxin- og furanføddevaregrænseværdien, mens ingen prøver fra store laks i 2018 og 2019 lå over grænseværdierne, selv ikke laks over 8 kg. Niveauerne i de store laks er omtrentligt halveret til 2 pg TEQ pr. g vådvægt mod tidligere 5 pg TEQ pr. g vådvægt. Tilsvarende er observeret for PCB, der er faldet fra 9 til 4 pg TEQ pr. g vådvægt. Der er i alle prøverne indikation af stigende dioxin- og PCB-indhold med størrelsen af fisk, hvilket er en klar indikator for biomagnificering, men stigningen er mindre i 2018 og 2019 end i 2005 og 2006.

PCB er ikke naturligt forekommende, men har været brugt i isolatorer og flammehæmmere, især i transformere, kondensatorer og hydrauliske systemer. Samtidig har de været brugt i byggemateriale som antifungicid og

kan derfor forekomme ved affaldshåndtering. PCB og dioxin fremkommer også som biprodukt ved afbrænding af klorholdigt affald (fx plastik). PCB'ere var nogle af de første stoffer, der blev omfattet af den globale Stockholm-konventionen i 2001, og fra 2004 skulle alle lande forbyde eller eliminere produktionen af PCB'er og dioxiner (UN, 2020). I USA blev PCB-produktion forbudt i 1978. Dioxin og dioxin-lignende PCB'er kan dannes under skov- og steppebrande (især PCB 105 og 118) med op til 300 pg PCB pr. g C afbrændt. For Australien er det estimeret, at op til 500 g TEQ pr. år kan stamme fra skov- og steppebrande, og sammen med affaldsforbrænding, metalforarbejdning af især zink og jern/stål kan de udgøre hovedkilden til dioxinforurening (op til 70 %), med kraftværkerbaseret på kul og olie på en 7.-plads (Bawden, 2004). Røggasrensning på affaldsforbrændingsanlæg og kraftvarmeværker har reduceret udledning af både PCB og dioxiner/furaner og er lovkrav siden 2012 (bek. nr. 1451 af 20/12/2012). Udledningen af dioxinlignende PCB fra affaldsforbrænding er faldet fra 45671 ng dioxinlignende PCB pr. GJ energi produceret til 109 ng pr. GJ fra 2005 og fremefter (Nielsen, 2019b). Samtidig er der i disse år særligt fokus på afbrænding af træ i brændeovne, hvor udledningen er opgjort til at være faldet til ca. 1/3 af niveauet i 1990'erne på over 6000 ng pr. GJ til lige over 2000 ng pr. g i 2017.

Tidstrends for PCB er generelt faldende, med fald i PCB'er på 37-64 % på de individuelle stationer i Kattegat-Skagerrak (53 % i gennemsnit) og ingen stigninger, men kun 7-50 % af stationerne med faldende koncentrationer er beliggende i den sydlige Nordsø. På op til 7 % af stationerne er koncentrationen af højere numre af PCB (CB118-180) stigende. For hele Nordsøen er koncentrationerne i gennemsnit faldet på 38 % af stationerne og steget på 4 % af stationerne (OSPAR 2020). For de OSPAR-regioner, der dækker danske farvande, er koncentrationen af PCB'er generelt faldende med 0-5 % pr. år for de individuelle PCB'er og 2-3% pr. år for ICES-6. Der er ikke nok data til at lave en tilsvarende regional opsplætning for dioxin og dioxinlignende PCB'er (OSPAR, 2020). I Østersøen er der også kun faldende PCB-tendenser, dog på lidt færre stationer, og ingen tidstrenddata på dioxiner og furaner (HELCOM, 2018).

De store fald i PCB-koncentrationer ligger mange år tilbage, men der er stadig en nedadgående, om end lille (2-3 % pr år), tendens, som er meget udbredt i både Nordsøen og Østersøen. Forventningen frem til 2030 er derfor et fortsat fald i koncentrationer af ikke-dioxinlignende PCB'er på 2-3 %. For dioxin og dioxin-lignende PCB'er er forventningen et konstant eller faldende niveau, men med større usikkerhed.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Usikkerheden er lille for PCB, da der er en høj andel af stationer med nedadgående trends og meget få med stigende. Der er forbud mod anvendelse af PCB'er, så det er umiddelbart kun deponering, der kan give lokale stigende tendenser. Usikkerheden er større for dioxiner og dioxinlignende-PCB'er på grund af et stigende antal skov- og steppebrande som følge af et varmere og tørrere klima, som måske kan give stigninger, der overstiger faldet af udledning fra forbrændingsanlæg og kul-/oliefyrede kraftvarmeværker.

4.10 9.2 Årlig udledning til luft af dioxiner (g I-Teq) og PCB (kg) (AU, DCE)

Martin M. Larsen

Udledning af dioxiner til luft

Opgørelsen over dioxinudledning til luft i 2017 (Nielsen et al., 2019b) viser, at 69 % (~14,5 g) stammer fra ikke-industriel afbrænding, fortrinsvis brændefyr og i mindre grad markafbrændinger, affald bidrager med 23 % (~4,8 g), fortrinsvis fra ukontrollerede brande i især bygninger eller som i 2020 i et affaldsbjerg ved Roskilde, og kun 6 % stammer fra energiproduktion. Der ses et generelt fald, især fra energiproduktion, hvor udledningen er faldet fra 30 g i 1990 til 1-2 g efter 2006, og fra industrielle processer, hvor udledningerne er faldet fra 12 til 0,2 g (indførsel af røggasrensning er den sandsynlige årsag til disse fald).

Frem mod 2030 forventes ingen ændring eller et svagt fald i dioxinudledningen til luft, svarende til udviklingen fra 2008 til 2017, medmindre der kommer indgreb mod brændeovne og afbrænding af træ-biomasse generelt.

Usikkerhed ved fremskrivning

Usikkerheden er lille, hvis der ikke sker ændringer i afbrænding af træ. Da brændeovne udgør ca. 2/3 af udledningen, vil ændringer i lovgivningen og anvendelsen af brændeovne kunne give et væsentligt fald i dioxinudledningen. Omstilling af energiproduktionen helt væk fra fossilt brændsel vil kun kunne bidrage med et 6 %'s fald, og andre kilder udgør <2,5 %.

Udledning af PCB til luft

Opgørelsen over PCB-udledning til luft i 2017 (Nielsen et al., 2019b) viser, at 71 % (~30 g) stammer fra transport (fortrinsvis dieselbiler). Ikke-industriel forbrænding (19 %, ~8 g) og fremstillings- og byggeindustrien bidrager med (9 % ~3,8 g), begge bidrag stammer fortrinsvis fra dieselgeneratorer og anden ikke-transport-relateret brug af diesel. Der ses et generelt fald fra 1990 til ca. 1/3, men fra 1994 og fremefter er udviklingen gået i stå eller steget svagt.

Frem til 2030 må der forventes et svagt faldende eller konstant niveau af PCB-forurening til luft, medmindre der laves indgreb mod brug af diesel i transportindustrien og andre anvendelser. Omstillingen til hybrid eller el-baseret transport kan dog betyde et kraftigere fald i udledningen.

Usikkerhed ved fremskrivning

Usikkerheden ved fremskrivningen er lille, hvis der ikke sker en udfasning af brugen af diesel i transport og andre sektorer. Der er dog et stort potentiale for at nedsætte udledningen ved elektrificering.

4.11 D10: Marint affald

Generelt (AU, DCE)

Jakob Strand

Der findes en række kilder til plastforening, der bidrager til de forskellige affaldsindikatorer, herunder fiskeri, jagt, turisme og fritidsaktiviteter. Det forventes, at fiskeriindsatsen vil falde i størrelsesordenen 20 % frem mod 2030, men det er ikke muligt at forudsige udviklingen inden for specifikke fiskerier

og redskabsgrupper. Affald fra fiskeri består bl.a. af stykker af snore og net og flydere og bøjer lavet af plastik, og et forsigtigt skøn peger på et svagt fald.

Affald fra jagt består primært af haglpatronhylstre og haglskåle af plastik, og frem mod 2030 forventes jagt på havfugle at være nogenlunde den samme som nu.

Der forventes en betydelig vækst i turisme og fritidsaktiviteter ved kysterne frem mod 2030, hvilket kan være en kilde til affald ved kysterne. Affald fra turisme og rekreation består bl.a. af engangsplastik fra indpakning af føde- og drikkevarer, diverse forbrugerprodukter og tobaksrelateret affald.

Der findes en analyse fra HELCOM (se afsnit 3.7), der har vist, at der i perioden 2006-2016 for hele Østersøregionen ikke er sket betydelige ændringer i trafikintensiteten målt i tilbagelagte sømil for skibe over 300 BT, hvilket også er det bedste bud på en fremtidig udvikling. Tilsvarende vurdering foreligger ikke for den danske del af OSPAR-området.

Samlet set forventes der en stigning i affaldsmængderne fra byer og industri frem til 2030, som vil give mere affald til forbrænding. Affaldsmængderne til deponering har været faldende i en årrække, og i 2030 må det forventes, at de deponerede mængder er faldet yderligere grundet bedre affaldssortering og genanvendelse. Til gengæld forventes der stigninger i den klimabetingede nedbør, som kan medføre stigninger i udledning af affaldsgenstande med regnbetingede udløb fra land. Affald fra byer og industri består bl.a. af diverse indpakningsmaterialer, herunder indpakning af føde- og drikkevarer, diverse forbrugerprodukter og byggematerialer. Overløb af renseanlæg kan også medføre tilførsler af sanitært engangsplastik som fx vatpinde. Mht. industriens tab af plastikpellets til miljøet så har der fra industriens side været fokus på at modvirke dette i de senere år både under transport, inklusive skibsfart, og i forbindelse med plastproduktion.

10.1: Antal affaldsstykker på referencestrande i Danmark (pr. 100 meter) (AU, DCE)

Jakob Strand

Marint affald på referencestrande indgår som indikator i overvågningsprogrammet knyttet til Danmarks Havstrategi, og data er siden 2015 blevet indsamlet tre gange om året fra fem til seks faste strande, hvoraf to er placeret i Østersøen, to i Kattegat og to i Nordsøen/Skagerrak. Da Kattegat indgår som del af både OSPAR- og HELCOM-områderne, betyder det, at der er fire strande i begge områder. Mængderne af affald på strandene i Nordsøen og Skagerrak er generelt højere end i Østersøen, hvilket kan tilskrives, at der med de dominerende havstrømme også kommer et væsentligt bidrag fra andre Nordsølande.

Der er en række både land- og havbaserede kilder til marint affald på strandene. Ud fra de danske overvågningsdata for kildeidentificeret marint affald på strande (Feld et al., 2019) vurderes det, at de havbaserede kilder som fiskeri og skibsfart (fx snore, stykker af trawlnet og flåd) bidrager med ca. 50 % i den danske del af Nordsøen, mens det kun udgør ca. 20 % i den danske del af Østersøen.

Det forventes, at fiskeriindsatsen vil falde i størrelsesordenen 20 % frem mod 2030, men det er ikke muligt at forudsige udviklingen inden for specifikke fiskerier og redskabsgrupper. Affald fra fiskeri består bl.a. af stykker af snore og net og flydere og bøjer lavet af plastik, og et forsigtigt skøn peger på et svagt fald.

Affald fra jagt består primært af haglpatronhylstre og haglskåle af plastik, og frem mod 2030 forventes jagt på havfugle at være nogenlunde den samme som nu.

Der forventes en betydelig vækst i turisme og fritidsaktiviteter ved kysterne frem mod 2030, hvilket kan være en kilde til affald ved kysterne. Affald fra turisme og rekreation består bl.a. af engangsplastik fra indpakning af føde- og drikkevarer, diverse forbrugerprodukter og tobaksrelateret affald.

Det kan ud fra fremskrivningerne for de fem udpegede menneskelige aktiviteter ikke præcist forudsiges, hvordan udviklingen i mængderne af affald langs referencestrandene vil være frem mod 2030. De danske overvågningsdata indikerer, at der siden 2015 har været en nedadgående tendens, men denne er dog ikke signifikant (Feld et al., 2019).

Der er i det seneste årti, bl.a. i regi af OSPARs og HELCOMs regionale handlingsplaner og MARPOL-konventionen for skibsfart, blevet igangsat en række internationale og nationale indsatser, som kan få en effekt på mængderne af affald i havet. Derudover er der også kommet en generel øget samfundsmæssig opmærksomhed på at reducere mængderne af plastikaffald i miljøet. Det er derfor den overordnede forventning, at mængden af affald i det marine miljø vil være konstant til svagt faldende frem mod 2030.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Der er stor usikkerhed ved, hvor meget fremskrivningen af de menneskelige aktiviteter og de nævnte igangsatte indsatser vil påvirke mængderne af marint affald på de danske referencestrande.

10.2: Plast i maveindholdet i strandede mallemukker (gram plastik og antal plastikstykker pr. fugl) (AU, DCE)

Jakob Strand

Plast i maveindholdet fra strandede mallemukker indgår som indikator i overvågningsprogrammet knyttet til Danmarks Havstrategi, og data er siden 2012 blevet indsamlet omkring Skagen og den tilknyttede del af Skagerrak. Niveauet af plast i mallemukker fra Skagerrak er ligesom for andre dele af Nordsøen af OSPAR vurderet til at være væsentligt over den udarbejdede tærskelværdi (OSPAR EcoQO), som siger, at mindre end 10 % af fuglene må indeholde mere end 0,1 g plastik. Indikatoren er ikke anset som relevant for HELCOM, da mallemuk ikke findes i Østersøen ud over nogle sporadiske observationer i Kattegatområdet.

Der er en række både land- og havbaserede kilder til det plastik, der findes i fugle. Ud fra de danske overvågningsdata for kildeidentificeret marint affald på strande (Feld et al., 2019) vurderes det, at de havbaserede kilder som fiskeri og skibsfart (fx snore, stykker af trawl-net og flåd) bidrager med ca. 50 % i den danske del af Nordsøen og Skagerrak. De primære kategorier for plastik i fuglene er hhv. "user plastic" (primært fragmenter fra diverse

forbrugerprodukter), tråde (primært fra snore og net anvendt i fiskeri og skibsfart) og industrirelateret plastik (dvs. plastikpellets anvendt som råvare i plastproduktion).

Det kan ud fra fremskrivningerne af de fem udpegede menneskelige aktiviteter ikke præcist forudsiges, hvordan udviklingen og niveauerne af plastik i mallemukker fra Skagerrak vil være frem mod 2030. En dataanalyse for mallemukker i den hollandske del af Nordsøen har igennem en længere periode vist faldende niveauer for især industripellets, men denne trend er ikke generel for hele Nordsøen (OSPAR, 2017e). Data for danske mallemukker indsamlet i Skagerrak i perioden 2002–2017 viste, at der for perioden 2008–2017 ikke havde været nogen signifikant ændring i niveauerne (van Franeker et al., 2018).

Der er i det seneste årti, bl.a. i regi af OSPARs og HELCOMs regionale handlingsplaner og MARPOL-konventionen for skibsfart, blevet igangsat en række internationale og nationale indsatser, som kan få en effekt på mængderne af affald i havet. Derudover er der kommet en generel øget samfundsmæssig opmærksomhed på at reducere mængderne af plastikaffald i miljøet. Det er derfor den overordnede forventning, at mængden af affald i det marine miljø vil være konstant til svagt faldende frem mod 2030.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Der er stor usikkerhed ved, hvor meget fremskrivningen af de menneskelige aktiviteter og de nævnte igangsatte indsatser vil påvirke niveauerne af plast i mallemukker.

10.3: Affald på havbunden (antal affaldsstykker pr. km²) (DTU Aqua)

Mængden af affald på havbunden opgøres ved at tælle og veje mængden af affald fanget under videnskabelige togter, hvor der fiskes med trawl. Indsamlingen begyndte i 2012 med nogle få fartøjer og er siden blevet udvidet til at dække hele Nordsøen, Skagerrak, Kattegat og den sydlige og vestlige Østersø. Mængden af observeret affald pr. km² afhænger af redskabstype såvel som af tilgangen af affald fra land, skibstrafik, fiskeri m.m. og transport med havstrømmene.

De affaldskategorier, der i gennemsnit fanges mest af i Nordsøen, er plastik (76 % af den samlede vægt af ikke-biologisk affald), mens den kategori, der fanges næstmest af, er blandet affald (19 % af den samlede vægt af ikke-biologisk affald). Fra trawlundørsøgelserne i Østersøen registreres der mest plastik (40 % af den samlede vægt af ikke-biologisk affald), mens der registreres næstmest blandet affald (22 % af den samlede vægt af ikke-biologisk affald). Det resterende affald er metal og glas. For ingen af affaldskategorierne var der en signifikant trend i vægt. De affaldstyper, der fanges mest af i vægt i Nordsøen, er plastikfiskenet og reb efterfulgt af blandet affald. I Østersøen fanges der mest blandet affald, efterfulgt af plastikposer og glas-/keramikflasker. Kilden til affaldet kan som hovedregel ikke identificeres ud fra de data, der registreres, da mange af de registrerede ting kan stamme fra flere typer aktiviteter. En tom fødevarebeholder kan fx stamme fra stort set alle typer aktivitet. Reb, fiskeline, bøjler, fiskekasser m.m. antages oftest at stamme fra fiskeri (både rekreativt og erhvervsfiskeri), og denne gruppe udgør samlet 44 % i Nordsøen og 0 % i Østersøen. Forskellen kan skyldes, at der ikke anvendes det samme redskab til undersøgelserne i de to områder.

En nedgang i fiskeriet på ca. 20 % indtil 2030 (Trin 2) formodes at føre til en tilsvarende reduktion af tilførslen. Udviklingen i tilførslen fra turisme og fritidsaktiviteter, skibstrafik samt andre hav- og landbaserede kilder er ukendt, men i takt med øgningen af turisme og fritidsaktiviteter og uændret skibsfart må der forventes en stigende tilførsel. Da fiskeri udgør en større del af affaldet på bunden i Nordsøen, er det muligt, at faldet i fiskerirelateret affald i Nordsøen kan være tilstrækkeligt til, at den samlede tilførsel mindskes. Da nedbrydelsestiden i naturen er meget lang for de fleste typer, og da der fortsat tilføres nyt affald, må der dog forventes øgede mængder af affald på bunden i både Nordsøen og Østersøen i 2030.

10.4: Antallet af indrapporteringer af tabte fiskeredskaber (DTU AQUA)

Jakob Strand

Der indrapporteres kun sjældent tabte fiskeredskaber, og data er derfor ikke tilstrækkelige til at vurdere det reelle antal tabte fiskeredskaber i danske farvande. En del af de tabte redskaber opbrydes i mindre stykker og optræder som affaldstyper under indikator 10.3. Hvis det antages, at antallet af tabte fiskeredskaber er større, når der fiskes mere, kan det forventes, at antallet af tabte redskaber falder fremover. Da indikatoren omhandler antallet af indrapporterede redskaber, afhænger resultatet dog i høj grad af eventuelle ændringer i indrapportering af tabte redskaber.

10.5 Kommende indikator for mikroaffald/mikroplastik (AU, DCE)

Jakob Strand

Mikroaffald / mikroplastik indgår som indikator i overvågningsprogrammet knyttet til Danmarks Havstrategi, og data for indholdet af fortrinsvis mikroplastik i sediment, fisk og vandsøjle fra både Nordsøen, og Østersøen er siden 2015 blevet indsamlet i flere omgange. Indholdet af mikroplastik er i de forskellige undersøgelser bestemt ved brug af forskellige analysemetoder, så data er ikke fuldt sammenlignelige.

Mikroplastik kan overordnet set opdeles i, om det enten er anvendt direkte i produkter eller neddelt i forbindelse med slitage ved brug (primær mikroplastik), eller om det er dannet ved nedslidning af større plastikmaterialer i miljøet (sekundær mikroplastik). Sekundær mikroplastik formodes at udgøre den største andel af det mikroaffald / mikroplastik, der er i havmiljøet, men lokalt tæt på bynære kilder og havne kan primær mikroplastik / affald være mere betydende.

Der er en række både land- og havbaserede kilder til mikroaffald / mikroplastik i havmiljøet.

Det forventes, at fiskeriindsatsen vil falde i størrelsesordenen 20 % frem mod 2030, men det er ikke muligt at forudsige udviklingen inden for specifikke fiskerier og redskabsgrupper. Affald fra fiskeri består bl.a. af stykker af snore, net og flydere og bøjler lavet af plastik, og et forsigtigt skøn peger på et svagt fald.

Affald fra jagt består primært af haglpatronhylstre og haglskåle af plastik, og frem mod 2030 forventes jagt på havfugle at være nogenlunde den samme som nu.

Der forventes en betydelig vækst i turisme og fritidsaktiviteter ved kysterne frem mod 2030, som kan være en kilde til affald ved kysterne. Affald fra turisme og rekreation består bl.a. af engangsplastik fra indpakning af føde- og drikkevarer, diverse forbrugerprodukter og tobaksrelateret affald.

Det kan ud fra fremskrivningerne af de fem udpegede menneskelige aktiviteter ikke præcist forudsiges, hvordan udviklingen i mængderne af mikroaffald / mikroplastik i havmiljøet vil være frem mod 2030. De danske overvågningsdata for marint affald på strande, som kan være en kilde til sekundær mikroplastik, indikerer, at der siden 2015 har været en nedadgående, men dog ikke signifikant tendens (Feld et al., 2019).

Der er i det seneste årti, bl.a. i regi af OSPARs og HELCOMs regionale handlingsplaner og MARPOL-konventionen for skibsfart, blevet igangsat en række internationale og nationale indsatser, som kan få en effekt på mængderne af affald i havet. Derudover er der kommet en generel øget samfundsmæssig opmærksomhed på at reducere mængderne af plastikaffald i miljøet. Det er derfor den overordnede forventning, at mængden af affald i det marine miljø vil være konstant til svagt faldende frem mod 2030.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Der er stor usikkerhed ved, hvor meget fremskrivningen af de menneskelige aktiviteter og de nævnte igangsatte indsatser vil påvirke mængderne af mikroaffald / mikroplastik i havet.

4.12 D11: Undervandsstøj

11.1: Antallet af indberettede aktiviteter, der forårsager impulslyde (AU, DCE)

11.2: Antal dage med impulslyde fra udvalgte menneskelige aktiviteter (AU, DCE)

Jakob Tougaard

Disse to indikatorer behandles samlet, da de er overlappende og følger hinanden tæt.

Nordsøen

Data tilvejebringes ved indrapportering af gennemførte aktiviteter, der falder ind under deskriptoren (se for eksempel Merchant et al., 2020). Det drejer sig primært om nedramning af pæle, vindmøllefundamenter og foringsrør til olie / gas-boringer, seismiske undersøgelser efter olie og gas, undervandsekspllosioner i forbindelse med byggearbejder og rydning af gammel ammunition (UXO) om brug af særlige militære antiubådssonarer. Der er ikke fastsat GES-værdier for deskriptoren, men det forventes, at dette vil ske i 2021.

Det forventes, at den øgede andel af havvind i energiproduktionen (Energistyrelsen, 2020) vil føre til et tilsvarende øget bidrag af impulslyd fra konstruktionen af mølleparkerne i perioden frem mod 2030. Bidraget fra olie- og gasudvinding (foringsrør) må forventes at være uændret eller faldende i de kommende år, men dette bidrag til deskriptoren er beskedent (Merchant et al., 2020). Bidraget fra seismiske olie- og gasefterforskninger må forventes at

være faldende, idet Folketinget har vedtaget en klimalov, der sætter en stopper for olie- og gasudvinding samt indebærer en fuldstændig udfasning af eftersøgningen efter nye udvindingsområder.

Det er forslået at anvende udfasede olie- og gaslokaliteter til lagring af CO₂, men det er for nuværende uklart, hvilke teknologier der ibrugtages, og det er dermed uklart, hvilke støjgener dette vil medføre.

Bidraget fra undervandsekspllosioner er beskedent og forventes uændret. Bidraget fra søværnets brug af antiubådssonar er ukendt, men skønnes at være betydeligt og må forventes at stige i de kommende år i takt med indfasning af nye helikopterbaserede sonarsystemer.

Samlet set forventes der således en stigning i aktiviteter, der producerer impulslyd, og dermed også en stigning i deskriptorerne frem mod 2030.

Østersøen

Data tilvejebringes ved indrapportering af gennemførte aktiviteter, der falder ind under deskriptoren (se fx Tougaard, 2019). Det drejer sig primært om nedramning af pæle, vindmøllefundamenter, seismiske undersøgelser af havbunden, undervandsekspllosioner i forbindelse med byggearbejder og rydning af gammel ammunition (UXO) samt brug af særlige militære antiubådssonarer. Der er ikke fastsat GES-værdier for deskriptoren, men det forventes, at dette vil ske i 2021.

Det forventes, at den øgede andel af havvind i energiproduktionen (Energistyrelsen, 2020) vil føre til et tilsvarende øget bidrag af impulslyd fra konstruktionen af mølleparkerne i perioden frem mod 2030. Bidraget fra seismiske undersøgelser i forbindelse med anlæg af vindmølleparker, kabler og gasledninger må forventes at være uændret eller måske endda stigende. Bidraget fra undervandsekspllosioner er beskedent og forventes uændret. Bidraget fra søværnets brug af antiubådssonar er ukendt, men skønnes at være betydeligt og må forventes at stige i de kommende år i takt med indfasning af nye helikopterbaserede sonarsystemer.

Samlet set forventes der således en stigning i aktiviteter, der producerer impulslyd, og dermed også en stigning i deskriptorerne frem mod 2030.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Den betydeligste kilde til usikkerhed i fremskrivningen vedrører graden af underrapportering af aktiviteter til deskriptorerne. Der er i dag en betydelig usikkerhed indbygget i selve deskriptorerne på grund af manglende indrapporteringer af især brugen af antiubådssonarer. Ændringer i indrapporteringsgraden for de enkelte aktiviteter (både op og ned) vil have en betydelig indvirkning på udviklingen i deskriptorerne, uden at dette afspejler reelle ændringer i miljøet (og dermed ændringer i GES). Koblingen mellem de enkelte aktiviteter og støjen i havmiljøet er til gengæld meget direkte og uden forsinkelse (HELCOM, 2020b), så reelle ændringer i aktiviteterne vil umiddelbart reflekteres i en tilsvarende ændring i havmiljøet.

Vedvarende undervandsstøj (10-10 kHz) (AU, DCE)

Jakob Tougaard

Danmarks Havstrategi indeholder ikke en indikator for presfaktoren vedvarende lavfrekvent undervandsstøj, men alene en hensigt om overvågning. Da havstrategidirektivet imidlertid foreskriver en vurdering af miljøtilstanden for så vidt angår vedvarende undervandsstøj (kriterium D11C2), er denne deskriptor gennemgået nedenfor.

Nordsøen

Måledata fremkommer fra Miljøstyrelsens overvågningsprogram med faste målestationer i Nordsøen og Kattegat (Sørensen og Tougaard, 2019). Disse målinger er indgået i fælles kortlægningsprojekter for Nordsøen (JOMOPANS), der er baseret på AIS-data for skibstrafik, dvs. primært skibe over 300 BT. Der er endnu ikke datagrundlag til at påvise langtidsudviklingen i den menneskeskabte del af undervandsstøjen. Samlet set er skibe den primære kilde til lavfrekvent undervandsstøj, og det må forventes, at undervandsstøjen følger udviklingen i skibstrafikken. Fremskrivninger af skibstrafikken angiver et uændret niveau (HELCOM, 2020b), hvilket med ret god sikkerhed kan overføres til et uændret bidrag til undervandsstøjen. Der er ikke fastsat GES-værdier for den lavfrekvente undervandsstøj, men det forventes at ske i 2021.

Samlet set skønnes det, at bidraget fra de store skibe er den dominerende faktor. I og med at denne trafik vurderes at holde sig på et uændret niveau i de kommende år, forventes deskriptoren også at forblive uændret. Det kan forventes, at der over de kommende årtier indføres bedre byggestandarder for nye skibe, der vil medføre et fald i støjledningen fra de enkelte skibe, men dette vil næppe være målbart inden 2030.

Østersøen

Måledata fremkommer fra Miljøstyrelsens overvågningsprogram med faste målestationer i Bælterne og Østersøen (Sørensen og Tougaard, 2019). Disse målinger er indgået i fælles kortlægningsprojekter for Østersøen (BIAS), der er baseret på AIS-data for skibstrafik, dvs. primært skibe over 300 BT. Der er endnu ikke datagrundlag til at påvise langtidsudviklingen i den menneskeskabte del af undervandsstøjen. Samlet set er skibe den primære kilde til lavfrekvent undervandsstøj, og det må forventes, at undervandsstøjen følger udviklingen i skibstrafikken. Fremskrivninger af skibstrafikken angiver et uændret niveau, hvilket med ret god sikkerhed kan overføres til et uændret bidrag til undervandsstøjen. Det kan forventes, at der over de kommende årtier indføres bedre byggestandarder for nye skibe, der vil medføre et fald i støjledningen fra de enkelte skibe, men dette vil næppe være målbart inden 2030. Der er ikke fastsat GES-værdier for den lavfrekvente undervandsstøj, men det forventes at ske i 2021.

Det skønnes, at bidraget fra ikke-registrerede småbåde (lystbåde og små fiskefartøjer) er betydeligt (Hermannsen et al., 2019). Da en større rekreativ udnyttelse af de danske havområder og kyster er en målsætning, må det forventes, at denne sejlads vil være stigende i de kommende år. Bidraget til den lavfrekvente undervandsstøj skønnes derfor at stige i de kommende år. Samlet set må en stigning i deskriptoren derfor forventes.

Usikkerhed ved fremskrivning (stor/lille)

Kilderne til den lavfrekvente undervandsstøj er velkendte, og koblingen mellem aktiviteterne og støjen er så direkte, at ændringer i aktiviteterne med meget stor sikkerhed vil afspejle sig i ændringer i støjen. Da støj ikke har nogen levetid i miljøet, vil ændringer i aktivitetsniveauerne også afspejle sig umiddelbart som ændringer i støjniveauet i miljøet. Den største usikkerhed i forhold til indikatoren er, at mindre både uden AIS endnu ikke indgår i indikatoren og derfor vil skævvride vurderinger i retning mod større vægt på de store skibe.

5 Referencer

Andersen, H.T., Engsoft, S. & Møller-Jensen, L. (2005). Danmarks nyere byudvikling. Notat udarbejdet for Skov- og Naturstyrelsen, Landsplanafdelingen.

Andersen, J.H., Kallenbach, E., Thaulow, J., Hesselsøe, M., Knudsen, S.W., Bekkevold, D., Hansen, B.K., Jacobsen, L.M.W., Møller, P.R. & Olesen, C. (2018). Development of species-specific eDNA-based test systems for monitoring of non-indigenous species in Danish marine waters. NIVA Denmark Report, 87 pp.

Andersen, S.M., Teilmann, J., Dietz, R., Schmidt, N.M. & Miller, M.L. (2012). Behavioural responses of harbour seals to human-induced disturbances'. *Aquatic Conservation* 22: 113-121. doi: 10.1002/aqc.1244

Amano, T., Székely, T., Wauchope, H.S., Sandel, B., Nagy, S., Mundkur, T., Langendoen, T., Blanco, D., Michel, N.L. & Sutherland, W.J. (2020). Responses of global waterbird populations to climate change vary with latitude. *Nature Climate Change* 10: 959-964. doi: 10.1038/s41558-020-0872-3.

Andersson, A., Meier, H.E.M., Ripszam, M., Rowe, O., Wikner, J., Haglund P. et al. (2015). Projected future climate change and Baltic Sea ecosystem management. *Ambio* 44: 345–356. doi: 10.1007/s13280-015-0654-8

Bastardie, F., Danto, J., Rufener, M-C., van Denderen, P. D., Eigaard, O. R., Dinesen, G. E. & Nielsen, J. R. (2020). Reducing fisheries impacts on the sea-floor: a bio-economic evaluation of policy strategies for improving sustainability in the Baltic Sea. *Fisheries Research* 230: 105681.

Bek. nr. 1451 af 20/12/2012 Bekendtgørelse om anlæg, der forbrænder affald. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2012/1451>

Blicher-Mathiesen, G., Holm, H., Houlborg, T., Rolighed, J., Andersen, H.E., Carstensen, M.V., Jensen, P.G., Wienke, J., Hansen, B. & Thorling, L. (2019). Landovervågningsoplande 2018. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 243 s. - Videnskabelig rapport nr. 352. <http://dce2.au.dk/pub/SR305.pdf>

Blicher-Mathiesen, G. & Sørensen, P. (red). (2020). Baseline 2027 for udvalgte elementer. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 120 s. -Teknisk rapport nr. 184. <http://dce2.au.dk/pub/TR184.pdf>

Borum, J.K., Sand-Jensen, K. & Bruun, H.H. (2016). Landbrugspakken – et risikabelt kvælstofeksperiment? *Aktuel Naturvidenskab*: 6.

Baudron, A.R., Brunel, T., Blanchet, M-A., Hidalgo, M., Chust, G., Brown, E.J., Kleisner, K.M., Millar, C., MacKenzie, B.R., Nikolioudakis, N., Fernandes, J.A. & Fernandes, P.G. (2020). Changing fish distributions challenge the effective management of European fisheries. *Ecography* 43: 494-505. doi:10.1111/ecog.04864

Bauer, B., Gustafsson, B., Hyytiäinen, K., Meier, M., Muller-Karulis, B., Saraiva, S., & Tomczak, M. (2019). Food web and fisheries in the future Baltic Sea. *Ambio* 48: 1337-1349. doi: 10.1007/s13280-019-01229-3.

Carstensen, J. & Henriksen, P. (2009). Phytoplankton biomass response to nitrogen inputs: a method for WFD boundary setting applied to Danish coastal waters. *Hydrobiologia* 633: 137-149. doi: 10.1007/s10750-009-9867-9

Clausen, K.K., Holm, T.E., Pedersen, C.L., Jacobsen, E.M. & Bregnballe, T. (2020). Sharing waters: the impact of recreational kayaking on moulting mute swans *Cygnus olor*. *Journal of Ornithology* 161: 469-479.

Com (2020) 248. Meddelelse fra Kommissionen til Europa-Parlamentet og Rådet. Mod et mere bæredygtigt fiskeri i EU: status og retningslinjer for 2021. Com (2020) 248 final.

Conley, D.J., Carstensen, J., Vaquer-Sunyer, R. & Duarte, C.M. (2009). Ecosystem thresholds with hypoxia. *Hydrobiologia* 629: 21-29. doi: 10.1007/s10750-009-9764-2

Egekvist, J., Rindorf, A. & Eigaard, O.R. (2017). Monitoring af fiskeritryk via VMS-data oparbejdning i relation til havbundens integritet (HSD deskriptor 6). Rapport til Miljø- og Fødevarerministeriet. DTU AQUA, december 2017.

Eigaard, O.R., Bastardie, F., Hinzen, N.T., Buhl-Mortensen, L., Mortensen, P. B., Catarino, R., Dinesen, G.E., Egekvist, J., Fock, H., Geitner, K., Gerritsen, H., González, M.M., Jonsson, P., Kavadas, S., Laffargue, P., Lundy, M., Gonzalez-Mirelis, G., Nielsen, J.R., Papadopoulou, N., ... & Rijnsdorp, A.D. (2017). The footprint of bottom trawling in European waters: distribution, intensity, and seabed integrity. *ICES Journal of Marine Science* 74(3): 847-865. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw194>

Energistyrelsen (2020). Energistyrelsens basisfremskrivning 2020 – Vindmøller på havet. Udvikling frem mod 2030, København.

Erichsen, A.E., Timmermann K., Larsen, T.C., Nielsen, S.E.B. Christensen, J.P.A. & Markager S. (manuskript). Application of the Danish EPA's Marine Model Complex and Development of a Method Applicable for the River Basin Management Plans 2021-2027

EU (2019). REGULATION (EU) 2019/ 1021 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL - of 20 June 2019 - on persistent organic pollutants (europa.eu)

EU (2014). COMMON IMPLEMENTATION STRATEGY FOR THE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE (2000/60/EC) Guidance Document No. 32 ON BIOTA MONITORING (THE IMPLEMENTATION OF EQSBIOTA) UNDER THE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE. Technical report – 2014 -083

Feld, L., Metcalfe, R.A. & Strand, J. (2019). Mængder, sammensætning og trends i udviklingen af marint affald på danske referencestrande. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 44 s. - Videnskabelig rapport nr. 359. <http://dce.au.dk/pub/SR359.pdf>

Field, R., Crawford, R., Enever, R., Linkowski, T., Martin, G., Morkūnos, Morkūne, R., Rouxel, Y. & Oppel, S. (2019). High contrast panels and lights do not reduce bird bycatch in Baltic Sea gillnet fisheries. *Global Ecology and Conservation*, 18, e00602. doi: 10.1016/j.gecco.2019.e00602.

Fossing, H. & Stæhr, P.A. (2017). TA M30 Ikke-hjemmehørende marine arter. Aarhus Universitet, DCE-Nationalt Center for Miljø og Energi, 12 sider.

Fødevarestyrelsen (2020a). Kontrol resultater for tungmetaller. <https://www.foedevarestyrelsen.dk/Kontrol/Kontrolresultater/Sider/Tungmetaller.aspx>

Fødevarestyrelsen (2020b). Organiske miljø- og procesforureninger – kontrolresultater (webside, tilgået 11/12-2020) https://www.foedevarestyrelsen.dk/Kontrol/Kontrolresultater/Sider/Organiske_miljo_og_procesforureninger.aspx?Indgang=Kontrol&Indgangsemne=Kontrolresultater&

Frederiksen, M., Wanless, S., Harris, M. P., Rothery, P. & Wilson, L.J. (2004). The role of industrial fisheries and oceanographic change in the decline of North Sea black-legged kittiwakes. *Journal of Applied Ecology* 41. 1129-1139.

Fødevarestyrelsen (2019). DIOXIN OG PCB I FISK FRA ØSTERSØEN KONTROLRESULTATER 2019
Projekt J. nr.: 4414 <https://www.foedevarestyrelsen.dk/SiteCollectionDocuments/Kemi%20og%20foedevarekvalitet/Slutrapport%20-%20Dioxin%20og%20PCB%20i%20fisk%20fra%20Østersøen%202019%20endelig.pdf>

Fødevareministeriets arbejdsdokument “Proposal for Fisheries Management Measures for the protection of “reefs” structures (1170) and “submarine structures made of leaking gasses bubbling” reef (1180) structures (1170 & 1180) in five Danish Natura 2000 sites in the North Sea and Skagerrak”.

Gauss, M., Nyiri, A., Klein, H. & Jalkanen, J. (2020). Estimation of country-wise reductions of atmospheric nitrogen deposition, achievable by 2030 through implementation of the Gothenburg protocol/EU-NEC Directive. EMEP, Oslo. ISSN: 1504-6206.

Glemarec, G., Klindt-Larsen L., Lundgaard, L. S. & Larsen, F. (2020). Assessing seabird bycatch in gillnet fisheries using electronic monitoring. *Biological Conservation*, 243, 108461. doi: 10/ggmrrw.

Grinsted, A. (2015). Projected Change—Sea Level. In: The BACC II Author Team (eds) Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. Regional Climate Studies. Springer.

Hammond, P., Lacey, C., Gilles, A., Viquerat, S., Börjesson, P., Herr, H., McLeod, K., Ridoux, V., Santos, M.B., Scheidat, M., Teilmann, J., Vingada, J. & Øien, N. (2017). Estimates of cetacean abundance in European Atlantic waters in summer 2016 from the SCANS-III aerial and shipboard surveys. Wageningen Marine Research.

Hansen, J.W. (2016). Marine områder 2015 NOVANA, p. 1-148. In J. W. Hansen and S. Høgslund [eds.], (In Danish) Videnskabelig rapport fra DCE -Nationalt Center for Miljø og Energi.

Henriksen, P. (2009). Long-term changes in phytoplankton in the Kattegat, the Belt Sea, the Sound and the western Baltic Sea, p. 114-123. *Journal of Sea Research*.

HELCOM (2017). <https://helcom.fi/helcom-at-work/projects/tapas/>

HELCOM (2020a) Background document for Mercury for use in SoM project (HELCOM SOM projektdokument)

HELCOM (2020b). Topic report: underwater noise. HELCOM ACTION project, Helsinki.

HELCOM (2018a). Number of drowned mammals and waterbirds in fishing gear. HELCOM core indicator report. Online. Available at: <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/Number-of-drowned-mammals-and-waterbirds-HELCOM-core-indicator-2018.pdf>.

HELCOM (2018b). Nutritional status of marine mammals. HELCOM core indicator report. Online. <https://helcom.fi/media/core%20indicators/Nutritional-status-of-seals-HELCOM-core-indicator-2018.pdf>

HELCOM (2018c). Metals (lead, cadmium and mercury). HELCOM core indicator report. Online. Date Viewed 10/12/2020, <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/Metals-HELCOM-core-indicator-2018.pdf>

HELCOM (2018d). HELCOM Annual report on discharges observed during aerial surveillance in the Baltic Sea, 2018. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2020/01/HELCOM-Aerial-Surveillance-Report-2018.pdf>

HELCOM (2016). Annual report on Baltic Marine Environment Protection Commission Discharges observed during aerial surveillance in the Baltic Sea 2016 (Annual-report-on-discharges-observed-during-aerial-surveillance-in-the-Baltic-Sea-2016.pdf (helcom.fi))

Hermannsen, L., Mikkelsen, L., Tougaard, J., Beedholm, K., Johnson, M., & P.T. Madsen. (2019). Recreational vessels without Automatic Identification System (AIS) dominate anthropogenic noise contributions to a shallow water soundscape. *Sci. Rep.* 9: 15477.

ICES (2020a). Working Group on Bycatch of Protected Species (WGBYC). ICES Scientific Reports 2:81. ICES, p. 209. Available at: <http://doi.org/10.17895/ices.pub.7471> (Accessed: 12 November 2020).

ICES. (2020b). Working Group on Fisheries Benthic Impact and Trade-offs (WGFBIT; outputs from 2019 meeting). ICES Scientific Reports. 2:6. 101 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5955>

ICES (2019a). ICES Fisheries overview, including mixed-fisheries considerations. Greater North Sea Ecoregion Published 29 November 2019, Version 2: 15 January 2020. ICES Advice 2019. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.5750>

ICES (2019b). ICES Fisheries overviews, Baltic Sea Ecoregion. Published 2 September 2019. ICES Advice 2019. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.5566>

ICES (2019c). Joint WGBYC-WGCATCH Workshop on sampling of bycatch and PET species (WKPETSAMP). CM2018/EOSG:35. 24–26 April 2018, SLU Aqua, Lysekil, Sweden: ICES, p. 76. Available at: <https://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Expert%20Group%20Report/EOSG/2019/WKPETSAMP%20Report%202018.pdf>.

ICES. (2019d). EU request to advise on a seafloor assessment process for physical loss (D6C1, D6C4) and physical disturbance (D6C2) on benthic habitats. ICES Special Request Advice, EU ecoregions, Published 5 December 2019.

ICES. (2016). Interim Report of the Working Group on Spatial Fisheries Data (WGSFD), 17–20 May 2016, Brest, France. ICES CM 2016/SSGEPI:18. 244 pp.

IPCC (2005). IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Metz, B., Davidson, O., Coninck, H., Loos, M., Meyer, L. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 442 pp.

Jensen, J.D. (2019). Fremskrivning af dansk landbrug frem mod 2030 – december 2018, 14 s., IFRO Udredning, Nr. 2019/02 Udredning, Nr 2019/02. Copenhagen, 17 sider.

Johansson, J. & Undeman, E. (2020). Perfluorooctanesulfonate (PFOS) and other perfluorinated alkyl substances (PFASs) in the Baltic Sea – Sources, transport routes and trends. Helcom Baltic Sea Environment Proceedings n°173.

Joint declaration (udkast). Joint Recommendation on Fisheries Conservation Measures under Article 11 of Regulation (EU) No 1380/2013 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 on the Common Fisheries Policy for protection of soft seabed (mud and sandy mud) and reef structures in the Kattegat.

Kahru, M. & Elmgren, R. (2014). Multidecadal time series of satellite-detected accumulations of cyanobacteria in the Baltic Sea. Biogeosciences 11: 3619–3633. doi: 10.5194/bg-11-3619-2014

Kauhala, K., Bäcklin, B.M., Raitaniemi, J. & Harding, K.C. (2017). The effect of prey quality and ice conditions on the nutritional status of Baltic grey seals of different age groups. Mammal Research 62: 351–362.

Larsen, M.M. (2019). Omregning af indhold af miljøfarlige stoffer i forskellige organer i fisk. Med særlig fokus på kviksølv. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 44 s. - Teknisk rapport fra DCE.

Larsen, J.L., Durinck, J. & Skov, H. (2007). Trends in chronic marine oil pollution in Danish waters assessed using 22 years of beached bird surveys. Marine Pollution Bulletin 54: 1333–1340. https://www.dof.dk/images/grupper/havfugle/dokumenter/Larsen_et_al_2007_MPB.pdf

Laursen, K., Asferg, K.S., Frikk, J. & Sunde, P. (2009). Mussel fishery affects diet and reduces body condition of eiders *Somateria mollissima* in the Wadden Sea. Journal of Sea Research 62: 22–30.

Lindegarth, M., Valentinsson, D., Hansson, M., Ulmestrand, M. (2000). Effects of trawling disturbances on temporal and spatial structure of benthic soft-sediment assemblages in Gullmarsfjorden, Sweden. *ICES Journal of Marine Science* 57(5): 1369-1376.

Lotze, H.K., Tittensor, D.P., Bryndum-Buchholz, A., Eddy, T.D., Cheung, W.W.L., Galbraith, E.D., Barange, M., Barrier, N., Bianchim D., Blanchard, J.L., Bopp, L., Büchner, M., Bulman, C.M., Carozza, D.A., Christensen, V., Coll, M., Dunne, J.P., Fulton, E.A., Jennings, S., Jones, M.C., Mackinson, S., Maury, O., Niiranen, S., Oliveros-Ramos, R., Roy, T., Fernandes, J.A., Schewe, J., Shin, Y.-J., Silva, T.A.M., Steenbeek, J., Stock, C.A., Verley, P., Volkholz, J., Walker, N.D. & Worm, B. (2019). Global ensemble projections reveal trophic amplification of ocean biomass declines with climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116): 12907–12912. [doi:10.1073/pnas.1900194116](https://doi.org/10.1073/pnas.1900194116)

Lyngsgaard, M.M., Markager, S. & Richardson, K. (2014). Changes in the vertical distribution of primary production in response to land-based N-loading. *Limnology and Oceanography* 59: 1679-1690.

Løkkeborg, S. (2011). Best practices to mitigate seabird bycatch in longline, trawl and gillnet fisheries—efficiency and practical applicability. *Marine Ecology Progress Series* 435: 285-303. doi: 10/dpj69r.

Lønborg, C. & Markager, S. (*indsendt*). Nitrogen in the Baltic Sea: Long-term trends, a budget and decadal time lags in responses to declining inputs. Submitted to *Biogeochemistry*.

Markager, S., Stedmon, C.A. & Søndergaard, M. (2011). Seasonal dynamics and conservative mixing of dissolved organic matter (DOM) in the temperate eutrophic estuary Horsens Fjord. *Estuarine and Coastal Shelf Science* 92: 376-388. doi: 10.1016/j.ecss.2011.01.014.

Markager, S. (2020). Storm i et glas spildevand – fosfor i vandmiljøet, kilder og løsninger. *Vand & Jord*, 82.

Mendel, B., Schwemmer, P., Peschko, V., Müller, S., Schwemmer, H., Mercker, M. & Garthe, S. (2019). Operational offshore wind farms and associated ship traffic cause profound changes in distribution patterns of Loons (*Gavia* spp.). *Journal of Environmental Management* 231: 429-438.

Merchant, N.D., Andersson, M.H., Box, T., Le Courtois, F., Cronin, D., Holdsworth, N., Kinneging, N., Mendes, S., Merck, T., Mouat, J., Norro, A.M.J., Ollivier, B., Pinto, C., Stamp, P. & Tougaard, J. (2020). Impulsive noise pollution in the Northeast Atlantic: Reported activity during 2015–2017. *Marine Pollution Bulletin* 152: 110951.

MFVM (2019). Miljø- og Fødevareministeriet, Fiskeristyrelsens hjemmeside med årsstatistik for indløste fisketegn. <https://fiskeristyrelsen.dk/media/11639/aarsstatistik2019.pdf>

Miljøstyrelsen (2016). Udpegning af havstrategi-områder i Kattegat. <https://mst.dk/media/121031/udpegning-af-havstrategi-omraader-i-kattegat.pdf>

Miljø- og Fødevareministeriet (2019). Danmarks Havstrategi II - Første del. God miljøtilstand, Basisanalyse, Miljømål. Rapport fra Miljø- og Fødevareministeriet, ISBN: 978-87-93593-73-2, 309 sider

Nielsen, R.D., Holm, T.E., Clausen, P., Bregnballe, T., Clausen, K.K., Petersen, I.K., Sterup, J., Balsby, T.J.S., Pedersen, C.L., Mikkelsen, P. & Bladt, J. (2019). Fugle 2012-2017: NOVANA, (Videnskabelig rapport nr. 314), p. 264.

Nielsen, O-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Nielsen, M., Gyl-denkerne, S., Fauser, P., Albrechtsen, R., Hjelgaard, K.H., Bruun, H.G. & Thomsen, M. (2019b). Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE. Emission inventories from the base year of the protocols to year 2017. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 549 pp. Scientific Report No. 313 <http://dce2.au.dk/pub/SR313.pdf>

OSPAR (2009). EcoQO Handbook. Handbook for the application of Ecological Quality Objectives in the North Sea, Second Edition. Biodiversity Series 307/2009, ISBN 978-1-905859-46-7. Microsoft Word - p00307_EcoQO Handbook 2009 2nd edition format in progress (ospar.org)

OSPAR (2016). http://dome.ices.dk/osparmime2016/regional_assessment_biota_metals.html

OSPAR (2017a). Common indicator assessment of M3-Seal abundance and distribution. Applicable to the Greater North Sea and Celtic Seas (OSPAR Regions II and III). Available at: <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/intermediate-assessment-2017/biodiversity-status/marine-mammals/seal-abundance-and-distribution/>

OSPAR (2017b). OSPAR intermediate assessment 2017 (Intermediate Assessment 2017 - OSPAR-OAP (Prod))

OSPAR (2017c). Assessment of the OSPAR Report on Discharges, Spills and Emissions from Offshore Installations, 2013-2015 Offshore Oil&Gas Industry Series 740701/2017. ISBN 978-1-911458-41-8 https://oap-cloudfront.ospar.org/media/filer_public/18/31/1831ab05-8f2f-4f38-bcf8-89ceea71628a/p00701_assessment_2013-2015.pdf

OSPAR (2017d). Denmark Assessment of Discharges, Spills and Emissions from Offshore Oil and Gas Installations in 2013 -17. Offshore Oil&Gas Industry Series: 741/2019 ISBN 978-1-911458-81-4 https://oap-cloudfront.ospar.org/media/filer_public/ec/fa/ecfa409b-b323-47d3-9b54-18aa46354b3d/p00741_dk_discharge_report.pdf

OSPAR (2017e). Plastic particles in fulmar stomachs in the North Sea. D10 - Marine Litter- OSPAR Intermediate assessment 2017.

OSPAR (2019). Discharges, Spills and Emissions from Offshore Oil and Gas Installations in 2017. Offshore Oil&Gas Industry Series 740/2019. SBN 978-1-911458-80-7 https://oap-cloudfront.ospar.org/media/filer_public/d6/a7/d6a759a5-eb38-4d1e-b5ca-ad8b456b1ff3/p00740_offshore_discharges_2017.pdf

OSPAR (2020). Ospar Hazardous substances Assessment Tool (Home Page - ICES.OHAT) OSPAR (2019) Discharges, Spills and Emissions from Offshore Oil and Gas Installations in 2017. Offshore Oil&Gas Industry Series 740/2019. SBN 978-1-911458-80-7 https://oap-cloudfront.ospar.org/media/filer_public/d6/a7/d6a759a5-eb38-4d1e-b5ca-ad8b456b1ff3/p00740_offshore_discharges_2017.pdf

OSPAR (2021). Intersessional Correspondence Group on Eutrophication (ICG-Eut), 18-22 January 2021, Agenda Item 4.2. Screening: input trends and nutrient ratios Presented by Sweden

Petersen, I.K., Mackenzie, M.L. & Scott-Hayward, L.A.S. (2018). Long-term impacts on Long-tailed Duck distributions resulting from the construction of the Rødsand II and Nysted offshore wind farms, Denmark. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 20 pp. Technical Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 120. <http://dce2.au.dk/pub/TR120.pdf>

Petersen, I.K., Nielsen, R.D., Therkildsen, O.R. & Balsby, T.J.S. (2017). Fældende havdykænders antal og fordeling i Sejerøbugten i relation til menneskelige forstyrrelser. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 38 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 239 <http://dce2.au.dk/pub/SR239.pdf>

Petersen, J.K., Hansen, J.W., Laursen, M.B., Clausen, P., Carstensen, J. & Conley, D.J. (2008). Regime shift in a coastal marine ecosystem. *Ecological Applications* 18: 497–510. DOI: 10.1890/07-0752.1

Petersen, J.K. (2018) Menneskeskabte påvirkninger af havet:– Andre presfaktorer end næringsstoffer og klimaforandringer DTU Aqua-rapport. DTU, Dansk Skaldyrcenter, Institut for Akvatiske Ressourcer, Ørøddevej 80, 7900 Nykøbing Mors, 118 sider.

Radford, Z., Hyder, K., Zarauz, L., Mugerza, E., Ferter, K., Pillezo R., Strehlow, H.V., Townhill, B., Lewin, W.C. & Weltersbach, M.S. (2018). The impact of marine recreational fishing on key fish stocks in European waters. *PLoS ONE* 13(9): e0201666. doi: 10.1371/journal.pone.0201666.

Riemann, B., Carstensen, J., Dahl, K., Fossing, H., Hansen, J.W., Jakobsen, H.H., Josefson, A.B., Krause-Jensen, D., Markager, S., Staehr, P.A., Timmermann, K., Windolf, J. & Andersen, J.H. (2016). Recovery of Danish coastal ecosystems after reductions in nutrient loading: A holistic ecosystem approach. *Estuaries and Coast* 39: 82-97.

Riemann, B. Al-Hamdani, Z., Stahl Olafsson, A., Hasler, B. Kaae, B.C., Murray, S.J., Göke, C., Kallenach, Olesen, H.J., Nabe-Nielsen, J., Tougaard, J., Andersen, J.H., Egekvist, J., Overgaard Leth, J., Dahl, K., Christoffersen, M., Zandersen, M., Termansen, M., Sveegaard, S. & Harvey, T. 2019. Maritim arealplanlægning i Øresund – scenarier for udvikling af erhvervs-, samfunds, og miljømæssige forhold. Aarhus Universitetsforlag. ISBN: 978 87 7184 887 8. 173 sider.

Riemann, B. Abay, A.T., Ankjærø, T., Bruhn, A., Dahl, K., Galatius, A., Göke, C., Hasler, B., Jimenez, E.R., Kaae, B.C., Olafsson, A.S., Petersen, I.K., Rasmussen, M.B., Termansen, M. & Zandersen, M. (2020). Regional havplanlægning i det vestlige Kattegat – natur-, erhvervs- og samfundsmæssige forhold og scenarier. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 136 s. - Videnskabelig rapport nr. 403.

Rindorf, A., Gislason, H., Burns, F., Ellis, J. R., & Reid, D. (2020). Are fish sensitive to trawling recovering in the Northeast Atlantic? *Journal of Applied Ecology* 57: 1936-1947.

Schulz, M., Fleet, D.M., Camphuysen, K.C.J., Schulze-Dieckhoff, M. & Laursen, K. (2017). Oil pollution and seabirds. In: Wadden Sea Quality Status Report 2017. Eds.: Kloepper S. et al., Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany. Last updated 01.03.2018. Downloaded 15.12.2020. qsr.waddensea-worldheritage.org/reports/oil-pollution-and-seabirds

Silva, W., Bottagisio, E., Härkönen, T., Galatius, A., Olsen, M. & Hårding K. (*in press*). Risk for overexploiting a seemingly stable seal population: influence of multiple stressors and hunting. *Ecosphere*.

Skov, H. (2011). Waterbird populations and pressures in the Baltic Sea. Nordic Council of Ministers. Available at: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:701707/FULLTEXT01.pdf>.

Sonne, C., Siebert, U., Gonnsen, K., Desforges, J.P., Eulaers, I., Persson, S., Roos, A., Bäcklin, B.M., Kauhala, K., Tange Olsen, M., Harding, K.C., Treu, G., Galatius, A., Andersen-Ranberg, E., Gross, S., Lakemeyer, J., Lehnert, K., Lam, S.S., Peng, W. & Dietz, R. (2020). Health effects from contaminant exposure in Baltic Sea birds and marine mammals: A review, *Environment International*, 139: 105725.

Southall, B.L., Finneran, J.J., Reichmuth, C., Nachtigall, P.E., Ketten, D.R., Bowles, A.E., Ellison, W.T., Nowacek, D.P. & Tyack, P.L. (2019). Marine Mammal Noise exposure criteria: updated scientific recommendations for residual hearing effects. *Aquatic Mammals* 45: 125-232.

Stæhr, P.A., Jakobsen, H.H., Hansen, J.L.S., Andersen, P., Christensen, J., Göke, C. & Thomsen, M.S. (2020). Trends in records and contribution of non-indigenous species to marine communities in Danish waters. *Aquatic Invasions* 15: 217-244.

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

Sørensen, P.M. & Tougaard, J. (2019). Undervandsstøj i Indre danske Farvande 2017. Havstrategidirektivets indikator 11.2. Teknisk rapport nr. 138, Roskilde. 22.

Thodsen, H., Tornbjerg, H. & Larsen, S.E. (2020). Udvikling i afstrømnings-normaliseret total-kvælstof transport fra målt opland mellem 2018 og 2019. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 6 s. – Fagligt notat nr. 2020 | 64 https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notatet_2020/N2020_64.pdf

Timmermann, K., Markager, S. & Gustafsson, K. (2010). Streams or Open Sea? Tracing sources and effects of nutrient loadings in a shallow estuary with a coupled 3D hydrodynamic-ecological model. *Journal of Marine Systems* 82: 111-121.

Tjørnløv, R.S., Pradel, R., Choquet, R., Christensen, T.K. & Frederiksen, M. (2019). Consequences of past and present harvest management in a declining flyway population of common eiders *Somateria mollissima*. *Ecology and Evolution* 9: 12515-12530.

Tjørnløv, R.S. (2020). Population dynamics of a declining flyway population of Common Eiders *Somateria mollissima*. PhD thesis, Aarhus University.

Tougaard, J. (2019). Impulsive noise sources. Activities in the Danish EEZ reported for 2017 to the ICES impulsive noise register. DCE – Danish Centre for Environment and Energy, Aarhus University.

Tsiamis, K., Palialexis, A., Stefanova, K., Gladan, Ž. N., Skejic, S., Despalatovic, M., Cvitkovic, I., Drafacevic, B., Dulcic, J., Vidjak, O., Bojanic, N., Zulevic, A., Aplikioti, M., Argyrou, M., Josphides, M., Michaelides, N., Jakobsen, H.H., Staehr, P.A., Ojaveer, H., Letiniemi, M., Masse, C., Zenetos, A., Castriota, L., Livi, S., Mazziotti, C., Schembri, P.J., Evans, J., Bartolo, A.G., Kabuta, S.H., Smolders, S., Knegetering, E., Gittenberger, A., Gruszaka, P., Krasniewski, W., Bartillotti, C., Tuaty-Guerra, M., Canning-Clode, J., Costa, A.C., Parente, M.I., Botelho, A.Z., Micael, J., Miodonski, J.V., Carreira, G.P., Lopes, V., Nadaffi, R., Florin, A.B., Barry, P., Stebbing, P.D. & Cardoso, A.C. (2019). Non-indigenous species refined national baseline inventories: a synthesis in the context of the European Union's Marine Strategy Framework Directive Corresponding. *Marine Pollution Bulletin* 145: 429-435

Undeman, E. & Johansson, J. (2020). Polybrominated diphenylethers (PBDEs) in the Baltic Sea – Sources, transport routes and trends. *HELCOM Baltic Sea Environment Proceedings* n°172

UN (2020). Stockholm Convention. Overview. Webside tilgængeligt 16-12-2020. <http://www.pops.int/TheConvention/Overview/tabid/3351/Default.aspx>

Van Franeker, J.A., Kühn, S., Pedersen, J. & Hansen, P.L. (2018). Fulmar Litter EcoQO monitoring in Denmark 2002-2017. Report for the Danish Environmental Protection Agency. Wageningen Marine Research Den Helder, The Netherlands. 25 pp.

Vinther, F. P. & Olsen, P. (2011). Næringsstofbalancer og næringsstofoverskud i landbruget 1988- 2009. Intern rapport nr. 125. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet. 20 sider.

Vinther, F.P. & Olsen, P. (2020). Næringsstofbalancer og næringsstofoverskud i landbruget 1991/92-2018/19. DCA Rapport nr. 173, juli 2020, Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet.

Vorberg, R. (2000). Effects of shrimp fisheries on reefs of *Sabellaria spinulosa* (Polychaeta). *ICES Journal of Marine Science* 57: 1416-1420.

Wisniewska, D.M., Johnson, M., Teilmann, J., Rojano Doñate, L., Shearer, J., Sveegaard, S., Miller, L.A., Siebert, U. & Madsen, P.T. (2016). Ultra-high foraging rates of harbor porpoises make them vulnerable to anthropogenic disturbance. *Current Biology* 26: 1441-1446. [doi: 10.1016/j.cub.2016.03.069](https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.03.069)

Žydelis, R., Small, C. & French, G. (2013). The incidental catch of seabirds in gillnet fisheries: A global review. *Biological Conservation* 162: 76-88. [doi: 10.1016/j.biocon.2013.04.002](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.04.002)

GAP-ANALYSE

Fremskrivning af menneskelige aktiviteter og presfaktorer

Fremskrivning af menneskelige aktiviteter og presfaktorer er et notat bestående af tre trin, der iterativt fremskriver EU's havstrategiindikatorer frem mod 2030. Det betyder, at rapporten er opbygget over tre trin, som inkluderer kobling af menneskelige aktiviteter og presfaktorer, derefter fremskrivning af menneskelige aktiviteter frem mod 2030 og slutteligt en fremskrivning af indikatorer frem mod 2030. Fremskrivningerne i notatet er så vidt muligt en kort kvantitativ fremskrivning. Hvor det ikke er muligt at fremskrive kvantitativt, er fremskrivningen kvalitativ. Når det er muligt, inddrages betydningen af klimaforandringer. Miljøministeriet har ikke ønsket, at effekten af planlagte nationale og internationale indsatser til forbedring af havmiljøet er inddraget, da Miljøministeriet selv ønsker at stå for denne del. Hvis det alligevel ikke kan undgås at tage højde for visse indsatser, fx indsatser, som allerede er implementeret (men ikke har haft effekt endnu), skal dette noteres for hver deskriptor.