



ANALYSE AF CO₂-EMISSIONER OG ØKONOMI VED GRØN OMSTILLING AF FISKEFARTØJER

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 431

2021



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

[Tom side]

ANALYSE AF CO₂-EMISSIONER OG ØKONOMI VED GRØN OMSTILLING AF FISKEFARTØJER

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 431

2021

Morten Winther
Louise Martinsen

Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer: Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 431

Kategori: Rådgivningsrapporter

Titel: Analyse af CO₂-emissioner og økonomi ved grøn omstilling af fiskefartøjer

Forfattere: Morten Winther & Louise Martinsen

Institution: Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab

Udgiver: Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©

URL: <http://dce.au.dk>

Udgivelsesår: 2021

Redaktion afsluttet: Januar 2021

Forfattere: Morten Winther & Louise Martinsen

Institution: Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab

Ekstern kommentering: Søfartsstyrelsen. Kommentarerne findes her:
http://dce2.au.dk/pub/komm/SR431_komm.pdf

Finansiel støtte: Søfartsstyrelsen

Bedes citeret: Winther, M. & Martinsen, L. 2020. Analyse af CO₂-emissioner og økonomi ved grøn omstilling af fiskefartøjer. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 36 s. - Videnskabelig rapport nr. 431
<http://dce2.au.dk/pub/SR431.pdf>

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Sammenfatning: I rapporten beregnes CO₂ emissioner og CO₂ skyggepriser ved omstilling af fiskefartøjer til grønne drivmidler. Beregningerne udføres for et skift i brændstof fra fossilt baseret MDO/MGO (Marine Diesel Oil/Marine Gas Oil), der normalt bruges af fiskeskibe, til hhv. HVO (Hydro treated Vegetable Oil) - biodiesel og brug af grøn metanol i dual fuel-motorer. Beregningerne tager udgangspunkt i illustrative fiskefartøjer, der repræsenterer det mest udbredte fiskefartøj i fem forskellige størrelsesklasser. Der er en vis variation i de beregnede CO₂ skyggepriser på tværs af omstillingsalternativ og fartøjstype. Resultaterne viser dog at CO₂ skyggeprisen generelt er positiv og betydelig for alle de analyserede omstillingsalternativer, samt at CO₂ skyggeprisen falder i takt med at omstillingstidspunktet udskydes.

Emneord: CO₂ emissioner, CO₂ skyggepriser, fiskefartøjer, HVO, metanol, el-dieselhybrid

Layout: Grafisk Værksted, AU Silkeborg

Foto forside: Colourbox

ISBN: 978-87-7156-571-3

ISSN (elektronisk): 2244-9981

Sideantal: 36

Internetversion: Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som
<http://dce2.au.dk/pub/SR431.pdf>

Indhold

1	Sammenfatning	5
2	Indledning	9
3	Undersøgelsens basisfartøjer	11
4	Emissioner	14
4.1	Emissioner ved brug af MDO/MGO	14
4.2	Emissioner ved brug af HVO-biodiesel	15
4.3	Emissioner ved brug af metanol dual fuel-motorer	16
4.4	Emissioner ved brug af el-dieselhybrid	17
5	Økonomiske beregninger	19
5.1	Økonomiske beregningsforudsætninger	19
5.2	Generelle antagelser	20
5.3	HVO-biodiesel	21
5.4	Metanol dual fuel	22
5.5	Eldieselhybrid	23
5.6	Skyggepriser	25
6	Referencer	29
	Bilag: Følsomhedsanalyser	31
	HVO	32
	Metanol dual fuel	33
	El-diesel hybrid	35

[Tom side]

1 Sammenfatning

CO₂-emissionerne fra fiskeskibe er direkte proportional med fiskeskibenes dieselforbrug, og i 2018 udledte fiskefartøjerne i Danmark 275,3 ktons CO₂ svarende til 0,7 % af Danmarks samlede CO₂-emission (Nielsen et al., 2018). Udviklingen i energiforbruget og CO₂-emissionerne fra fiskeri afspejler generelt set sammensætningen af fiskefartøjsflåden og hvor meget fiskeskibene benyttes, og fra 1990 til 2018 er CO₂-emissionerne fra fiskeskibe faldet med 57 %.

Dette notat præsenterer resultaterne af analyser udarbejdet af DCE (Nationalt Center for Miljø og Energi under Aarhus Universitet) med fokus på Klimaomstilling af fiskerierhvervet set i lyset af Danmarks nationale målsætning om at reducere de samlede drivhusgasemissioner med 70 % i 2030 regnet i forhold til året 1990. Analysen fokuserer på brug af grønne brændstoffer i nybyggede fiskeskibe, opnåede CO₂-emissionsbesparelser, de relaterede økonomiske omkostninger og CO₂-skyggepriser. Skyggepriserne angiver den omkostning, der er forbundet med at opnå CO₂-reduktioner ved de forskellige omstillingsalternativer. Projektet finansieres af Søfartsstyrelsen under Erhvervsministeriet, og skal bidrage med baggrundsviden om mulighederne for klimaomstilling af fiskerierhvervet.

I projektet har Søfartsstyrelsen bedt DCE om at beregne CO₂-emissionsbesparelser og omkostninger ved brug af grønne brændstoffer i nybyggede fiskeskibe. Beregningerne er udført for et skift i brændstof fra fossilt baseret MDO/MGO (Marine Diesel Oil/Marine Gas Oil), der normalt bruges af fiskeskibe, til hhv. HVO (Hydro treated Vegetable Oil) - biodiesel og brug af grøn metanol i dual fuel-motorer for fem typiske typer af nybyggede fiskeskibe. Derudover beregnes også CO₂-emissionsbesparelser og omkostninger for omstilling i form af skift fra MDO/MGO til el-dieselhybriddrift for et mindre fiskefartøj, som er relevant i forhold til kystnært fiskeri. Et skifte til ren eldrift inden for fiskeri vurderes ikke som teknologisk muligt.

På baggrund af de beregnede CO₂-reduktioner og estimerede omkostninger beregnes der skyggepriser for CO₂-reduktion forbundet med de forskellige omstillingsalternativer. Alle fartøjstyper antages at have en levetid på 30 år, og skyggepriserne beregnes med udgangspunkt i investeringernes samlede nutidsværdi set over hele fartøjernes levetid, og de samlede diskonterede emissionsreduktioner opnået i samme periode. I forhold til beregningerne bemærkes det, at der er en asymmetri i timingen af gevinster og omkostninger, idet langt størstedelen af investeringsomkostningerne afholdes i omstillingsåret, hvorimod drivmiddeludgifter og emissionsreduktioner er fordelt ud over hele fartøjets levetid. Der gennemføres beregninger for tre forskellige omstillingstidspunkter (2020, 2025 og 2030) for at illustrere, i hvilken udstrækning skyggepriserne ændres, hvis tidspunktet for omstillingen udskydes.

I forhold til omstillingens potentielle bidrag til opfyldelse af 2030 målsætningen om en 70 % reduktion i den samlede udledning af drivhusgasser bemærkes det, at CO₂-reduktionerne angivet i tabel 2-tabel 4 er de samlede diskonterede reduktioner over hele fartøjernes levetid. De årlige reduktioner i 2030, som primært er relevante ift. vurdering af omstillingens potentielle bidrag til opfyldelse af 2030 målsætningen, udgør dermed kun en mindre del af de i tabellerne an-

givne reduktioner. Det skal dog bemærkes, at ved overgang til HVO eller metanol vil CO₂ udledningen være tæt på nul. Det vil således være muligt at fjerne stort set alle CO₂ udledninger fra fiskeriet i 2030.

De fem basisfartøjer, der indgår i analysen, er illustrative eksempler på typiske fiskerfartøjer i fiskeflåden. De er således ikke dækkende for alle segmenter af fiskeriet. De fem fartøjstyper er udvalgt som nogle af de mest almindelige fartøjstyper i forskellige størrelsesklasser. Det er sket med udgangspunkt i data fra Danmarks Statistik over det samlede antal fiskefartøjer i Danmark i 2019. Nøgletal for de fem basisfartøjer fremgår af tabel 1.

Tabel 1. Fartøjstype, fartøjslængde, gennemsnitlig motorstørrelse og tonnage (Danmarks Statistik, 2020), timer til havs (Herlev, 2020), motorbelastning (Amdisen, 2020) og motorspecifikke energiforbrug (Cowi Tromsø, 2020) for undersøgelsens fem basisfartøjer

Fartøjstype	Fartøjslængde	kW/fartøj BBT/fartøj		Timer til havs Timer/år	Motorlast %	Spec. motor- energiforbrug g/kWh	Dieselforbrug kg/år liter/år	
Fartøj 1 Garn- / krogefartøj	10-11,9 meter	108	13	919	50	231	11457	13639
Fartøj 2 Trawler	12-17,9 meter	192	31	1751	70	231	54384	64743
Fartøj 3 Trawler	18-23,9 meter	290	110	3433	70	231	161243	191956
Fartøj 4 Trawler	24-39,9 meter	734	351	5771	60	231	586938	698735
Fartøj 5 Trawler	50 meter	2920	1200	3867	50	231	1304094	1552493

Beregningen af brændstofforbrug og CO₂-emissioner for MDO/MGO og omstilling til hhv. brug af HVO-brændstof, metanol dual fuel-motorer og el-dieselhybridfartøjer forklares detaljeret i afsnit 4.

CO₂-emissionsfaktorerne for grøn metanol og HVO-biodiesel sættes til nul i denne analyse, hvilket betyder, at der ikke beregnes CO₂-emissioner for disse to brændstoffer. Dette beregningsprincip er i overensstemmelse med FN Klimakonventionens retningslinjer for beregning af drivhusgasser, hvor CO₂-emissionerne skabt ved forbrænding af grønne brændstoffer definitionsmæssigt skal regnes som nul i de nationale emissionsopgørelser.

Af hensyn til sammenlignelighed med Transport- og Boligministeriets færgeanalyse (2020) benyttes Færgeanalysens CO₂-emissionsfaktorer for elproduktion i denne analyse¹.

Omkostningsberegningerne omfatter investeringsomkostninger, udgifter til udskiftning af motorer og batterier i løbet af fartøjernes levetid, samt udgifter til drivmidler. For drivmidler og batterier anvendes samme priser som i Færgeanalysen.

Priser på nybyggede basisfartøjer, samt fartøjerne i el-dieselhybrid-casen, og priser på udskiftning af motorer er som en del af projektet indsamlet fra skibsværfter og motorproducenter. Merprisen for nybyg af metanol dual fuel-fartøjer er fastlagt jf. antagelser i Færgeanalysen. Vedligeholdelsesomkostninger

¹ Dette valg er ikke i overensstemmelse med retningslinjerne for afrapportering af de nationale emissionsopgørelser til FN's Klimakonvention, hvor CO₂-emissionen for elproduktion skal henregnes til kraftvarme-værker (stationære kilder). CO₂-emissioner for eldrevne mobile kilder vil med andre ord ikke optræde som en del af de samlede totaler for mobile kilder i de nationale opgørelser.

og eventuel scrap-værdi af fartøjerne inddrages ikke i analysen, idet de antages at være ens for de dieseldrevne basisfartøjer og de grønne alternativer. Afledte effekter, herunder ændringer i NO_x -, SO_2 - og partikel-emissioner, inddrages ikke i analysen, hvilket medfører en overvurdering af de samfundsøkonomiske skyggepriser i analysen. Der tages heller ikke hensyn til eventuelle infrastrukturrelaterede omkostninger hvad angår distribution af drivmidler og etablering af elopladningsfaciliteter i havnene.

De i analysen beregnede emissionsændringer, nutidsværdier og skyggepriser fremgår af tabel 2 (HVO), tabel 3 (metanol dual fuel) og tabel 4 (el-dieselhybrid).

I alle tilfælde falder skyggepriserne i takt med at omstillingstidspunktet udskydes. For el-dieselhybrid-casen kan faldet tilskrives en forventet reduktion i investeringsomkostninger. For HVO og metanol dual fuel-scenarierne kan faldet derimod tilskrives forventede fald i priserne på hhv. HVO-biodiesel og grøn metanol i perioden 2020-2030. I alle tilfælde, på nær el-dieselhybrid-casen med omstilling i 2030, er skyggeprisen positiv, hvilket betyder, at omstillingsalternativerne ikke er rentable i sig selv, og at der dermed er en samfundsøkonomisk omkostning forbundet med implementering af de forskellige omstillingsalternativer. Som reference i forhold til niveauet af de beregnede skyggepriser, kan Klimarådets vurdering vedr. reduktionsomkostningerne forbundet med at opnå 70 % målsætningen anvendes. Klimarådet vurderer det usandsynligt, at reduktionsomkostningerne kan holdes under 1.000-1.500 kr./ton CO_2 for alle nye tiltag, hvis målet skal nås.

For HVO-scenariet er CO_2 -skyggepriserne for de forskellige omstillingsår ens på tværs af fartøjstyperne (tabel 2). Det skyldes, at både CO_2 -reduktion og omkostninger udelukkende er en funktion af brændstofforbruget. For metanol dual fuel-scenarierne (tabel 3) er skyggeprisen noget højere for Fartøj 1 end for de større fartøjer, men ellers er variationen begrænset, hvilket indikerer, at der for fartøjer med en længde på 12 m og derover ikke kan forventes nogen betydelig skalaeffekt i reduktionsomkostningerne. Dette indikerer, at det set fra et rent økonomisk synspunkt ikke har den store betydning, hvilken fartøjstype en eventuel omstilling målrettes imod. Fartøjstypen har dog stor betydning i forhold til reduktionspotentialet, idet fartøjer med en længde på 24 m og derover (svarende til Fartøj 4 og Fartøj 5 i analysen) står for omkring 75 % af de samlede emissioner fra den danske fiskefartøjsflåde. Omvendt står de helt små fartøjer på 12 m og derunder for mindre end 2 % af emissionerne.

Hvis omstillingen ønskes initieret hurtigt, er el-dieselhybrid-alternativet ikke relevant, idet skyggeprisen er meget høj, om end faldende, for en omstilling i både 2020 og 2025. Hvis omstillingen udskydes til 2030, vil en omstilling til el-dieselhybrid være attraktiv, idet omstillingen på det tidspunkt forventes at ville kunne finansiere sig selv. Det er dog væsentligt at bemærke, at denne omstillingsmulighed kun er relevant for de helt små fartøjer, som står for en meget begrænset del af de samlede CO_2 -udledninger fra danske fiskefartøjer. Det overordnede reduktionspotentiale forbundet med omstilling til elhybrid-drift er derfor begrænset.

På nær for Fartøj 1 med omstillingsår 2020 er skyggeprisen for omstilling til metanol dual fuel i alle tilfælde lavere end skyggeprisen for HVO-biodiesel, hvilket indikerer, at metanol dual fuel er at foretrække set fra et samfundsøkonomisk synspunkt. En væsentlig fordel ved HVO, som ikke umiddelbart afspejles i analysens resultater, er dog, at omstillingen principielt kan ske fra

dag til dag, idet den umiddelbart kan implementeres i eksisterende fartøjer. I modsætning hertil er nybyg – eller omfattende teknisk modifikation af eksisterende fartøjer – en forudsætning for implementering af metanol dual fuel løsningen.

Tabel 2. Skyggepriser for CO₂-reduktioner ved grøn omstilling af fiskefartøjer, HVO (2020 priser, markedspriser).

Omstillingsår		2020	2025	2030
Fartøj 1 (10-11,9 m)	Nutidsværdi (1.000 kr.)	-1,723	-1,235	-955
	CO ₂ reduktion (ton CO ₂)	651	535	441
	Skyggepris (kr./ton CO₂)	2,646	2,307	2,168
Fartøj 2 (12-17,9 m)	Nutidsværdi (1.000 kr.)	-8,179	-5,860	-4,535
	CO ₂ reduktion (ton CO ₂)	3,090	2,540	2,092
	Skyggepris (kr./ton CO₂)	2,646	2,307	2,168
Fartøj 3 (18-23,9 m)	Nutidsværdi (1.000 kr.)	-24,249	-17,375	-13,447
	CO ₂ reduktion (ton CO ₂)	9,163	7,531	6,201
	Skyggepris (kr./ton CO₂)	2,646	2,307	2,168
Fartøj 4 (24-39,9 m)	Nutidsværdi (1.000 kr.)	-88,267	-63,246	-48,947
	CO ₂ reduktion (ton CO ₂)	33,353	27,413	22,573
	Skyggepris (kr./ton CO₂)	2,646	2,307	2,168
Fartøj 5 (50 m)	Nutidsværdi (1.000 kr.)	-196,117	-140,524	-108,753
	CO ₂ reduktion (ton CO ₂)	74,105	60,909	50,154
	Skyggepris (kr./ton CO₂)	2,646	2,307	2,168

Tabel 3. Skyggepriser for CO₂-reduktioner ved grøn omstilling af fiskefartøjer, metanol dual fuel (2020 priser, markedspriser).

Omstillingsår		2020	2025	2030
Fartøj 1 (10-11,9 m)	Nutidsværdi (1.000 kr.)	-1,680	-1,044	-746
	CO ₂ reduktion (ton CO ₂)	580	477	393
	Skyggepris (kr./ton CO₂)	2,897	2,190	1,899
Fartøj 2 (12-17,9 m)	Nutidsværdi (1.000 kr.)	-6,548	-3,782	-2,409
	CO ₂ reduktion (ton CO ₂)	2,753	2,263	1,863
	Skyggepris (kr./ton CO₂)	2,379	1,671	1,293
Fartøj 3 (18-23,9 m)	Nutidsværdi (1.000 kr.)	-18,120	-10,149	-6,758
	CO ₂ reduktion (ton CO ₂)	8,162	6,709	5,524
	Skyggepris (kr./ton CO₂)	2,220	1,513	1,223
Fartøj 4 (24-39,9 m)	Nutidsværdi (1.000 kr.)	-65,129	-36,261	-24,041
	CO ₂ reduktion (ton CO ₂)	29,712	24,421	20,109
	Skyggepris (kr./ton CO₂)	2,192	1,485	1,196
Fartøj 5 (50 m)	Nutidsværdi (1.000 kr.)	-147,159	-82,582	-55,071
	CO ₂ reduktion (ton CO ₂)	66,015	54,260	44,679
	Skyggepris (kr./ton CO₂)	2,229	1,522	1,233

Tabel 4. Skyggepriser for CO₂-reduktioner ved grøn omstilling af fiskefartøjer, el-diesel-hybrid (2020 priser, markedspriser).

Omstillingsår	2020	2025	2030
Nutidsværdi (1.000 kr.)	-2,387,621	-946,524	57,822
CO ₂ reduktion (ton CO ₂)	93	79	65
Skyggepris (kr./ton CO₂)	25,669	12,026	-887

2 Indledning

CO₂-emissionerne fra fiskeskibe er direkte proportional med fiskeskibenes dieselforbrug, og i 2018 udledte fiskefartøjerne i Danmark 275,3 ktons CO₂ svarende til 0,7 % af Danmarks samlede CO₂ emission (Nielsen et al., 2018). Udviklingen i energiforbruget og CO₂-emissionerne fra fiskeri afspejler generelt set sammensætningen af fiskefartøjsflåden og hvor meget fiskeskibene benyttes, og fra 1990 til 2018 er CO₂-emissionerne fra fiskeskibe faldet med 57 %.

Selvom om CO₂ udslippet fra fiskeri er lille set i forhold til Danmarks samlede CO₂ udslip og emissionerne fra fiskeri har været faldende siden 1990, er det alligevel vigtigt at undersøge mulighederne for at nedbringe emissionerne fra fiskeskibe i fremtiden, særligt set i lyset af Danmarks nationale målsætning om at reducere de samlede drivhusgasemissioner med 70 % i 2030 regnet i forhold til året 1990.

DCE (Nationalt Center for Miljø og Energi under Aarhus Universitet) udfører på vegne af Søfartsstyrelsen projektet "Klimaomstilling af Fiskerierhvervet" til belysning af brug af grønne brændstoffer i fiskeskibe, opnåede CO₂-emissionsbesparelser, de relaterede økonomiske omkostninger og CO₂-skyggepriser af forskellige klimaomstillingsscenerier.

I projektet har Søfartsstyrelsen bedt DCE om at beregne CO₂-emissionsbesparelser og omkostninger ved brug af grønne brændstoffer i nybyggede fiskeskibe. Beregningerne er udført for et skift i brændstof fra fossilt baseret MDO/MGO (Marine Diesel Oil/Marine Gas Oil), der normalt bruges af fiskeskibe, til hhv. HVO (Hydro treated Vegetable Oil) - biodiesel og brug af grøn metanol i dual fuel-motorer for fem typiske typer af nybyggede fiskeskibe i 2020, 2025 og 2030.

Derudover er CO₂-emissionsbesparelser og økonomiske omkostninger og herudfra CO₂-skyggepriser beregnet for et mindre nybygget el-dieselhybrid-fiskefartøj brugt til kystnært fiskeri, set i forhold til et nybygget dieseldrevet fiskeskib, som hybridfartøjet umiddelbart kan erstatte.

I projektet har DCE illustrativt opstillet fem typiske fartøjsstørrelser med udgangspunkt i den danske bestand af fiskefartøjer opgjort af Danmarks Statistik, og udvalgt efter mest forekommende fartøjstype inden for fartøjsstørrelsen.

For disse fartøjsstørrelser er oplysninger om bl.a. gennemsnitlig antal timer til havs samt motorernes specifikke dieselforbrug og gennemsnitlig motorbelastning indhentet fra relevante kilder og fagpersoner i projektet. Derudover er der for fartøjerne indsamlet priser på f.eks. nybygninger og skibsmotorer, merpris for metanol dual fuel-motorer i projektet. Undersøgelsen benytter derudover data for f.eks. brændstofpriser og batteripriser indsamlet fra en sideløbende undersøgelse for ø- og genvejsfærgers omstilling til grønne drivmidler ("Færgeanalysen") iværksat af Transport- og Boligministeriet (Transportministeriet, 2020).

Analysen inddrager ikke retrofit af metanol dual fuel-motorer i de eksisterende fiskefartøjer. Dette valg er bl.a. gjort af hensyn til det krav om plads, der vil være ombord på fiskeskibet til brændstoftank i dobbeltstørrelse (pga.

metanols lave energitæthed) og ekstra brændstoftank til den diesel der benyttes som pilotbrændstof i dual fuel-motoren for at kunne antænde metanolbrændstoffet i motoren. Den optagne plads vil reducere fiskeskibets fangstkapacitet på den enkelte fangstrejse, og vil sammen med investeringsomkostningerne for ombygning/udskiftning af motoren til metanol dual fuel-brug give en voldsom belastning af den samlede økonomi for det enkelte fiskeskib.

Brændselsceller på metanol og brint samt ammoniak som brændstof i forbrændingsmotorer nævnes også som mulige grønne brændstoffer til skibe. Som bl.a. Færgeanalysen nævner, vurderes det dog til at vare nogle år, før disse teknologier er tilstrækkeligt modnede til at blive taget i brug i større skala inden for det maritime område. Tidshorizonten for teknologiernes udbredelse samt problemerne med at indhente data for disse teknologier til beregning af emissioner og omkostninger gør, at disse teknologier ikke medtages i dette projekt.

3 Undersøgelsens basisfartøjer

Undersøgelsens basisfartøjer er opstillet ved hjælp af data fra Danmarks Statistik over det samlede antal fiskefartøjer i Danmark i 2019, og samlet installeret motoreffekt og beregnet bruttoton (BBT), grupperet efter fartøjstype, længdeklasser og BBT klasser (Danmarks Statistik, 2020). Ud fra data er fiskefartøjsflåden inddelt i fem længdeklasse/BBT klasse-grupper, og herefter er den type fiskefartøj, der er flest af, udvalgt som illustrativt basisfartøj inden for hver længdeklasse.

For hver af de fem basisfartøjer er den gennemsnitlige motoreffekt og gennemsnitlige BBT beregnet ud fra 1) antallet af fartøjer af fartøjstypen inden for længdeklasse/BBT gruppen, og 2) summen af installeret motoreffekt og BBT inden for gruppen, der kan trækkes ud af statistikken.

De fem basisfartøjer er vist i Tabel 5, hvor fartøjstype, fartøjslængde, gennemsnitlig motorstørrelse og tonnage, samt timer til havs, motorbelastning og motorspecifikke energiforbrug for fartøjerne fremgår.

Tabel 5. Fartøjstype, fartøjslængde, gennemsnitlig motorstørrelse og tonnage, timer til havs, motorbelastning og motorspecifikke energiforbrug for undersøgelsens fem basisfartøjer.

Fartøjstype	Fartøjslængde	Gnsn. Motor-		Timer til havs Timer/år	Motorlast %	Spec. Motor-		
		størrelse kW/fartøj	Gnsn. tonnage BBT/fartøj			energiforbrug g/kWh	MJ/kWh	
Fartøj 1	Garn- / krogefartøj	10-11,9 meter	108	13	919	50	231	9,86
Fartøj 2	Trawler	12-17,9 meter	192	31	1751	70	231	9,86
Fartøj 3	Trawler	18-23,9 meter	290	110	3433	70	231	9,86
Fartøj 4	Trawler	24-39,9 meter	734	351	5771	60	231	9,86
Fartøj 5	Trawler	50 meter	2920	1200	3867	50	231	9,86

For de fem fartøjer er procentvis motorbelastning indhentet fra Hanstholm Fiskeriforening (Amdisen, 2020). Det specifikke dieselforbrug (g/kWh) er oplyst af COWI Tromsø (2020), og herefter omregnet til MJ/kWh ved brug af brændværdien for MDO/MGO vist i Tabel 7.

For de fem udvalgte fartøjstyper er det gennemsnitlige antal timer til havs i 2019 (tabel 5) beregnet ud fra logbogdata for alle indberettede fangstrejser i 2019 tilsendt af Fiskeristyrelsen (Hernov 2020). De leverede logbogdata indeholder fartøjstid, skibslængde (meter), installeret motoreffekt (kW) og antal timer til havs, for hver enkelt fangstrejse i året.

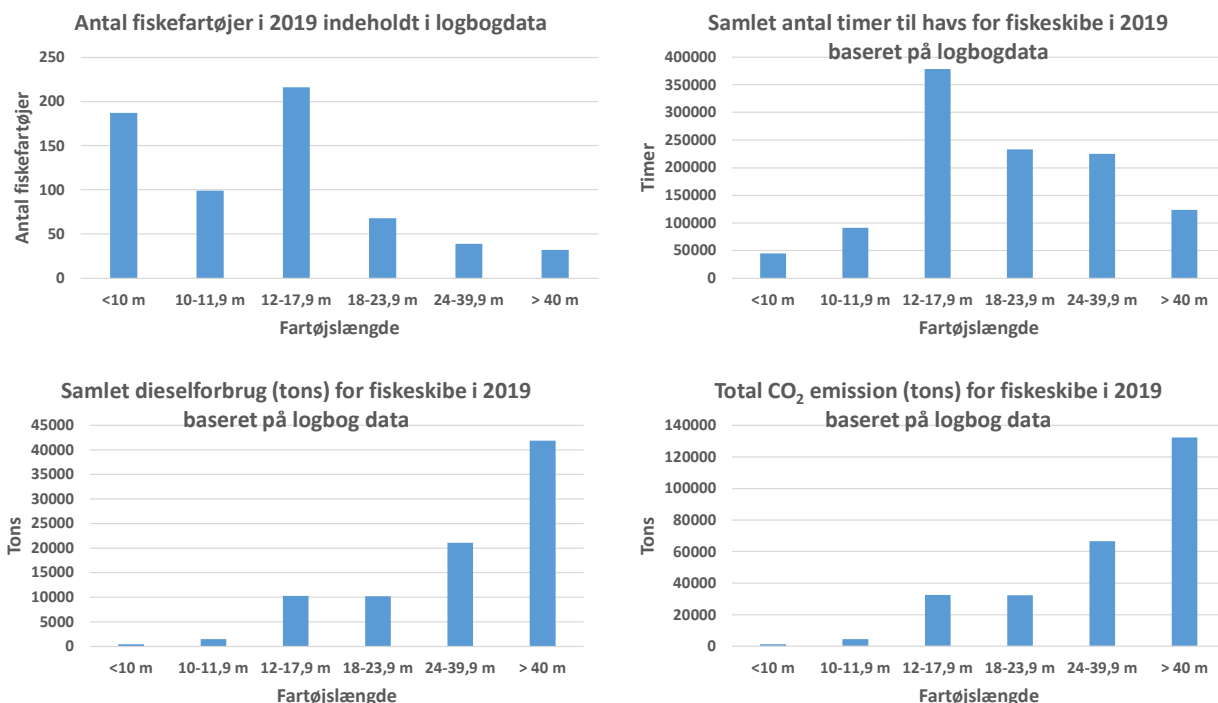
I Fiskeristyrelsens logbogdata er samtlige fangstrejser gjort med danske fiskeskibe fra og med 12 meters længde registreret elektronisk, idet disse fartøjer lovgivningsmæssigt skal være udstyret med VMS (Vessel Monitoring System) til registrering af bl.a., hvor fartøjet fisker, og hvor stor en fangst der landes. For fartøjer < 12 meter er der ikke et lovkrav om VMS, men et nærmere data-tjek viser, at alle fiskefartøjer mellem 10-12 meters længde har udfyldt logbøger på papir, idet antallet af fiskeskibe i logbogdata stemmer overens med antallet af fiskeskibe i Danmarks Statistiks bestand. Logbog dataer altså kun ufuldstændige for fartøjer med længder < 10 meter, som ikke er medtaget i denne analyse.

Logbogdata er også brugt som input til en skønsmæssig beregning af, hvor meget fiskefartøjerne inden for hver enkelt længdeklasse bidrager med til det samlede energiforbrug for danske fiskefartøjer.

Dieselforbruget for hver enkelt fangstretje i logbogdata er beregnet som produktet af installeret motoreffekt (kW) og antal timer til havs hentet fra logbogdata, samt det specifikke dieselforbrug (g/kWh) og gennemsnitlig motorbelastning (%) vist i Tabel 5. De beregnede dieselforbrug og antal timer til havs er herefter opsummeret pr. længdeklasse for 2019. Resultaterne er vist i Figur 1.

Der er en meget fin overensstemmelse mellem det samlede beregnede dieselforbrug på 85.300 tons diesel baseret på fiskefartøjernes aktivitetsdata fra logbøgerne, og dieselforbruget på 87.100 tons, der bruges som input til emissionsberegningerne for fiskeri i de endnu ikke offentliggjorte nationale emissionsopgørelser for 2019, der afrapporteres i starten af 2021. Brændstofforbrugsresultaterne er derfor en god indikator for størrelsen af det totale brændstofforbrug for de enkelte størrelsesklasser af fiskeskibe, og hvor de største drivhusgasbesparelser kan opnås ved skift til grønne brændstoffer.

Dieselforbruget for fiskefartøjer < 10 meter udgør 0,5 % af det samlede dieselforbrug for alle fiskefartøjer (afledt af Figur 1). Hvis dieselforbruget for disse fartøjer opjusteres med forholdet mellem antal fiskeskibe i Danmarks Statistik data (1616 fiskeskibe) og logbogdata (187 fiskeskibe) i denne længdeklasse vil den opjusterede forbrugsandel for fartøjer < 10 meter udgøre 4 % af det samlede dieselforbrug. Fartøjsklassens opjusterede forbrugsandel er stadig meget lav, og det er altså kun et lille forbrugssegment, der udelades ved ikke at medtage fiskefartøjer < 10 meter i denne analyse.



Figur 1. Antal fiskefartøjer, samlet antal timer til havs, samlet dieselforbrug og total CO₂-emission for fiskeskibe pr. fartøjslængde i 2019 beregnet ud fra Fiskeristyrelsens logbogdata.

Som det fremgår af figur 1 udleder de største fiskefartøjer (> 40 m), svarende til Fartøj 5 i denne analyse, ca. 49 % af den samlede CO₂-udledning, selvom de kun udgør 5 % af fartøjsbestanden indeholdt i logbogdata. Tilsvarende udleder fartøjer <10 m kun 0,5 % af den samlede CO₂-udledning til trods for at de udgør omkring 29 % af fartøjsbestanden i logbogdata.

For de resterende fartøjer opdelt i længdeklasser er fordelingen som følger: Fartøjer i længdeklassen 10-11,9 m (Fartøj 1) udgør 15 % af fartøjsbestanden og står for 1,7 % af emissionerne, fartøjer i længdeklassen 12-17,9 m (Fartøj 2) udgør 34 % af fartøjsbestanden og står for 12 % af emissionerne, fartøjer i længdeklassen 18-23,9 m (Fartøj 3) udgør 11 % af fartøjsbestanden og står for 12 % af emissionerne, og fartøjer i længdeklassen 24-39,9 m (Fartøj 4) udgør 6 % af fartøjsbestanden og står for 25 % af emissionerne.

El-dieselhybrid-fiskeskibet

Data for effekt- og dieselforbrug for et mindre el-dieselhybridfiskeskib og det dieseldrevne fiskeskib, der sammenlignes med i el-scenariet, er indhentet fra det norske skibsværft Selfa Arctic (Ianssen, 2020).

Til brug for de efterfølgende emissionsberegninger er der i dialog med Selfa Arctic antaget en typisk fiskedag på 7 timer. Fiskedagen består af 1 times transport til fiskepladsen og retur, hvor dieselmotoren bruges (2 timer i alt), og 5 timers fiskeri hvor kun batteriet (batteristørrelse: 53,2 kWh) bruges. Det nødvendige effektforbrug ved transport og fiskeri angiver Selfa Arctic til at være hhv. 80 og 10 kW. Antal timer, specifikt dieselforbrug (g/kWh) og beregnet dieselforbrug (kg og liter) er vist i Tabel 6 for hver delaktivitet af fisketuren.

Antallet af fiskedage pr. år for el-diesel hybrid-fartøjet er beregnet ud fra det samlede antal timer til havs (Tabel 5, fartøjslængde 10-11,9 m) divideret med 7 timer pr. dag ($919/7 = 131$ fiskedage/år).

Tabel 6. Antal timer, specifikt dieselforbrug (g/kWh) og beregnet dieselforbrug (kg og liter) for hver delaktivitet af en typisk fisketur for el-dieselhybrid og dieseldrevet fiskeskib i el-scenariet.

Aktivitet	Brændstoff- type	Timer/dag Timer	Effekt, output kW	I alt effekt,	Spec. motor-	Dieselforbrug	
				output kWh	energiforbrug g/kWh	kg	Liter
El-dieselhybrid							
Transport ud	Diesel	1	80	80	227	18,1	21,6
Transport tilbage	Diesel	1	80	80	227	18,1	21,6
Fiskeri	El	5	10	50			
Dieselfartøj							
Transport ud	Diesel	1	80	80	227	18,1	21,6
Transport tilbage	Diesel	1	80	80	227	18,1	21,6
Fiskeri	Diesel	5	10	50	263 ²	13,1	15,6

² Det specifikke brændstofforbrug er højere for den direkte fiskeaktivitet end for fiskefartøjets transport ud til fiskepladsen og tilbage pga. det mindre kraftbehov og dermed lavere motorbelastning under selve fiskeaktiviteten set i forhold til transport.

4 Emissioner

De benyttede brændværdier, massefylder og CO₂-emissionsfaktorer for MDO/MGO, HVO-biodiesel, grøn metanol og den metanol-diesel brændstofblanding, dual fuel-motoren anvender, er vist i Tabel 7. Dual fuel-motoren antages at bruge 95 % metanol og 5 % diesel³ på volumenbasis (Karlsson, 2020).

For MDO/MGO benyttes data fra de nationale emissionsopgørelser (Nielsen et al., 2020) For HVO-biodiesel og metanol bruges data fra hhv. Dansk Gas-teknisk Center (www.gasbiler.info) og Q8 ([biodiesel HVO1000 \(q8.dk\)](http://biodiesel HVO1000 (q8.dk))).

Tabel 7. Brændværdier, massefylder og CO₂-emissionsfaktorer for MDO/MGO, HVO-biodiesel, grøn metanol og den metanol-diesel brændstofblanding dual fuel-motoren anvender.

Brændstoftype	Nedre brændværdi		Massefylde kg/liter	CO ₂ -emissionsfaktorer		
	MJ/kg	MJ/liter		gCO ₂ /MJ	kgCO ₂ /kg	kgCO ₂ /liter
MDO/MGO	42,7	35,9	0,84	74	3,16	2,65
Biodiesel, HVO	43,6	34,0	0,78	0	0	0
Grøn metanol	19,5	15,4	0,79	0	0	0
Metanol-5% vol. diesel (dual fuel)	20,730	16,4	0,793	0,0081	0,17	0,133

Som i Færgeanalysen sættes CO₂-emissionsfaktorerne for grøn metanol og HVO-biodiesel til nul i denne analyse, hvilket betyder, at der ikke beregnes CO₂-emissioner for disse to brændstoffer. Dette beregningsprincip er i overensstemmelse med FN Klimakonventionens retningslinjer for beregning af drivhusgasser, hvor CO₂-emissionerne skabt ved forbrænding af grønne brændstoffer definitions-mæssigt skal regnes som nul i de nationale emissionsopgørelser.

For elproduktion benyttes Færgeanalysens CO₂-emissionsfaktorer. Emissionsfaktorerne aftager lineært fra 0,123 g/kWh i 2020 til 12 g/kWh i 2040 og holdes derefter konstant for årene videre frem. Dette valg er ikke i overensstemmelse med retningslinjerne for afrapportering af de nationale emissionsopgørelser til FN's Klimakonvention, hvor CO₂-emissionen for elproduktion skal henregnes til kraftvarme-værker (stationære kilder). CO₂-emissioner for eldrevne mobile kilder vil med andre ord ikke optræde som en del af de samlede totaler for mobile kilder i de nationale opgørelser.

I emissionsberegningerne i denne analyse antages en levetid på 30 år for fiskefartøjerne, og de samlede emissioner for hele fartøjets levetid opsummeres for nybyggede fartøjer i årene 2020, 2025 og 2030.

De samlede emissioner er input til beregningerne af de økonomiske omkostninger og CO₂-skyggepriser i afsnit 5.

4.1 Emissioner ved brug af MDO/MGO

Forbruget af MDO/MGO beregnes som produktet af installeret motoreffekt (kW) og antal timer til havs, gennemsnitlig motorbelastning (%) og specifikt

³ Dette kan også være HVO, hvorved CO₂ udledningen ville være nul.

dieselforbrug (g/kWh) vist i Tabel 5. Det specifikke dieselforbrug holdes konstant for alle tre nybygningsår. Dieselforbruget omregnes fra g til MJ og fra g til liter ved brug af hhv. MDO/MGO's nedre brændværdi og massefylde vist i Tabel 7.

CO₂-emissionen beregnes som produktet af brændstofforbruget (kg, Tabel 8) og CO₂-emissionsfaktoren (g/kg, Tabel 7). Den beregnede CO₂-emission pr. år er den samme for hvert år i fartøjets levetid, og CO₂-emissionen er vist i Tabel 8 både pr. år og opsummeret for hele fartøjets levetid for de nyindkøbte fiskefartøjer i årene 2020, 2025 og 2030.

Tabel 8. Specifik energiforbrug (MJ/kWh) og total brændstofforbrug (kg og liter) pr. år for MDO/MGO, samt CO₂-emission pr. år og opsummeret for hele fartøjets levetid for nyindkøbte fiskefartøjer i årene 2020, 2025 og 2030 (tons).

	Spec. motor- energiforbrug		Total brændstofforbrug		Total CO ₂ -emission (tons)		
	MJ/kWh	Kg	liter	Emis- sion/år	Nyt fartøj 2020 (2020-2049)	Nyt fartøj 2025 (2025-2054)	Nyt fartøj 2030 (2030-2059)
	2020	2020	2020				
Fartøj 1 (10-11,9 m)	9,86	11.457	13.639	36	1.086	1.086	1.086
Fartøj 2 (12-17,9 m)	9,86	54.384	64.743	172	5.155	5.155	5.155
Fartøj 3 (18-23,9 m)	9,86	161.243	191.956	509	15.285	15.285	15.285
Fartøj 4 (24-39,9 m)	9,86	586.938	698.735	1.855	55.638	55.638	55.638
Fartøj 5 (50 m)	9,86	1.304.094	1.552.493	4.121	123.620	123.620	123.620

4.2 Emissioner ved brug af HVO-biodiesel

Forbruget af HVO beregnes som produktet af installeret motoreffekt (kW) og antal timer til havs, gennemsnitlig motorbelastning (%) og specifik energiforbrug (MJ/kWh), og herefter divideret med den nedre brændværdi for HVO vist i Tabel 7.

Det specifikke dieselforbrug i MJ/kWh er ens uanset om dieselmotoren bruger fossil diesel eller HVO (Teknologisk Institut, 2020). Dieselforbruget omregnes fra g til liter ved brug af HVO's massefylde vist i Tabel 7.

Der beregnes ingen CO₂-emission fra HVO, da CO₂-emissionsfaktoren er sat til nul. Brændstofforbrug og emissioner for de forskellige fartøjer ved brug af HVO-biodiesel fremgår af tabel 9.

Tabel 9. Specifik energiforbrug (MJ/kWh) og total brændstofforbrug (kg og liter) pr. år for HVO, samt CO₂-emission pr. år og opsummeret for hele fartøjets levetid for nyindkøbte fiskefartøjer i årene 2020, 2025 og 2030 (tons).

	Spec. motor- energiforbrug		Total brændstofforbrug		Total CO ₂ -emission (tons)		
	MJ/kWh	kg/år	liter/år	Emis- sion/år	Nyt fartøj 2020 (2020-2049)	Nyt fartøj 2025 (2025-2054)	Nyt fartøj 2030 (2030-2059)
Fartøj 1 (10-11,9 m)	9,86	11223	14389	0	0	0	0
Fartøj 2 (12-17,9 m)	9,86	53274	68300	0	0	0	0
Fartøj 3 (18-23,9 m)	9,86	157952	202502	0	0	0	0
Fartøj 4 (24-39,9 m)	9,86	574957	737125	0	0	0	0
Fartøj 5 (50 m)	9,86	1277475	1637789	0	0	0	0

Ved brug af HVO forventes intet udslip af svovldioxid (SO₂), da svovlindholdet i HVO kan antages at være nul. Der forventes samtidigt noget lavere partikel (PM)-emission ved brug af HVO set i forhold til MDO/MGO, idet PM-emissionen ved forbrænding afhænger meget af brændstoffets svovlindhold, der som før nævnt for HVO kan antages at være nul. Der forventes kvælstofoxider (NO_x) fra HVO i omtrent samme størrelsesorden som fra MDO/MGO, da skibene skal være udstyret med SCR (Selective Catalytic Reduction) for at overholde IMO's Tier 3 krav, der indføres for nye skibsmotorer d. 1. januar 2021. Færgeanalysen forventer hhv. 10 % og 30 % lavere NO_x- og PM-emissioner fra HVO set i forhold til MDO/MGO.

De afledte gevinster af lavere SO₂-, NO_x- og PM-emissioner indgår ikke i de samfundsøkonomiske beregninger, hvorfor den samfundsøkonomiske gevinst ved et skifte fra brug af MDO/MGO til metanol dual fuel vil være større end det fremgår af beregningerne i denne analyse.

4.3 Emissioner ved brug af metanol dual fuel-motorer

Forbruget af metanol dual fuel-brændstoffblandingen, der på volumenbasis består af 95 % grøn metanol og 5 % MDO/MGO som pilotbrændstof, beregnes som produktet af installeret motoreffekt (kW) og antal timer til havs, gennemsnitlig motorbelastning (%) og specifik energiforbrug (MJ/kWh), og herefter divideret med den nedre brændværdi for dual fuel-brændstoffblandingen vist i Tabel 3.

Det specifikke energiforbrug i MJ/kWh er ens for den konventionelle dieselmotor og metanol dual fuel-motoren (Teknologisk Institut, 2020). Brændstofforbruget omregnes fra g til liter ved brug af dual fuel-brændstoffblandings massefylde vist i Tabel 7.

CO₂-emissionen beregnes som produktet af brændstofforbruget (kg, Tabel 8) og CO₂-emissionsfaktoren for metanol dual fuel-brændstoffblandingen (g/kg, Tabel 7). Den beregnede CO₂-emission pr. år er den samme for hvert år i fartøjets levetid, og CO₂-emissionen er vist i Tabel 10 både pr. år og opsummeret for hele fartøjets levetid for de nyindkøbte fiskefartøjer i årene 2020, 2025 og 2030.

Tabel 10. Specifik motorenergiforbrug (MJ/kWh) og total brændstofforbrug (kg og liter) pr. år for dual fuel-brændstoffblandingen, samt CO₂-emission pr. år og opsummeret for hele fartøjets levetid for nyindkøbte fiskefartøjer i årene 2020, 2025 og 2030. (tons)

	Spec. motor- energiforbrug MJ/kWh	Total brændstofforbrug		Emis- sion/år	Total CO ₂ -emission (tons)		
		kg/år	liter/år		Nyt fartøj 2020 (2020-2049)	Nyt fartøj 2025 (2025-2054)	Nyt fartøj 2030 (2030-2059)
Fartøj 1 (10-11,9 m)	9,86	23600	29779	4	119	119	119
Fartøj 2 (12-17,9 m)	9,86	112024	141355	19	563	563	563
Fartøj 3 (18-23,9 m)	9,86	332138	419102	56	1669	1669	1669
Fartøj 4 (24-39,9 m)	9,86	1209011	1525566	202	6074	6074	6074
Fartøj 5 (50 m)	9,86	2686256	3389597	450	13495	13495	13495

Der beregnes en CO₂-emissionsbesparelse på 89 % ved et skifte fra brug af ren MDO/MGO til metanol dual fuel-brug, baseret på 95 % grøn metanol og 5 % MDO/MGO som pilotbrændstof. Benyttes i stedet HVO som pilotbrændstof opnås en CO₂-emissionsbesparelse på 100 %.

SO₂-udslippet fra metanol dual fuel-motorer kommer udelukkende fra den MDO/MGO, der bruges som pilotbrændstof i forbrændingsprocessen, og dual fuel-motorens SO₂-emission vil derfor blot være omkring 5 % af SO₂-emissionen fra den konventionelle dieselmotor, der bruger MDO/MGO. Der forventes også meget lave PM-emissioner med emissionsreduktioner på 90 % eller mere (Karlsson, 2020).

Der forventes 60 % lavere NO_x-emissioner fra metanol dual fuel-motorer sammenlignet med motorer, der bruger MDO/MGO (Salonen, 2016; Stojcevski, 2017). For nye motorer, der skal opfylde IMO's Tier 3 krav pr. 1. januar 2021, forventes NO_x-emissionerne ved brug metanol dual fuel og MDO/MGO at ligge på samme niveau (Karlsson, 2020).

De afledte gevinster af lavere SO₂-, NO_x- og PM-emissioner indgår ikke i de samfundsøkonomiske beregninger, hvorfor den samfundsøkonomiske gevinst ved et skifte fra brug af MDO/MGO til metanol dual fuel vil være større end det fremgår af beregningerne i denne analyse.

4.4 Emissioner ved brug af el-dieselhybrid

El-dieselhybrid-fartøjets forbrug af MDO/MGO for en fisketur og den heraf afledte CO₂-emission beregnes som forklaret i afsnit 4.1. Resultater pr. år opnås ved at gange dieselforbruget og emissionerne pr. dag med antallet af fiskedage på et år (131 fiskedage). De beregnede brændstofforbrug, elforbrug og emissioner fremgår af tabel 11.

El-dieselhybrid-fartøjets i alt kWh output effekt for en fisketur (50 kWh) er vist i Tabel 6. CO₂-emissionen beregnes som produktet af CO₂-emissionsfaktoren (g/kWh) og fartøjets i alt kWh output effekt, opjusteret for et samlet tab i batteri og elmotor på 10 %. Resultater pr. år opnås ved at gange dieselforbruget og emissionerne pr. dag med antallet af fiskedage på et år (131 fiskedage).

Tabel 11. Specifik energiforbrug (MJ/kWh), total brændstofforbrug (kg og liter) og elforbrug (kWh) pr. år for el-dieselhybrid-fartøjets forbrug af MDO/MGO og el, samt CO₂-emission pr. år og opsummeret for hele fartøjets levetid for nyindkøbte fiskefartøjer i årene 2020, 2025 og 2030 (tons).

	Spec. motor- energiforbrug MJ/kWh	Total brændstof- forbrug		Elforbrug kWh/år	Total CO ₂ -emission (tons)			
		kg/år	liter/år		Emis- sion/år	Nyt fartøj 2020	Nyt fartøj 2025	Nyt fartøj 2030
						(2020-2049)	(2025-2054)	(2030-2059)
MDO/MGO	9,68	4.764	5.672	15	452	452	452	
EI				7.294	6,3	3,2	2,6	
I alt		4.764	5.672	7.294	458	455	454	

Forbruget af MDO/MGO for en fisketur og den heraf afledte CO₂-emission for dieselfartøjet der sammenlignes med el-dieselhybrid-fiskefartøjet, beregnes som forklaret i afsnit 4.1. Resultater pr. år opnås ved at gange dieselforbruget og emissionerne pr. dag med antallet af fiskedage på et år (131 fiskedage).

Tabel 12. Specifik motorenergiforbrug (MJ/kWh) og total brændstofforbrug (kg og liter) pr. år for forbruget af MDO/MGO for dieselfartøjet der sammenlignes med el-dieselhybrid-fartøjet, samt CO₂-emission pr. år og opsummeret for hele fartøjets levetid for nyindkøbte fiskefartøjer i årene 2020, 2025 og 2030 (tons).

	Spec. motor- energiforbrug MJ/kWh	Total brændstofforbrug		Total CO ₂ -emission (tons)			
		kg/år	liter/år	Emission/år	Nyt fartøj 2020	Nyt fartøj 2025	Nyt fartøj 2030
					(2020-2049)	(2025-2054)	(2030-2059)
MDO/MGO	10,05	6488	7724	21	615	615	615

Der opnås en CO₂-emissionsbesparelse på 27 % over hele fartøjets levetid for nyindkøbte fiskefartøjer i årene 2020, 2025 og 2030 ved at skifte fra diesel til el-dieselhybrid-teknologi (afledt af resultaterne i Tabel 11 og 12). Benyttes HVO i stedet for MDO/MGO som brændstof ved dieseldrift opnås en CO₂-emissionsbesparelse på 100 %.

SO₂-, NO_x- og PM-emissionerne fra el-dieselhybrid-fiskeskibet skabes ved forbrændingen af den MDO/MGO hybridfartøjet bruger. I denne analyse eksempel bruger el-diesel hybrid-fartøjet 27 % mindre diesel end det sammenlignelige dieselfartøj, og emissionsbesparelserne ved at skifte fra diesel til el-dieselhybrid-teknologi bliver derfor også 27 %.

De afledte gevinster af lavere SO₂-, NO_x- og PM-emissioner indgår ikke i de samfundsøkonomiske beregninger, hvorfor den samfundsøkonomiske gevinst ved et skifte fra brug af MDO/MGO til metanol dual fuel vil være større, end det fremgår af beregningerne i denne analyse.

5 Økonomiske beregninger

I dette kapitel gennemgås først de økonomiske beregningsforudsætninger og antagelser, som ligger til grund for beregningerne, og dernæst præsenteres beregningerne for de i analysen definerede fartøjstyper.

5.1 Økonomiske beregningsforudsætninger

Hovedformålet med analysen er at beregne de samfundsøkonomiske skyggepriser på CO₂-reduktion forbundet med grøn omstilling af fiskefartøjer. Skyggepriserne angiver de samfundsøkonomiske omkostninger, der er forbundet med at opnå CO₂-reduktion ved implementering af et givent tiltag. En positiv skyggepris angiver, at der er en samfundsøkonomisk omkostning forbundet med at opnå CO₂-reduktionen. Omvendt betyder en negativ skyggepris, at en implementering af tiltaget er samfundsøkonomisk rentabelt i sig selv, dvs. uden hensyntagen til CO₂-reduktionen. Opnåelse af CO₂-reduktionen er i den situation derfor ikke forbundet med en samfundsøkonomisk omkostning. Den samfundsøkonomiske skyggepris beregnes som nutidsværdien af de samlede omkostninger opgjort i markedspriser forbundet med en given omstilling af et fartøj, divideret med den samlede diskonterede CO₂-reduktioner over fartøjets levetid (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, 2020). Skyggeprisen er således beregnet over de enkelte fartøjers samlede levetid.

Alle de omkostninger, der indgår i analysen er som udgangspunkt opgjort i faktorpriser, og forud for beregning af skyggepriserne omregnes de til velfærdøkonomiske priser ved hjælp af nettoafgiftsfaktoren. Nettoafgiftsfaktoren afspejler det gennemsnitlige skatte- og afgiftstryk i Danmark, og sættes jf. vejledning fra Finansministeriet til 1,28 i analysen (Finansministeriet, 2017). Alle omkostninger og nutidsværdier i afsnit 5.3-5.5 er opgjort i faktorpriser, som afspejler de udgifter de reelt skal afholdes i forbindelse med investering i og drift af fartøjerne. I afsnit 5.6 er nutidsværdierne omregnet til markedspriser, idet dette er det relevante prisniveau for beregning af samfundsøkonomiske skyggepriser. Opgjort i markedspriser afspejler de opgjorte nutidsværdier således den samfundsøkonomiske nytteværdi af omstillingsalternativerne.

Nutidsværdien af de betragtede investeringer i grønne fiskefartøjer beregnes med udgangspunkt i en samfundsøkonomisk diskonteringsrente på 4 % for perioden 2020-2055, faldende til 3% for perioden 2056-2059 (Finansministeriet, 2017). Den samfundsøkonomiske diskonteringsrente er en realrente, og alle priser i analysen er derfor opgjort i faste priser (2020 prisniveau). En negativ nutidsværdi betyder, at den givne omstilling – alt andet lige - ikke er rentabel i sig selv, og indikerer at omstillingen ikke vil ske af sig selv. Omvendt betyder en positiv nutidsværdi, at omstillingen giver anledning til et overskud – dvs. at gevinsterne overstiger omkostningerne.

Diesel anvendt som brændstof i fiskefartøjer er afgiftsfritaget, og det antages at denne afgiftsfritagelse også vil gælde fremadrettet, samt at den også vil gælde for alle de betragtede alternative drivmidler. Dette betyder, at der som udgangspunkt ikke vil være statsfinansielle omkostninger forbundet med omstillingen, og det er derfor ikke relevant at inkludere skatteforvridningstab i analysen. Det bemærkes dog, at der, hvis der indføres tilskudsordning for at

fremme den grønne omstilling, alt afhængig af ordningens finansiering, kan opstå et skatteforvridningstab og et tilbageløb, som bør inddrages i analysen.

Beregningerne omfatter udelukkende de direkte omkostninger forbundet med investering i fiskefartøjerne, samt de løbende udgifter til drivmidler. Infrastrukturelaterede omkostninger indgår dermed ikke i analysen, ligesom analysen heller ikke inddrager eventuelle arbejdsudbudseffekter. Værdien af afledte effekter i form af de reducerede NO_x -, SO_2 - og partikel-emissioner indgår ligeledes ikke i beregningerne. Idet omstillingen jf. kapitel 4 ud over reduktioner i CO_2 -emissioner også vil medføre reduktioner i udledningen af NO_x , SO_2 og partikler betyder den manglende indregning af værdien af disse emissionsændringer, at de beregnede skyggepriser alt andet lige overestimerer den samfundsøkonomiske omkostning forbundet med at reducere CO_2 -udledningen via grøn omstilling af fiskefartøjer.

5.2 Generelle antagelser

Analyserne fokuserer på investeringer i nybyggede fartøjer, og i alle analyser anlægges der en 30 årig tidshorizont, som antages at afspejle fartøjernes levetid. Det antages dermed implicit, at fartøjernes værdi efter 30 år er nul. Hvorvidt denne antagelse er rimelig kan diskuteres, idet det formentlig i mange tilfælde vil være muligt enten at sælge fartøjerne videre eller gennemføre re-investeringer, der kan forlænge fartøjets levetid. Det har imidlertid ikke været muligt at finde estimater for størrelsen af en eventuel scrap-værdi af fartøjerne efter 30 år. I forhold til analysens resultater, dvs. de beregnede skyggepriser, vurderes antagelsen imidlertid ikke at have nogen reel betydning, idet den eventuelle scrap-værdi vurderes at være af samme størrelsesorden for de dieseldrevne basisfartøjer og de nye grønne fartøjer. Scrap-værdien forventes således primært at være relateret til skrog og udstyr, som antages at være identisk for de 2, og den absolutte værdi har dermed ingen betydning for analysens resultater, idet det her er differencen mellem de to alternative fartøjer, der har betydning.

Der laves beregninger for 3 forskellige investeringstidspunkter; hhv. 2020, 2025 og 2030. Formålet hermed er at belyse, hvorvidt skyggepriserne afhænger af, hvornår den grønne omstilling foretages. Eksempler på faktorer, der kan medføre ændringer i skyggeprisen over tid, er ændringer i priserne på drivmidler og ændringer i priserne på nybygning af fartøjer, evt. som følge af teknologisk udvikling.

Beregningerne omfatter udelukkende de direkte omkostninger forbundet med investering i fiskefartøjerne, herunder også investering i nye motorer og batterier i løbet af skibets levetid, samt de løbende udgifter til drivmidler. Udgifter til løbende vedligehold indgår ikke i beregningerne, idet det antages, at disse er af samme størrelsesorden for de dieseldrevne basisfartøjer og de grønne alternativer. Rimeligheden af denne antagelse begrundes med at størstedelen af vedligeholdelsesomkostningerne for fiskefartøjer typisk vedrører skrog, fangst- og sikkerhedsudstyr, dvs. komponenter, som er identiske for basisfartøjerne og de grønne alternativer (Kristensen, 2020). Det bemærkes i øvrigt, at den samme antagelse vedr. vedligeholdelsesomkostninger er lagt til grund for Færgeanalysens beregninger.

Analyserne er baseret på, at brændstofeffektiviteten er den samme i de fremtidige fiskefartøjer som i de nuværende, og der tages ikke højde for eventuelle

ændringer i fartøjernes brændstofforbrug jf. eventuelle ændringer i fartøjernes vægt. Ligeledes har det ikke inden for rammerne af dette projekt været muligt at belyse, om omstillingen har betydning for fartøjernes lastvolumen, som en evt. følge af at pladskrav til motor og brændstoftank øges. Det antages således implicit, at omstillingen ikke har betydning i forhold til størrelsen af fartøjernes landinger⁴.

Priserne på drivmidler, og udviklingen i disse, spiller en central rolle i analysen, og de usikkerheder, der er forbundet med forudsigelser vedr. den fremtidige pris på drivmidler over så lange tidshorisonter, som der her analyseres på, medfører selvsagt, at resultaterne er forbundet med en betydelig grad af usikkerhed. Her er det valgt at anvende de samme priser på drivmidler som i Færgeanalysen for derved at sikre så høj grad af konsistens mellem de to analyser som muligt. Drivmiddelpriserne for 2020 og 2030 fremgår af tabel 13. I forhold til fremtidige prisudvikling, så antages prisen på MDO/MGO at forblive på det nuværende niveau frem til 2059, som er det sidste år i analyserne. Prisen på HVO-biodiesel forventes at falde til 8,30 kr./liter i 2030, hvorefter den vil være konstant. Prisen på grøn metanol antages ligeledes at falde frem mod 2030, hvor prisen vil være 2,80 kr./liter; herefter forventes prisen ikke at ændre sig yderligere. For el varierer prisen over hele perioden, men variationen er meget lille (mellem 0,50 og 0,54 kr./kWh), og viser ikke nogen entydig stigende eller faldende trend.

Tabel 13. Drivmiddelpriser anvendt i analyserne (2020 priser; faktorpriser).

	2020		2030	
	Kr./liter	Kr./kWh	Kr./liter	Kr./kWh
MDO/MGO ⁵	4,26	-	4,26	
HVO-diesel	11,74	-	8,30	
Grøn metanol	6,05	-	2,80	
El	-	0,51		0,52

5.3 HVO-biodiesel

Grøn omstilling i form af overgang fra marine diesel til HVO-diesel er lige til at implementere, idet der ikke er nogen krav til ændringer i motorspecifikationer. Energiindholdet i HVO-biodiesel er lidt lavere end i marine diesel, hvilket betyder, at der potentielt kunne være et lidt øget behov i forhold til brændstoftankens kapacitet, men forskellen er så relativt lille (omkring 5 %), at det i praksis ikke vurderes at have nogen betydning. Omstillingen kan derfor i praksis implementeres i eksisterende fiskefartøjer, og forudsætter dermed ikke investering i nye fartøjer. For sammenlignelighedens skyld beregnes omkostninger og skyggepris for dette scenarier imidlertid også for en 30 årig tidshorison.

Den eneste forskel i omkostninger mellem de dieseldrevne basisfartøjer og fartøjerne, der anvender HVO-biodiesel som brændstof, er forskellen i udgif-

⁴ EU's kapacitetskrav for en medlemsstats fiskeriflåde betyder, at der er en maksimal grænse for i alt tonnage i brutto ton og den i alt installerede motoreffekt målt i kW for medlemsstatens fiskeriflåde.

⁵ Prisen på MDO/MGO er jf. Transport- og Boligministeriet (2020) beregnet som gennemsnittet af Q8's listepriis på GoEasy Diesel over en 2-årig periode.

ter til brændstof. Omkostningerne forbundet med omstillingen til HVO er således udelukkende relateret til forskelle i brændstofforbrug og -priser. Brændstofudgifterne for de forskellige fartøjer og omstillingsår beregnes på baggrund af brændstofpriserne specificeret i afsnit 5.2, kombineret med de i kapitel 4 opgjorte fartøjs- og scenariospecifikke brændstofforbrug. Nutidsværdien af de øgede brændstofudgifter for de 5 fartøjstyper fremgår af tabel 14; nutidsværdierne er opgjort i faktorpriser over en 30 årig tidshorisont og for tre forskellige overgangsår. Nutidsværdien af de samlede omkostninger for et givent fartøj, som omstillingen giver anledning til, ses at falde i takt med at omstillingstidspunktet udskydes. Faldet skyldes en kombination af diskonteringen af fremtidige omkostninger og et forventet fald i prisen på HVO-biodiesel i perioden 2020 til 2030.

Tabel 14. Nutidsværdi af scenarier for omstilling fra marine diesel til HVO-biodiesel (kr.; 2020 priser, faktorpriser).

Fartøjstyper	Omstillingsår		
	2020	2025	2030
Fartøj 1 (10-11,9 m)	-1.346.067	-964.499	-746.434
Fartøj 2 (12-17,9 m)	-6.389.545	-4.578.310	-3.543.192
Fartøj 3 (18-23,9 m)	-18.944.250	-13.574.150	-10.505.147
Fartøj 4 (24-39,9 m)	-68.958.668	-49.411.048	-38.239.620
Fartøj 5 (50 m)	-153.216.611	-109.784.507	-84.963.140

5.4 Metanol dual fuel

Priserne på nybyggede, konventionelt dieseldrevne fiskefartøjer er indhentet fra hhv. Vestværftet (Fartøj 1, Fartøj 2, Fartøj 3 og Fartøj 4; Kristensen, 2020) og Karstensens Skibsværft (Fartøj 5; Jensen, 2020). Markedet for nybyggede fiskefartøjer er ikke stort, og nye fiskefartøjer er ikke en hyldevare med en fast listepriis. De angivne omkostninger bør derfor tolkes som omtrentlige bud på størrelsesordenen af nybyggerpriserne for de forskellige fartøjskategorier, og det skal nævnes, at den faktiske pris vil variere afhængig af de specifikke specifikationer af det givne fartøj. Sådanne prisvariationer vil som udgangspunkt ikke have betydning for beregningerne, idet eneste forskel mellem basisfartøjerne og de grønne fartøjer antages at være relateret til drivmiddel og motor. Priserne for de fem basis fartøjer i 2020 fremgår af tabel 15; priserne på nybyggede fartøjer i hhv. 2025 og 2030 forventes at være de samme som i 2020 målt i faste priser. Dvs. at der som udgangspunkt ikke forventes at ske ændringer i prisen på nye fartøjer, eksempelvis som følge af teknologisk udvikling.

I løbet af basisfartøjernes levetid vil det være nødvendigt at udskifte motoren. Hvor mange år en motor kan holde, inden den skal udskiftes vil variere, men 15 år vurderes at være et rimeligt bud på den gennemsnitlige levetid for en skibsmotor. Følgelig antages det for alle fem basisfartøjer, at motoren udskiftes en gang i fartøjernes levetid (år 15). Prisen på en ny motor for hver af de fem basisfartøjer fremgår af tabel 15, og det antages, at prisen på motorer forbliver på samme niveau fremadrettet. Priserne på nye motorer er oplyst af Vestværftet (Fartøj 1, Fartøj 2, Fartøj 3 og Fartøj 4; Kristensen, 2020) og MAN ES (Fartøj 5; Holt, 2020).

Med reference til Færgeanalysen antages prisen for nybygning af et metanol dual fuel-fartøj at være 5 % højere end prisen på et konventionelt dieseldrevet fartøj. Dual fuel-motoren antages at have samme levetid som den traditionelle

dieselmotor, hvilket vil sige, at den udskiftes halvvejs i fartøjets levetid. Motorfabrikanten Wärtsilä vurderer, at prisen på en ny dual fuel-motor vil være 15 % højere end prisen på en konventionel dieselmotor. Priser for nybyg, samt ny motor, for dual fuel-fartøjet i 2020 fremgår af tabel 15. Som for det konventionelt drevne fartøj antages priserne ikke at ændre sig fremadrettet. Opgjort i faste priser er priserne derfor de samme uanset om investeringen foretages i 2020, 2025 eller 2030.

Tabel 15. Nybygpriser og motorpriser; diesel og metanol dual fuel (kr.; 2020 priser, faktorpriser).

Fartøjstyper	Diesel fartøj	Diesel fartøj	Metanol dual fuel	Metanol dual fuel
	Pris nybyg (kr.)	Pris ny motor (kr.)	Pris nybyg (kr.)	Pris ny motor (kr.)
Fartøj 1	7.000.000	200.000	7.350.000	230.000
Fartøj 2	12.000.000	300.000	12.600.000	345.000
Fartøj 3	16.000.000	500.000	16.800.000	575.000
Fartøj 4	45.000.000	2.000.000	47.250.000	2.300.000
Fartøj 5	135.000.000	6.412.500	141.750.000	7.374.375

På baggrund af priserne i tabel 15, kombineret med de i kapitel 4 opgjorte fartøjs- og scenariespecifikke brændstofforbrug, samt brændstofpriserne specificeret i afsnit 5.2, kan nutidsværdien af omstilling til metanol dual fuel for de fem fartøjskategorier beregnes. Nutidsværdierne opgjort i faktorpriser fremgår af tabel 16, hvor det ses, at nutidsværdien af de samlede omkostninger, som omstillingen giver anledning til, falder i takt med, at omstillingstidspunktet udskydes. Faldet skyldes en kombination af diskonteringen af fremtidige omkostninger og et forventet fald i prisen på metanol i perioden 2020 til 2030.

Tabel 16. Nutidsværdi af scenarier for omstilling fra MDO/MGO til metanol dual fuel (kr.; 2020 priser, faktorpriser).

Fartøjstyper	Omstillingsår		
	2020	2025	2030
Fartøj 1	-1.312.700	-815.574	-582.456
Fartøj 2	-5.115.685	-2.954.550	-1.881.828
Fartøj 3	-14.156.035	-7.928.624	-5.279.855
Fartøj 4	-50.882.082	-28.329.006	-18.781.975
Fartøj 5	-114.967.730	-64.516.947	-43.024.513

5.5 El-dieselhybrid

Scenariet hvor den grønne omstilling af mindre fiskefartøjer sker ved udskiftning af dieseldrevne fartøjer med eldieselhybrid-fartøjer er baseret på oplysninger fra det norske værft Selfa-Arctic, hvor eldieselhybrid-fartøjet produceres. I modsætning til metanol dual fuel-scenariet, hvor prisen på nybyg ikke forventes at ændre sig, så forventes der fremadrettet at være en prisudvikling på nybygning af eldieselhybrid-fartøjet. Mere specifikt, så forventes prisen på eldieselhybrid-fartøjet i 2020 at være ca. 30 % højere end prisen på et tilsvarende dieseldrevet fartøj. Denne merpris forventes ifølge værftet at være reduceret med 50 % i 2025, og i 2030 forventes prisen på el-dieselhybriden at være på samme niveau som prisen på det sammenlignelige dieselfartøj. Prisen på det dieseldrevne basisfartøj forventes ikke at ændre sig i perioden 2020-2030.

Priserne på nybyggede fartøjer fremgår af tabel 17. For det dieseldrevne fartøj, hvor prisen ikke forventes at ændre sig, er det kun prisen i 2020, der er vist. For eldieselhybrid-fartøjet, hvor nybygprisen forventes at falde, vises prisen for alle de tre investeringstidspunkter, der regnes på i analysen. Priserne er oprindeligt oplyst af Selfa-Arctic i norske kroner; omregningen til danske kroner er baseret på en kurs på 0,69 danske kroner pr. norsk krone.

I beregningerne er der regnet med, at dieselfartøjer skal have skiftet motor halvvejs i skibets levetid, dvs. i år 15, og at el-dieselhybrid-fartøjet tilsvarende skal have skiftet både motor og batteri efter 15 år. Motoren i de to fartøjer er identisk, og prisen for udskiftning af motor er derfor den samme. Prisen på udskiftning af motor er oplyst af Selfa-Arctic (Ianssen, 2020), og den forventes at være den samme som for dieselmotorerne i basisfartøjerne. Prisen for udskiftning af batterier er beregnet med udgangspunkt i den installerede batterikapacitet (53,2 kWh) og en pris på 744 kr./kWh (Transport- og Boligministeriet, 2020). Prisen antages at være den samme i 2035, 2040 og 2045, som er de år, hvor der skal udskiftes batterier i scenarierne for de tre forskellige omstillingsår. De i analysen anvendte priser på udskiftning af motorer og batterier fremgår af tabel 17.

Tabel 17. Nybygpriser, samt motor- og batteripriser anvendt i el-dieselhybridscenarieberegningerne (kr.; 2020 priser, faktor priser).

Dieselfartøj		El-dieselhybridfartøj				
Pris nybyg (kr.)	Pris ny motor (kr.)	Pris nybyg 2020 (kr.)	Pris nybyg 2025 (kr.)	Pris nybyg 2030 (kr.)	Pris ny motor (kr.)	Pris batteri (kr.)
5.934.000	276.000	7.866.000	6.900.000	5.934.000	276.000	39.581

På baggrund af priserne i tabel 17, kombineret med fartøjernes diesel og el-forbrug opgjort i kapitel 4, samt priserne for diesel og el specificeret i afsnit 5.2, kan nutidsværdien af omstilling fra ren dieseldrift til kombineret el-dieseldrift beregnes. Nutidsværdierne opgjort i faktorpriser for de tre forskellige omstillingstidspunkter fremgår af tabel 18. Nutidsværdierne er negative for omstilling gennemført i hhv. 2020 og 2025, hvorimod nutidsværdien for omstilling i 2030 beregnes til at være positiv. Det betyder, at omstillingen, hvis den udskydes til 2030 - set fra et nutidigt perspektiv - vil være rentabel i sig selv.

Nutidsværdien af de samlede omkostninger, som omstillingen giver anledning til, ses at falde i takt med, at omstillingstidspunktet udskydes. Faldet skyldes en kombination af diskonteringen af fremtidige omkostninger og et forventet fald i prisen på nybyggede el-dieselhybrid-fartøjer. Ændringer i prisen på drivmidler bidrager derimod ikke til faldet i omkostninger. I modsætning til de to andre scenarier - dvs. HVO og metanol dual fuel-brug - er der således i dette scenarie ikke noget forventet fald i prisen på drivmidler, idet prisen på diesel antages at være konstant, samtidig med at den forventede variation i prisen på el er så lille, at den reelt ikke har nogen betydning. Der er imidlertid en væsentlig forskel mellem el-dieselhybrid-scenariet og de to andre scenarier; hvor nutidsværdien af både HVO- og metanol dual fuel-scenarierne påvirkes i negativ retning af, at drivmiddeludgifterne er større efter omstillingen, end de var før, så forholder det sig omvendt for el-dieselhybrid-scenariet. Her er de samlede drivmiddeludgifter således lavere for hybridfartøjet end for det tilsvarende dieseldrevne basisfartøj, hvilket bidrager positivt til nutidsværdien af el-dieselhybrid-omstillingsscenarierne.

Tabel 18. Nutidsværdi af eldieselhybrid-scenariet (kr.; 2020 priser, faktorpriser).

Omstillingsår	2020	2025	2030
Nutidsværdi (kr.)	-1.865.329	-739.472	45.173

5.6 Skyggepriser

Skyggepriserne på CO₂-reduktioner opnået ved grøn omstilling af fiskefartøjer beregnes ved først at omregne nutidsværdierne opgjort i de foregående afsnit til markedspriser ved brug af nettoafgiftsfaktoren, og derefter gange med minus 1, så skyggepriserne får det korrekte fortegn. Dernæst divideres nutidsværdierne med de diskonterede emissionsreduktioner summeret over fartøjernes levetid. Emissionsreduktionerne beregnes på baggrund af de scenarie- og fartøjsspecifikke emissioner beregnet i kapitel 4.

De beregnede skyggepriser angiver den samfundsøkonomiske omkostning forbundet med at reducere 1 ton CO₂. Hvis skyggeprisen er negativ, betyder det, at det er forbundet med samfundsøkonomiske omkostninger at opnå CO₂-reduktioner ved hjælp af det givne omstillingsalternativ. Omvendt angiver en negativ skyggepris, at omstillingen er samfundsøkonomisk rentabel i sig selv, dvs. at omstillingen repræsenterer en samfundsøkonomisk nettogevinst, og at det dermed ikke er forbundet med samfundsøkonomiske omkostninger at opnå CO₂-reduktioner ad den vej.

I nærværende analyse er afledte effekter i form af reducerede NO_x-, SO₂- og partikelemissioner ikke indregnet i nutidsværdierne, hvilket betyder, at de beregnede skyggepriser – alt andet lige – overestimerer den samfundsøkonomiske omkostning forbundet at reducere CO₂-udledningen via grøn omstilling af fiskefartøjer. Ligeledes bør det bæres in mente, at infrastrukturrelaterede omkostninger, f.eks. etablering af tankanlæg og elopladningsfaciliteter, som evt. ville kunne øge omkostningerne, ikke er inkluderet i beregningerne.

De beregnede skyggepriser, samt de bagvedliggende nutidsværdier og diskonterede emissionsreduktioner, fremgår af tabel 19 (el-dieselhybrid) og tabel 20 (HVO og metanol dual fuel). Skyggepriserne er beregnet på baggrund af en række antagelser vedr. drivmiddelpriser, samt priser på nybyg, motorer og batterier, som alle er behæftet med en vis usikkerhed. For at belyse konsekvenserne af ændringer i de bagvedliggende antagelser er der gennemført en række følsomhedsanalyser; resultaterne af disse fremgår af Bilag 1.

I forhold til vurdering af størrelsen af de beregnede skyggepriser kan der eventuelt sammenlignes med Klimarådet (2020) og Energistyrelsen (2019). I Klimarådet (2020) vurderes det således usandsynligt, at reduktionsomkostningerne kan holdes under 1.000-1.500 kr./ton CO₂ for alle nye tiltag, hvis 70-procentsmålet skal nås. Energistyrelsen (2019) indeholder centrale skøn for prisen på CO₂-udledninger både indenfor og uden for kvotesektoren; estimaterne er tiltænkt anvendelse i samfundsøkonomiske analyser på energiområdet. Priserne⁶ opgjort i kr./ton CO₂ hhv. indenfor og udenfor kvotesektoren er anslået til 281/281 i 2020, 376/433 i 2030 og 504/504 i 2040. Sammenlignet med Klimarådet (2020) og Energistyrelsen (2019) er de her i analysen beregnede skyggepriser relativt høje.

⁶ Omregnet til 2020 prisniveau og justeret med nettoafgiftsfaktoren

Tabel 19. Skyggepriser for CO₂-reduktioner ved grøn omstilling af fiskefartøjer til el-dieselhybrid (2020 priser, markedspriser).

Omstillingsår	2020	2025	2030
Nutidsværdi (kr.)	-2,387,621	-946,524	57,822
Samlet CO ₂ -reduktion (ton CO ₂)	93	79	65
Skyggepris (kr./ton CO₂)	25,669	12,026	-887

Af tabel 19 ses det, at skyggeprisen i el-dieselhybrid-scenariet falder voldsomt i takt med, at omstillingstidspunktet øges. Faldet skyldes det forventede fald i merprisen for nybyg af hybridfartøj. Skyggeprisen, som angiver den implicitte pris på CO₂-reduktioner, falder med ca. 50 %, hvis omstillingen udskydes fra 2020 til 2025. Hvis omstillingen udskydes yderligere fem år til 2030, ses det, at nutidsværdien bliver positiv, og at skyggeprisen dermed bliver negativ, hvilket kan tolkes som, at investeringen er rentabel i sig selv (den giver anledning til samfundsøkonomisk nettogevinst). At skyggeprisen rent faktisk bliver negativ og ikke blot falder, når omstillingsåret udskydes til 2030, skyldes at nybygomkostningerne på dette tidspunkt antages at være på samme niveau for hhv. hybridfartøjet og det dieseldrevne basisfartøj, kombineret med at drivmiddeludgifterne er lavere for hybriddrift end for 100 % dieseldrift.

Det bemærkes i øvrigt, at emissionsreduktionerne kunne have været større i el-dieselhybrid-scenariet, hvis det var antaget, at el-dieselhybrid-fartøjet anvendte HVO-biodiesel som brændstof fremfor MDO/MGO. Isoleret set ville dette have gjort scenarierne mere fordelagtige; dog ville ændringen også medføre øgede brændstofudgifter for el-dieselhybrid-fartøjet, jf. højere pris på HVO end på MDO/MGO, hvilket ville bidrage til at reducere den relative fordelagtighed af hybridfartøjet. I forhold til de beregnede emissionsreduktioner bemærkes det ligeledes, at reduktionerne ville have været lidt større, hvis opgørelsen af emissioner fra el havde fulgt retningslinjerne for afrapportering af de nationale emissionsopgørelser til FN's Klimakonvention. Forskellen er imidlertid af en så begrænset størrelsesorden (6,3-2,6 ton over hele fartøjets levetid afhængig af omstillingsår), at det ikke vurderes at have nogen reel betydning i forhold til analysens resultater.

Med reference til tabel 20 ses det, at skyggepriserne for både HVO- og metanol dual fuel-scenarierne også falder i takt med at omstillingstidspunktet udskydes. Faldet er imidlertid ikke så markant som for el-dieselhybrid-scenarierne. For HVO-scenariet er CO₂-skyggepriserne for de forskellige omstillingsår ens på tværs af fartøjstyperne. Det skyldes, at både CO₂-reduktion og omkostninger udelukkende er en funktion af brændstofforbruget, og det relative forhold mellem de to (i.e. skyggeprisen) er dermed uafhængigt af fartøjsstørrelsen.

For metanol dual fuel-scenariet, hvor der også indgår investeringsomkostninger, er der nogen variation i skyggepriserne på tværs af fartøjstyperne, om end den er begrænset. Skyggeprisen er således af samme størrelsesorden for Fartøj 2-Fartøj 5, hvorimod den er højere for Fartøj 1. Ud fra en størrelsesøkonomisk betragtning giver det god mening, at skyggeprisen er højere for Fartøj 1 end for de større fartøjer, men det er lidt overraskende, at der ikke ses større variation i skyggepriserne for Fartøj 2-Fartøj 5, herunder særligt at skyggeprisen ikke falder i takt med at fartøjets størrelse øges. Den manglende storskalaeffekt kan i høj grad tilskrives, at der i de indsamlede data vedr. nybygpriser ikke ses en entydig sammenhæng mellem fartøjets størrelse og pris pr. kW motoreffekt. Derudover har antagelsen om, at energieffektiviteten er den

samme for alle motorer uanset størrelse, også betydning for den manglende storskalaeffekt.

Som for el-dieselhybrid-scenariet bemærkes det, at emissionsreduktionerne for metanol dual fuel-scenariet ville have været større, hvis HVO-biodiesel fremfor MDO/MGO var anvendt som pilotbrændstof. Samtidig ville omkostningerne dog også have været højere, idet prisen på HVO er højere end prisen på MDO/MGO i hele den betragtede analyseperiode. Beregning af nettoeffekten vil kræve analyser, som ligger ud over rammerne for dette projekt.

Tabel 20. Skyggepriser for CO₂-reduktioner ved grøn omstilling af fiskefartøjer, HVO- og metanol-dual fuel (2020 priser, markedspriser).

Omstillingsår		HVO			Metanol-dual fuel		
		2020	2025	2030	2020	2025	2030
Fartøj 1 (10-11,9 m)	Nutidsværdi (1.000 kr.)	-1,723	-1,235	-955	-1,680	-1,044	-746
	CO ₂ reduktion (ton CO ₂)	651	535	441	580	477	393
	Skyggepris (kr./ton CO₂)	2,646	2,307	2,168	2,897	2,190	1,899
Fartøj 2 (12-17,9 m)	Nutidsværdi (1.000 kr.)	-8,179	-5,860	-4,535	-6,548	-3,782	-2,409
	CO ₂ reduktion (ton CO ₂)	3,090	2,540	2,092	2,753	2,263	1,863
	Skyggepris (kr./ton CO₂)	2,646	2,307	2,168	2,379	1,671	1,293
Fartøj 3 (18-23,9 m)	Nutidsværdi (1.000 kr.)	-24,249	-17,375	-13,447	-18,120	-10,149	-6,758
	CO ₂ reduktion (ton CO ₂)	9,163	7,531	6,201	8,162	6,709	5,524
	Skyggepris (kr./ton CO₂)	2,646	2,307	2,168	2,220	1,513	1,223
Fartøj 4 (24-39,9 m)	Nutidsværdi (1.000 kr.)	-88,267	-63,246	-48,947	-65,129	-36,261	-24,041
	CO ₂ reduktion (ton CO ₂)	33,353	27,413	22,573	29,712	24,421	20,109
	Skyggepris (kr./ton CO₂)	2,646	2,307	2,168	2,192	1,485	1,196
Fartøj 5 (50 m)	Nutidsværdi (1.000 kr.)	-196,117	-140,524	-108,753	-147,159	-82,582	-55,071
	CO ₂ reduktion (ton CO ₂)	74,105	60,909	50,154	66,015	54,260	44,679
	Skyggepris (kr./ton CO₂)	2,646	2,307	2,168	2,229	1,522	1,233

Sammenligningen af de beregnede skyggepriser for de forskellige omstillingsalternativer indikerer, at det mest attraktive omstillingsalternativ er omstilling til el-dieselhybrid-fartøjer, forudsat at omstillingen kan udskydes til 2030. Her er det dog væsentligt at bemærke, at el-dieselhybriddrift kun vurderes relevant for små fartøjer, der anvendes til kystnært fiskeri. Med reference til kapitel 3 er der et betydeligt antal små fartøjer i den danske fiskefartøjsflåde, som omstillingen kunne være relevant for, men da disse fartøjer står for en meget begrænset del af de samlede udledninger fra fiskefartøjer, så ville en sådan omstilling kun kunne medføre meget begrænsede reduktioner i fiskefartøjernes samlede udledninger. Hvis der skal opnås en mærkbar effekt i forhold til emissionerne er el-dieselhybrid-fartøjet dermed ikke så interessant.

Hvis omstillingen også skal kunne gennemføres for større fartøjstyper, står valget på kort sigt mellem HVO-biodiesel eller metanol-dual fuel. Her indikerer analysens resultater, at omstilling til metanol-dual fuel fartøjer er det mest fordelagtige alternativ, idet det her på tværs af fartøjstyper og omstillingsår ses de laveste skyggepriser. Idet denne omstilling kan gennemføres for alle fartøjsstørrelser – inklusiv Fartøjstype 5 og Fartøjstype 4, som tilsammen står for omkring 75 % af de samlede emissioner fra fiskefartøjer – vil denne type omstilling kunne levere markante reduktioner i de samlede udledninger fra fiskeriet.

Hvis det vurderes væsentligt, at omstillingen kan ske hurtigt, så er HVO-scenariet måske særligt relevant, idet denne omstilling kan ske nemt og hurtigt,

fordi den ikke kræver nogle særlige tilpasninger i skibenes motorer. Umiddelbart indikerer analysens resultater dog, at valg af denne tilgang frem for metanol-dual fuel vil øge omstillingsomkostningerne. Her er det imidlertid væsentligt at bemærke, at nærværende analyse udelukkende kigger på nybyg, og at der ikke tages højde for restlevetiden – og dermed værdien – af eksisterende fiskefartøjer. HVO kan således være et potentielt relevant alternativ for eksisterende fartøjer, hvorimod metanol-dual fuel vil være relevant i forbindelse med udskiftning af fartøjer, der enten har udtjent deres levetid eller er tæt på.

I forhold til den tidsmæssige realisering af emissionsreduktionerne er det væsentligt at bemærke, at den faktiske årlige reduktion for et givent alternativ er konstant over fartøjets levetid, samt at den samlede, udiskonterede reduktion for en given omstilling af et givent fartøj er uafhængig af omstillingstidspunktet. I forhold til vurdering af omstillingsalternativernes potentielle bidrag til opfyldelse af den nationale 2030 målsætning om 70 % reduktion af drivhusgasudledningerne set i forhold til 1990, er det væsentligt at bemærke, at de i tabel 19 og 20 angivne CO₂-reduktioner angiver de samlede diskonterede reduktioner over fartøjernes levetid, dvs. 30 år. De faktiske årlige reduktioner, som er primært relevante i forhold til omstillingens potentielle bidrag til opfyldelse af målsætningen, udgør dermed kun en mindre del af de i tabellerne angivne reduktioner, og er i øvrigt – som nævnt ovenfor – uafhængige af omstillingstidspunktet.

6 Referencer

Amdisen, 2020: Data for fiskeskibes motorbelastning tilsendt af Henrik Amdisen, Hanstholm Fiskeriforening, 2020.

Cowi Tromsø, 2020: Data for specifik dieselforbrug for motorer i fiskeskibe oplyst af Cowi Tromsø, 2020.

Danmarks Statistik, 2020: Danske fiskerfartøjer efter område, enhed, fartøjstype, længde og tonnage (Statistikbanken, tabel Fisk1).

Energistyrelsen, 2019: Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger for energipriser og emissioner, oktober 2019. https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/samfundsoekonomiske_beregningsforudsætninger_for_energi-priser_og_emissioner_2019.pdf

Finansministeriet, 2017: Vejledning i Samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger. August 2017. https://fm.dk/media/14822/Vejledningisamfundsoekonomiskekonsekvensvurderinger_web.pdf

Hernov, 2020: Logbog data for danske fiskeskibes fangstrejser tilsendt af Frank Hernov, Fiskeristyrelsen, 2020.

Holt, 2020: Pris på skibsmotor for et fiskeskib på 50 meters længde, oplyst af Søren Holt, MAN ES Frederikshavn, 2020.

Ianssen, 2020: Data for eldieselhybrid-fiskeskib og sammenligneligt dieseldrevet fiskeskib oplyst af Selfa Arctic, 2020.

Jensen, 2020: Pris på nybygning af fiskeskib på 50 meters længde, tilsendt af Kim Jensen, Karstensens Skibsværft, 2020.

Karlsson, 2020: Priser for metanol dual fuel motorer tilsendt af Jens Karlsson, Wärtsilä, 2020.

Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet 2020. Methodenotat om samfundsøkonomiske konsekvenser af virkemidler til drivhusgasreduktion, 16. november 2020, J nr. 2019-4293. Center for Klimaneutralt Danmark, Klima-, Energi og Forsyningsministeriet.

Klimarådet, 2020. Kendte veje og nye spor til 70 procents reduktion. Retning og tiltag for de næste ti års klimaindsats i Danmark, marts 2020. <https://klimaraadet.dk/da/rapporter/kendte-veje-og-nye-spor-til-70-procents-reduktion>.

Kristensen, 2020: Priser på nybygninger og skibsmotorer for fiskeskibe < 40 meter tilsendt af Ove Kristensen, Vestværftet i Hvide Sande, 2020.

Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Nielsen, M., Gyldenkerne, S., Mikkelsen, M.H., Albrektsen, R., Thomsen, M., Hjelgaard, K., Fauser, P., Bruun, H.G., Johannsen, V.K., Nord-Larsen, T., Vesterdal, L., Callesen, I., Caspersen, O.H., Scott-Bentsen, N., Rasmussen, E., Petersen, S.B., Olsen, T. M. & Hansen, M.G. 2020. Denmark's National Inventory Report 2020. Emission In-

ventories 1990-2018 - Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 900 pp. Scientific Report No. 372 <http://dce2.au.dk/pub/SR372.pdf>.

Salonen, 2016: Methanol as a marine and power plant fuel, power point præsentation, 2016.

Stojcevski, 2017: Methanol as engine fuel: Challenges and opportunities, power point præsentation, 2017.

Transport- og Boligministeriet, 2020: Grøn omstilling af danske indenrigsfærger, rapportudkast udarbejdet af Cowi, 69 pp.

Winther, 2020: Forbrugsdata for skibsmotorer oplyst af Kim Winther, Teknologisk Institut, 2020.

Bilag: Følsomhedsanalyser

De beregnede skyggepriser er behæftet med betydelig usikkerhed, og det er derfor relevant at belyse, i hvilken grad ændringer i de forudsætninger, der ligger til grund for analysen, påvirker skyggepriserne.

Emissionsberegningerne anses som udgangspunkt at være ret sikre for det illustrative fartøj om end det bemærkes, at de ikke nødvendigvis afspejler emissionerne fra et specifikt fartøj, som afviger fra det beskrevne fartøj. For fartøjer med drivmiddelforbrug svarende til forbruget beregnet for de forskellige fartøjer i analysen vil emissionsberegningerne dog være retvisende, idet emissionerne afhænger direkte af brændstofforbruget.

Der vil derfor ikke blive gennemført følsomhedsanalyser i forhold til emissionsberegningerne. Det bemærkes dog, at emissionsbesparelserne vil være større for fartøjer, der sejler mere/bruger mere brændstof end specificeret for basisfartøjerne, og omvendt for fartøjer med lavere aktivitetsniveau. Umiddelbart vil det give anledning til hhv. lavere og højere skyggepriser; ændringen i skyggepriser vil dog være begrænset, idet det hhv. højere og lavere brændstofforbrug også vil medføre ændringer i omkostningerne jf. hhv. øgede og reducerede brændstofudgifter. Det er således kun den del af skyggeprisen, der kan henføres til de faste omkostninger (investering i skib og motor), der vil reduceres.

Fokus i følsomhedsanalyserne er derfor på de antagelser, der ligger til grund for de økonomiske beregninger, idet disse antagelser er forbundet med usikkerhed. Der er således usikkerhed omkring de fremtidige drivmiddelpriser, både for MDO/MGO og for de nye grønne brændstoffer. For MDO/MGO er prisudviklingen knyttet til udviklingen i verdensmarkedsprisen på olie, for de grønne brændstoffer er usikkerheden omkring de fremtidige priser i høj grad relateret til usikkerhed omkring teknologisk udvikling samt priser på input til produktionen. Derudover repræsenterer priserne for nybyg af de forskellige fartøjer, samt omkostningerne til udskiftning af motor og batterier, relativt grove estimater, og det er derfor relevant at belyse, hvad ændringer i disse prisantagelser har af betydning for de beregnede skyggepriser.

For alle drivmidler er der udført følsomhedsanalyser for både prisstigninger og prisfald i forhold til de anvendte priser, og for investeringsomkostninger udføres ligeledes analyser for ændringer i både positiv og negativ retning. Niveauet for prisændringerne er valgt med henblik på at illustrere det mulige udfaldsrum for skyggepriserne ved betydelige, men ikke nødvendigvis urealistiske, ændringer i de prisantagelser, som analyserne bygger på.

I tillæg til følsomhedsanalyserne vedr. ændringer i de forskellige prisantagelser, så gennemføres der for alle scenarier en følsomhedsanalyse, der belyser effekten af at beregne skyggeprisen på baggrund af de faktiske, udiskonterede emissionsreduktioner frem for de samlede diskonterede emissionsreduktioner.

Resultaterne af de gennemførte følsomhedsanalyser for de tre omstillingsscenarier præsenteres i det følgende. Det bemærkes, at alle følsomhedsanalyser belyser konsekvenserne forbundet med ændring i antagelserne vedr. én faktor. I praksis er det ikke usandsynligt, at flere faktorer kan afvige fra antagelserne

på samme tid; afhængig af afvigelseernes karakter, kan flere simultane ændringer enten bidrage til at forstærke eller udjævne effekten på skyggeprisen.

HVO

For HVO-scenarierne er der gennemført følgende følsomhedsanalyser:

- A. Ingen diskontering af CO₂ reduktioner.
- B. Årlig stigning i prisen på MDO/MGO på 1,5 % i hele perioden 2020 til 2059. Prisen i 2059 når dermed op på 7,61 kr./l.
- C. Årligt fald i prisen på MDO/MGO på 1 % i hele perioden 2020 til 2059. Prisen i 2059 bliver derved reduceret til 2,88 kr./l.
- D. Yderligere prisfald på HVO. Prisen antages at falde yderligere 30 % i perioden 2030-2040. Prisen i perioden 2040-2059 bliver dermed 4,9 kr./l.
- E. Lavere prisfald på HVO. Prisfaldet i perioden 2020-2030 reduceres fra 30 % til 15 %. Prisen i 2030 bliver dermed 10 kr./l; denne pris fastholdes i perioden 2030-2059.

Resultaterne af følsomhedsanalyserne i form af ny skyggepris fremgår af tabel B1. Kolonnen "Basis" 0 viser skyggeprisen beregnet på baggrund af de oprindelige antagelser.

Den første følsomhedsanalyse (analyse A) illustrer den betydning det har for skyggeprisen, at de opnåede emissionsreduktioner diskonteres på lige fod med de økonomiske omkostninger og gevinster. Hvis emissionsreduktionerne ikke diskonteres, ses det at medføre et fald i skyggepriserne på 40-60 % afhængig af omstillingsår.

En årlig stigning i prisen på MDO/MGO på 1,5 % medfører et fald i skyggeprisen på mellem 15 og 37 % (analyse B). Dette skyldes, at en stigning i prisen på MDO/MGO reducerer den relative fordelagtighed af basisfartøjet sammenlignet med det grønne alternativ. Det relative fald i skyggeprisen øges i takt med at omstillingstidspunktet udskydes; dette skyldes at prisen på MGO/MDO i følsomhedsanalyserne antages at stige løbende. Omvendt ses et løbende fald i prisen på MDO/MGO (analyse C) at medføre en stigning i skyggeprisen. Dette skyldes, at en lavere pris på MDO/MGO øger den relative fordelagtighed af MDO/MGO ift. HVO-biodiesel. Idet der er regnet med et løbende fald i prisen på MDO/MGO på 1 %, hvorimod der for prisstigninger er regnet på 1,5 %, er den relative ændring i skyggeprisen mindre (mellem 8 og 18 % afhængig af omstillingstidspunkt).

Ændringer i antagelserne vedr. prisen på HVO-biodiesel har den modsatte effekt af ændringer i prisen på MDO/MGO; lavere priser øger den relative fordelagtighed af den grønne omstilling, hvorimod højere priser (her lavere prisfald) har den modsatte effekt. Også her ses den relative ændring at være størst for omstilling i år 2030 og mindst for omstilling i 2020. I analyse D ses faldet i skyggepris, som følge af et yderligere fald i prisen på HVO på 30 % i perioden 2030-2040, at være mellem 23 og 58 %. Omvendt viser analyse E, at en reduktion af det antagne prisfald på HVO i perioden 2020-2030 fra 30 til 15 % medfører en stigning i skyggeprisen på 24-40 %. Forskellen i størrelsen af de relative ændringer mellem analyse D og E skyldes, at analyse D omfatter

ændringer i prisantagelserne for perioden 2030-2040, hvorimod analyse E omfatter ændringer i prisantagelserne for perioden 2020-2030.

For alle følsomhedsanalyser gælder, at de relative ændringer i skyggepriserne er de samme på tværs af fartøjstyper. Dette skyldes, at skyggepriserne er en direkte funktion af brændstofforbruget.

Tabel B1. Følsomhedsanalyser for HVO-scenarier, skyggepriser (kr./ton CO₂; 2020 priser).

		Basis	A	B	C	D	E
Fartøj 1 (10-11,9 m)	2020	2,646	1,586	2,239	2,867	2,047	3,275
	2025	2,307	1,137	1,709	2,617	1,411	3,103
	2030	2,168	880	1,364	2,564	910	3,033
Fartøj 2 (12-17,9 m)	2020	2,646	1,586	2,239	2,867	2,047	3,275
	2025	2,307	1,137	1,709	2,617	1,411	3,103
	2030	2,168	880	1,364	2,564	910	3,033
Fartøj 3 (18-23,9 m)	2020	2,646	1,586	2,239	2,867	2,047	3,275
	2025	2,307	1,137	1,709	2,617	1,411	3,103
	2030	2,168	880	1,364	2,564	910	3,033
Fartøj 4 (24-39,9 m)	2020	2,646	1,586	2,239	2,867	2,047	3,275
	2025	2,307	1,137	1,709	2,617	1,411	3,103
	2030	2,168	880	1,364	2,564	910	3,033
Fartøj 5 (50 m)	2020	2,646	1,586	2,239	2,867	2,047	3,275
	2025	2,307	1,137	1,709	2,617	1,411	3,103
	2030	2,168	880	1,364	2,564	910	3,033

Metanol dual fuel

For metanol dual fuel-scenarierne er der gennemført følgende følsomhedsanalyser:

- A. Ingen diskontering af CO₂ reduktioner.
- B. Årlig stigning i prisen på MDO/MGO på 1,5 % i hele perioden 2020 til 2059. Prisen i 2059 når dermed op på 7,61 kr./l.
- C. Årligt fald i prisen på MDO/MGO på 1 % i hele perioden 2020 til 2059. Prisen i 2059 bliver derved reduceret til 2,88 kr./l.
- D. Yderligere prisfald på metanol i perioden 2030-2040. Årligt fald på 0,1 kr./l (prisfald i perioden 2020-2030 er 0,32 kr./l/år). Prisen i perioden 2040-2059 bliver dermed 1,8 kr./l.
- E. Lavere prisfald på metanol. Prisfaldet i perioden 2020-2030 reduceres med 50 %, svarende til et fald på 0,16 kr./l/år. Prisen i perioden 2030-2059 bliver dermed 4,4 kr./l.
- F. Reduktion i investeringsomkostninger, samt pris på motorskift, for metanol dual fuel-fartøjer. Merprisen på nybyg såvel som motorskift reduceres med 50 %. (dvs merpris på nybyg 2,5 % og merpris på motor 7,5%)

G. Øgede investeringsomkostninger, samt højere pris for motorskift. Merprisen på nybyg såvel som motorskift fordobles. (hhv 10% og 30%)

H. Merpris på motor og nybyg for metanol dual fuel-fartøjer reduceret til 0.

Resultaterne af følsomhedsanalyserne i form af ny skyggepris fremgår af tabel B2. Kolonnen "Basis" 0 viser skyggeprisen beregnet på baggrund af de oprindelige antagelser.

Resultaterne af analyse A viser at skyggepriserne, som i HVO scenarierne, falder med 40-60 %, hvis emissions reduktionerne ikke diskonteres.

Tilsvarende ses stigninger i prisen på MDO/MGO også at medføre et fald i skyggeprisen i metanol dual fuel-scenarierne, og vice versa for et fald i prisen på MDO/MGO. For metanol dual fuel-scenarierne er der imidlertid forskel i de relative ændringer på tværs af fartøjstyper, hvilket skyldes, at der indgår fartøjsspecifikke investeringsomkostninger i skyggeprisberegningerne, og at disse ikke påvirkes af de ændrede prisantagelser. De relative ændringer er imidlertid relativt ens for Fartøj 2-Fartøj 5. For Fartøj 1 er størrelsen af de relative ændringer for de forskellige omstillingsår i analyse B og C af samme størrelsesorden for HVO-biodiesel og metanol dual fuel-scenarierne. For de større fartøjer ses det dog, at den relative ændring i skyggepriserne er markant større i metanol dual fuel-scenarierne end i HVO-scenarierne. For Fartøj 2-5 falder skyggepriserne således med hhv. ca. 20 % (2020), 40 % (2030) og 65 % (2030) i analyse B, hvor prisen på MDO/MGO antages at stige med 1 % om året. For analyse C ses en reduktion i prisen på MDO/MGO på 1 % at føre til stigninger i skyggepriserne på mellem 8 og 32 % afhængig af fartøjstype og omstillingsår.

Ændringer i antagelserne vedr. prisen på grøn metanol har den modsatte effekt af ændringer i prisen på MDO/MGO; lavere priser øger den relative fordelagtighed af den grønne omstilling, hvorimod højere priser (her lavere prisfald) har den modsatte effekt, og også her ses den relative ændring at være størst for omstilling i år 2030 og mindst for omstilling i 2020. Konsekvenserne af de ændrede antagelser vedr. udviklingen i prisen på grøn metanol ses at have meget stor betydning for skyggepriserne. Et fortsat prisfald på grøn metanol i perioden 2030-2040 på 0,1 kr./l/år (analyse D) medfører således en reduktion i skyggepriserne på mellem 13 og 68 %. Ændringerne er mindst for Fartøj 1 sammenlignet med Fartøj 2-Fartøj 5, hvor ændringerne er af samme størrelsesorden. For Fartøj 2-Fartøj 5 er reduktionerne i skyggepriserne knap 20 % for 2020, knap 40 % for 2025 og ca. 65 % for 2030. Omvendt giver en reduktion i det forventede prisfald i perioden 2020-2030 på 50 % (analyse E) anledning til stigninger i skyggeprisen for Fartøj 2-Fartøj 5 på knap 60 % (2020), godt 100 % (2025) og ca. 150 % (2030). Antagelserne vedr. den fremtidige pris på grøn metanol ses således at have meget stor betydning for skyggepriserne.

Følsomhedsanalyse F, G, og H, som alle vedrører ændringer i antagelserne vedr. investeringsomkostninger, viser, at ændringer i disse antagelser sammenlignet med de betragtede ændringer i brændstofpriser, har en relativt lille betydning for skyggepriserne. Ændringerne er størst for Fartøj 1 sammenlignet med Fartøj 2-Fartøj 5, hvor ændringerne er af samme størrelsesorden. For Fartøj 2-Fartøj 5 ses en reduktion i merprisen for nybyg og motor på 50 % at reducere skyggepriserne med mellem 2 og 11 % afhængig af fartøjstype og omstillingsår (analyse F). Tilsvarende falder skyggepriserne mellem 5 og

22 %, hvis merprisen for nybyg og motor for metanol dual fuel-fartøjerne sættes til 0 (analyse H). Omvendt giver en fordobling i merprisen for nybyg og motorskift anledning til stigninger i skyggeprisen på mellem 5 og 22 %.

Tabel B2. Følsomhedsanalyser for metanol dual fuel-scenarier, skyggepriser (kr./ton CO₂; 2020 priser).

		Basis	A	B	C	D	E	F	G	H
Fartøj 1 (10-11,9 m)	2020	2,897	1,737	2,490	3,117	2,508	4,203	2,493	3,706	2,088
	2025	2,190	1,079	1,592	2,500	1,608	3,844	1,785	2,999	1,381
	2030	1,899	771	1,095	2,295	1,083	3,696	1,496	2,707	1,092
Fartøj 2 (12-17,9 m)	2020	2,379	1,426	1,971	2,599	1,990	3,684	2,233	2,669	2,088
	2025	1,671	823	1,073	1,981	1,090	3,325	1,526	1,962	1,381
	2030	1,293	524	489	1,689	476	3,089	1,154	1,571	1,014
Fartøj 3 (18-23,9 m)	2020	2,220	1,331	1,812	2,440	1,831	3,526	2,154	2,352	2,088
	2025	1,513	745	915	1,823	931	3,167	1,447	1,645	1,381
	2030	1,223	496	419	1,619	407	3,020	1,158	1,355	1,092
Fartøj 4 (24-39,9 m)	2020	2,192	1,314	1,784	2,412	1,803	3,498	2,140	2,296	2,088
	2025	1,485	732	887	1,795	903	3,139	1,433	1,589	1,381
	2030	1,196	485	391	1,592	379	2,992	1,144	1,299	1,092
Fartøj 5 (50 m)	2020	2,229	1,336	1,822	2,449	1,840	3,535	2,159	2,370	2,088
	2025	1,522	750	924	1,832	940	3,176	1,451	1,663	1,381
	2030	1,233	500	428	1,629	416	3,029	1,162	1,374	1,092

El-diesel hybrid

For el-dieselhybrid-scenariet er der gennemført følgende følsomhedsanalyser:

- A. Ingen diskontering af CO₂ reduktioner
- B. Årlig stigning i prisen på MDO/MGO på 1,5 % i hele perioden 2020 til 2059. Prisen i 2059 når dermed op på 7,61 kr./l.
- C. Årligt fald i prisen på MDO/MGO på 1 % i hele perioden 2020 til 2059. Prisen i 2059 bliver derved reduceret til 2,88 kr./l.
- D. Lavere pris på el (25 % lavere elpris i hele fartøjets levetid).
- E. Højere pris på el (25% højere elpris i hele fartøjets levetid).
- F. Reducerede investeringsomkostninger for nybyg i 2020 og 2025 (merpris reduceret med 50%).
- G. Reduktion i prisen for nybyg i hhv. 2025 og 2030 lavere end ventet. Reduktionen antages at være 25 % i 2025 og 50 % i 2030.
- H. Fordobling af batteripris i udskiftningsår (2035, 2040 og 2045).

Resultaterne af følsomhedsanalyserne i form af ny skyggepris fremgår af tabel B3. Kolonnen "Basis" 0 viser skyggeprisen beregnet på baggrund af de oprindelige antagelser.

Som for HVO og metanol dual fuel scenarierne viser resultaterne af analyse A, at skyggepriserne falder med 40-60 %, hvis emissions reduktionerne ikke diskonteres. Derudover ses særligt ændringer i antagelserne vedr. reduktion i merpris for el-dieselhybrid-fartøjet at have en stor betydning for skyggeprisen. For analyse B, C, D og E, som alle vedrører ændringer i prisen på drivmidler, er konsekvenserne af de ændrede antagelser meget lille for omstillingsårene 2020 og 2025 (mellem 1 og 5 %). Dette skyldes, at investeringsudgifter er den dominerede udgiftspost for disse år. I 2030, hvor prisen på el-dieselhybrid-fartøjet antages at være den samme som for det dieseldrevne basisfartøj, ses ændringerne i priserne på drivmidler imidlertid at have nogen effekt på skyggepriserne.

For 2030 ændres skyggeprisen således med 92 %, når prisen på MDO/MGO øges med 1,5 % (analyse B), og ændringen i skyggepris er 45 %, hvis prisen på MDO/MGO falder med 1 % (analyse C). Et fald i elprisen på 25 % giver et fald i skyggeprisen på 26 %, og en stigning i elprisen på 25 % giver en stigning i skyggeprisen på 26 %; hvis elprisen falder med 25 % ændres skyggeprisen således fra - 887 til - 1,114 kr./ton CO₂ (analyse D), hvorimod skyggeprisen ændres fra fra - 887 til - - 659 kr./ton CO₂, hvis elprisen stiger med 25 % (analyse E). Analyse F viser at skyggepriserne for omstillingsår 2020 og 2025 reduceres med ca. 50 %, hvis merprisen for el-dieselhybrid-fartøjer reduceres med 50 %. Omvendt viser analyse G, hvordan skyggepriserne for omstillingsår 2025 og 2030 stiger med hhv. ca. 50 % (2025) og 1.500 % (2030), hvis reduktionen i merpris antages kun at være hhv. 25 % (2025) og 50% (2030). Ændringer i antagelserne vedr. udvikling i investeringsomkostninger ses således at have stor betydning for skyggepriserne i el-dieselhybrid-scenariet. Endelig indikerer resultaterne af analyse H, at selv en betydelige stigning i prisen på batteriskift (100 %) har lille betydning for skyggepriserne for omstillingsårene 2020 og 2025, hvorimod det medfører en ændring i skyggeprisen på ca. 30 % for omstilling i 2030.

Table B3. Følsomhedsanalyser for el-dieselhybrid-scenarier, skyggepriser (kr./ton CO₂; 2020 priser).

	Basis	A	B	C	D	E	F	G	H
2020	25,669	15,199	25,240	25,901	25,433	25,905	12,376	25,669	25,971
2025	12,026	5,911	11,415	12,343	11,796	12,256	5,570	18,482	12,320
2030	-887	-360	-1,704	-484	-1,114	-659	-887	11,923	-595

[Tom side]

ANALYSE AF CO₂-EMISSIONER OG ØKONOMI VED GRØN OMSTILLING AF FISKEFARTØJER

I rapporten beregnes CO₂ emissioner og CO₂ skyggepriser ved omstilling af fiskefartøjer til grønne drivmidler. Beregningerne udføres for et skift i brændstof fra fossilt baseret MDO/MGO (Marine Diesel Oil/Marine Gas Oil), der normalt bruges af fiskeskibe, til hhv. HVO (Hydro treated Vegetable Oil) - biodiesel og brug af grøn metanol i dual fuel-motorer. Beregningerne tager udgangspunkt i illustrative fiskefartøjer, der repræsenterer det mest udbredte fiskefartøj i fem forskellige størrelsesklasser. Der er en vis variation i de beregnede CO₂ skyggepriser på tværs af omstillingsalternativ og fartøjstype. Resultaterne viser dog at CO₂ skyggeprisen generelt er positiv og betydelig for alle de analyserede omstillingsalternativer, samt at CO₂ skyggeprisen falder i takt med at omstillingstidspunktet udskydes.