

OPPFØLGING AV HANDLINGSPLAN FOR GRØNN SKIPSFART

# Forbedring av omstillingsbarometer

Klima- og miljødepartementet

**Rapportnr.:** 2020-1083, Rev. 0

**Dokumentnr.:** 11HSHL63-3

**Dato:** 2020-11-23



Prosjektnavn: Oppfølging av handlingsplan for grønn skipsfart DNV GL AS Maritime  
Rapporttittel: Forbedring av omstillingsbarometer Environment Advisory  
Oppdragsgiver: Klima- og miljødepartementet, Postboks 8013 Veritasveien 1  
Dep 1363 Høvik  
0030 Oslo Norway  
Norway Tel: 65 57 99 00

Kontaktperson: Sveinung Oftedal  
Dato: 2020-11-23  
Prosjektnr.: 10208347  
Org. enhet: Environment Advisory  
Rapportnr.: 2020-1083, Rev. 0  
Dokumentnr.: 11HSHL63-3

Levering av denne rapporten er underlagt bestemmelsene i relevant(e) kontrakt(er):

#### Oppdragsbeskrivelse:

Utført av:



Alvar Mjelde  
Principal Consultant

Verifisert av:



Magnus S. Eide  
Principal Consultant

Godkjent av:



Terje Sverud  
Head of Section

Stian Salen  
Consultant

Øyvind Endresen  
Principal Consultant

Beskyttet etter lov om opphavsrett til åndsverk m.v. (åndsverkloven) © DNV GL 2020. Alle rettigheter forbeholdes DNV GL. Med mindre annet er skriftlig avtalt, gjelder følgende: (i) Det er ikke tillatt å kopiere, gjengi eller videreformidle hele eller deler av dokumentet på noen måte, hverken digitalt, elektronisk eller på annet vis; (ii) Innholdet av dokumentet er fortrolig og skal holdes konfidensielt av kunden, (iii) Dokumentet er ikke ment som en garanti overfor tredjeparter, og disse kan ikke bygge en rett basert på dokumentets innhold; og (iv) DNV GL påtar seg ingen aktsomhetsplikt overfor tredjeparter. Det er ikke tillatt å referere fra dokumentet på en slik måte at det kan føre til feiltolkning. DNV GL og Horizon Graphic er varemerker som eies av DNV GL AS.

DNV GL distribusjon:

- ÅPEN. Fri distribusjon, intent og eksternt.  
 INTERN. Fri distribusjon internt i DNV GL.  
 KONFIDENSIELL. Distribusjon som angitt i distribusjonsliste. Distribution within DNV GL according to applicable contract.\*  
 HEMMELIG. Kun autorisert tilgang.

\*Distribusjonsliste:

Nøkkelord:

Utslipp til luft  
Barometer for grønn skipsfart  
AIS-modellering

Rev.nr.	Dato	Årsak for utgivelser	Utført av	Verifisert av	Godkjent av
0	2020.11.23	Første utgave	A. Mjelde	M.S. Eide	T. Sverud

## Innholdsfortegnelse

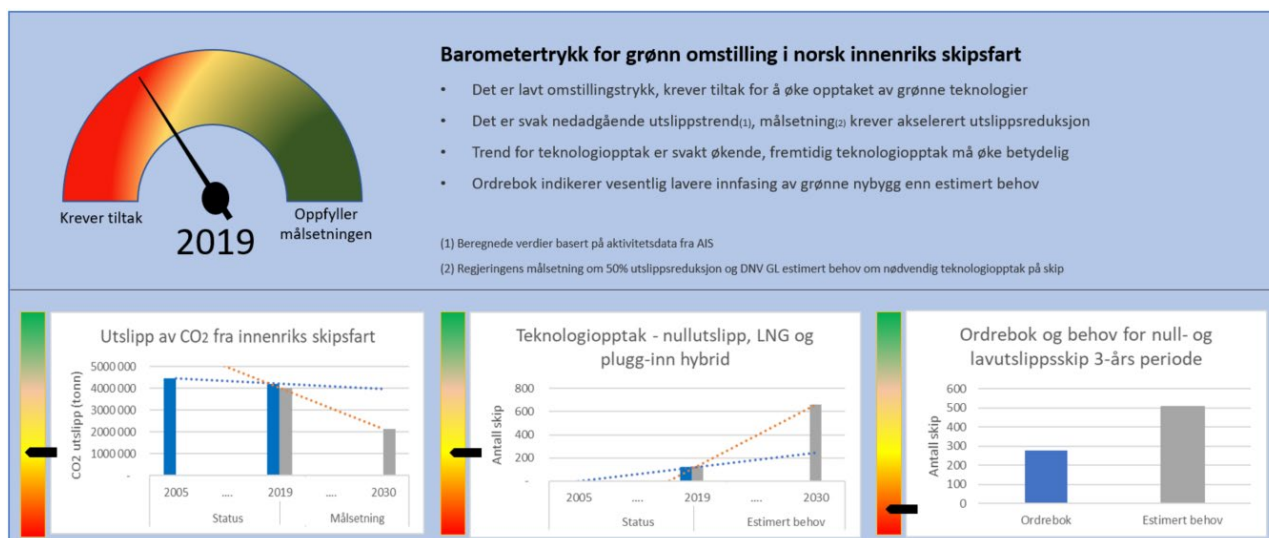
1	SAMMENDRAG.....	1
2	INTRODUKSJON .....	3
3	OPPDATERT BAROMETER .....	5
3.1	Barometer for grønn omstilling	5
3.1.1	Deltrykk 1 – status for dagens utslippsnivå	7
3.1.2	Deltrykk 2 - Status for opptak av grønn teknologi	7
3.1.3	Deltrykk 3 – Ordrebok for opptak av grønn teknologi	8
3.2	Underlag til barometeret	8
3.2.1	Historisk utvikling og nåsituasjon	9
3.2.2	Grønn ordrebok	10
3.2.3	Målsetting og referansebane for utslippsreduksjon med teknologioptak	11
3.2.4	FoU-aktiviteter	12
4	FORBEDRINGER AV MASTER-MODELL FOR BEREGNING AV UTSLIPP TIL LUFT OG EFFEKT AV TILTAK .....	18
4.1	Status for eksisterende modell	18
4.2	Skisse til revidert modell	19
4.2.1	Økt detaljeringsgrad og systemteknisk tilnærming	19
4.2.2	Bruk av skipsspesifikke tekniske og operasjonelle data, samt ytre miljødata	21
4.2.3	Bruk av informasjon om utslippsreducerende tiltak og drivstoff - Teknologidatabase	23
5	UTSLIPP AV KLIMAGASSER I 2005 FOR INNENRIKS SJØFART OG FISKE .....	25
5.1	Metode og data	25
5.1.1	Lasteskipsegmentet, inkl. offshore	25
5.1.2	Fiskefartøy	26
5.1.3	Passasjerfartøy	27
5.2	Resultat og diskusjon	28
6	MULIG VIDERE ARBEID.....	30
7	REFERANSER .....	31

# 1 SAMMENDRAG

Som et ledd i å følge opp de politiske målene om utslippsreduksjon i norsk innenriks skipsfart, og effekten av implementerte tiltak, ble et barometer for grønn omstilling for skip i norsk skipsfart utviklet av DNV GL for Klima- og miljødepartementet i 2018 (DNV GL, 2019a). Klima- og miljødepartementet har engasjert DNV GL til å videreutvikle barometeret for grønn omstilling for skip i norsk innenriksfart, som et ledd i oppfølging av Regjeringens handlingsplan for grønn skipsfart. Utviklingsarbeidet, som beskrevet i denne rapporten, tar sikte på å forbedre barometerets evne til å gi en enkel og god oversikt over utslippsstatus og innfasingen av lav- og nullutslippsteknologier i norsk skipsfart. På denne måten vil man kunne følge opp eventuelle avvik fra både dagens og fremtidige målsetninger om utslippsreduksjoner. For å oppnå dette videreutvikles barometeret til et «tidsmarsjerende» modellbasert rammeverk, som både ser tilbake i tid, har dagens status, og samtidig ser fremover.


Utviklingsarbeidet har satt søkelys på noen forbedringsområder, herunder visualiseringen av selve barometeret og de bakenforliggende resultatene som på en intuitiv måte forklarer hvorfor barometertrykker ligger der det gjør. Vi har også introdusert en ny funksjonalitet som gjør det mulig å sammenligne status for utslipp mot en referansebane. Som referansebane benyttes et scenario som resulterer i 50 prosent reduksjon i utslipp fra sjøfart og fiske i 2030 sammenlignet med 2005, utviklet i DNV GL's underlagsrapport til Klimakur 2030 (DNV GL, 2019c).

Figur 1-1 viser barometeret for 2019, med omstillingstrykk (barometerklokke) og informasjon (grafer) som forenklet forklarer grunnlaget for barometertrykket.



**Figur 1-1 Barometer for grønn omstilling i innenriks skipsfart for 2019.**

Omstillingsbarometeret for 2019, viser et omstillingstrykk som er i grenseland mellom rødt og gult nivå. Det lave nivået skyldes at utslippene fra innenriks sjøfart ligger ca. 3% over referansebanen, at antall skip med grønn teknologi som allerede opererer i innenriksfart ligger i underkant av forventet nivå og at det grønne teknologioptaket må akselerere vesentlig i nær fremtid, samt at ordreboken indikerer et for lavt opptak av nye grønne teknologier. Samlet vil dette gi et omstillingstrykk i grenseland mellom rødt og gult nivå – og som viser at det er behov for et akselerert opptak av nye grønne teknologier som gir betydelige utslippsreduksjoner.



I denne rapporten introduserer vi også grunnlaget for en ny modul til barometeret, som beskriver de FoU-aktivitetene som bygger opp under innfasingen av nye lav- og nullutslippsteknologier i norsk innenriks skipsfart.

Videre er det identifisert behov for videreutvikling av sentrale modeller som benyttes i barometeret, spesielt MASTER-modellen for beregning av utslipp til luft fra skipstrafikk (e.g. Mjelde et al, 2014; 2019; DNV GL, 2018; 2019b). Denne rapporten har bidratt til bedre forståelse for mangler og svake punkter ved modellen; på flåtenivå og på enkeltskip, synliggjort av viktigheten av å utnytte data som i økende grad gjøres tilgjengelig, samt viktigheten av å etablere og oppdatere en Teknologidatabase for utslippsreducerende tiltak. Rapporten presenterer også en spesifisering for revidert modell på et høynivå, og en liste over utviklingsoppgaver til videre arbeid.

Fordi målsettinger om klimagassreduksjon ofte forholder seg til 2005 som referanseår er det behov for å estimere klimagassutslippet (CO<sub>2</sub>-utslippet) fra norsk innenriks sjøfart og fiske for dette året. Denne rapporten etablerer et første 2005-estimat som er aktivitetsbasert, som kan gi et referansepunkt for de AIS-baserte beregningene i nåtid som dermed blir metodisk konsistent. Det beregnede utslippet i 2005 er på 4440 kilo-tonn. I 2018 er utslippet beregnet til 4290 kilo-tonn, noe som innebærer en nedgang på ca. 3%. SSB-tallene (salgs-basert) indikerer på sin side en større nedgang fra 3700 kilo-tonn i 2005 til 3200 kilo-tonn i 2018, dvs. ca. 14% reduksjon.

## 2 INTRODUKSJON

Skipsfarten bidrar betydelig til luftforurensning og klimagassutslipp, både nasjonalt og internasjonalt. Utslipp av blant annet SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> og partikler bidrar til helse- og miljøskader, mens CO<sub>2</sub>-utslipp er den viktigste klimagassen fra skipsfarten. For å begrense disse utslippene har skipsfarten de senere årene blitt underlagt et strengere regime med regler. De viktigste reglene knytter seg til IMOs MARPOL-konvensjon, men også regionale aktører som EU stiller krav som påvirker næringen. Det er ventet at skipsfarten blir underlagt ytterligere internasjonale krav om utslippsreduksjon i årene som kommer, bl.a. har IMO vedtatt en ambisjon om å halvere utslippene fra internasjonal skipsfart innen 2050, sammenlignet med 2008.

Norge har gjennom Parisavtalen forpliktet seg til å kutte klimagassutslipp med 40 prosent i forhold til 1990-utslippsnivå. Reduksjon av utslipp fra transport, inkludert skipsfart, er en del av dette. I juni 2019 ble Regjeringens handlingsplan for grønn skipsfart lansert, med en ambisjon om å halvere klimagassutslippene fra innenriks sjøfart og fiske innen 2030.


Som et ledd i å følge opp de politiske målene om utslippsreduksjon i norsk innenriks skipsfart, og effekten av implementerte tiltak, ble et barometer for grønn omstilling for skip i norsk skipsfart utviklet av DNV GL for Klima- og miljødepartementet i 2018 (DNV GL, 2019a). Dette skal fungere som et rammeverk for å overvåke dagens CO<sub>2</sub>-utslipp og teknologioptak (inkl. ordreboken). Hovedformålet med barometeret er å tydelig kommunisere status for omstillingen av norsk innenriks skipsfart til lavutslipp, og synliggjøre behov for ytterligere tiltak. I regi av Grønt Skipsfartsprogram (GSP) ble tallgrunnlaget for barometeret oppdatert i 2018 og 2019.

I 2019-versjonen av DNV GL sitt «*Maritime Forecast to 2050*» ble det utviklet en variant av CO<sub>2</sub>-barometeret rettet mot den globale skipsfarten. Her kombinerte man trender for CO<sub>2</sub>-utslipp med teknologioptak (også ordrebok) og regelverksinnføring for å danne et samlet grunnlag for høynivå vurdering av global avkarboniseringsstatus og omstillingstrykk visualisert i barometeret. Enkelt sagt, hvis barometeret viser høyt trykk, beveger industrien seg i riktig retning, på en vei for å oppnå de satte målene for reduksjon. Hvis barometeret viser lavt trykk, er fremdriften langt fra på riktig vei (DNV GL, 2019b).

Klima- og miljødepartementet har engasjert DNV GL til å videreutvikle barometeret for grønn omstilling for skip i norsk innenriksfart, som et ledd i oppfølging av Regjeringens handlingsplan for grønn skipsfart. Utviklingsarbeidet, som beskrevet i denne rapporten, tar sikte på å forbedre barometerets evne til å gi en enkel og god oversikt over utslippsstatus og innfasingen av lav- og nullutslippsteknologier i norsk skipsfart. På denne måten vil man kunne følge opp eventuelle avvik fra både dagens og fremtidige målsetninger om utslippsreduksjoner. For å oppnå dette videreutvikles barometeret til et «tidsmarsjerende» modellbasert rammeverk, som både ser tilbake i tid, har dagens status, og samtidig ser fremover.

Utviklingsarbeidet har satt søkelys på noen forbedringsområder, som beskrives i kapittel 3:

1. Visualiseringen av selve barometeret og de bakenforliggende resultatene som på en intuitiv måte forklarer hvorfor barometertrykker ligger der det gjør.
2. Introduksjon av en ny funksjonalitet som gjør det mulig å sammenligne status for utslipp mot en referansebane. Som referansebane benyttes et scenario som resulterer i 50 prosent reduksjon i utslipp fra sjøfart og fiske i 2030 sammenlignet med 2005, utviklet i DNV GL's underlagsrapport til Klimakur 2030 (DNV GL, 2019c).

- 
3. Introduksjon av grunnlaget for en ny modul til barometeret, som beskriver de FoU – aktivitetene som bygger opp under innfasingen av nye lav- og nullutslippsteknologier i norsk innenriks skipsfart.

Denne rapporten beskriver resultatet av utviklingsarbeidet, og presenterer et oppdatert barometer som reflekterer dagens status for omstillingen av norsk innenriks skipsfart.

Det også identifisert behov for videreutvikling av sentrale modeller som benyttes i barometeret, spesielt MASTER-modellen for beregning av utslipp til luft fra skipstrafikk (e.g. Mjelde et al, 2014; 2019; DNV GL, 2018; 2019b). Kapittel 4 gir forslag til modellforbedringer.

Fordi målsettinger om klimagassreduksjon ofte forholder seg til 2005 som referanseår er det behov for å estimere klimagassutslippet (CO<sub>2</sub>-utslippet) fra norsk innenriks sjøfart og fiske for dette året. Riktignok rapporterer SSB CO<sub>2</sub>-utslipp for innenriks sjøfart og fiske i 2005 (SSB, 2020b), men dette tallet er basert på salg av drivstoff og derfor ikke et relevant referansetall for nåtidens AIS-baserte estimer. Dette utløser behovet for å etablere et 2005-estimat som er aktivitetsbasert, som kan gi et referansepunkt for de AIS-baserte beregningene i nåtid som dermed blir metodisk konsistent. Dette beskrives i kapittel 5.



### 3 OPPDATERT BAROMETER

Dette kapitlet viser en forbedret versjon av barometret for grønn omstilling av norsk innenriks skipsfart, som ble lansert i Handlingsplan for grønn skipsfart (DNV GL, 2019a), med oppdaterte resultater for 2019.

I tillegg til barometeret vises også bakenforliggende informasjon, med detaljert informasjon om de enkelte resultatene, som danner grunnlaget for selve barometeret. Dette omfatter:

1. Historisk utvikling og nåsituasjon. Dette gir en oversikt over dagens utslippsnivå, hvilke lav- og nullutslippsteknologier som er implementert og et estimat på hvilken effekt de innførte tiltakene har hatt. I tillegg vises historisk utvikling av CO<sub>2</sub> utslipp.
2. Grønn ordrebok. Dette gir oversikt over planlagte innfasinger av nye lav- og nullutslippsteknologier (gjennom ordrebok) på skip som skal operere i norsk innenriks skipsfart. I tillegg vises antall skip med lav- og nullutslippsteknologier som forutses bygget de neste tre årene for å nå målet om utslippsreduksjon i 2030.
3. Målsetting og referansebane for utslippsreduksjon og teknologioptak. Dette skal gi en projeksjon for fremtidig utslipp fra norsk innenriks skipsfart, som skal oppfylle nasjonal målsetning i 2030 (DNV GL, 2019c). Her gis også oversikt over mulige tiltak som må innføres for at denne målsetningen skal kunne oppnås.
4. FoU-aktiviteter. Dette vil gi en oversikt over relevante pågående eller planlagte FoU-aktiviteter rettet inn mot avkarbonisering av skipsfarten i Norge, brutt ned på teknologiområder. Dette vil bidra til å vurdere om det foregår tilstrekkelig forskning som bidrar til at målsetningene om fremtidig utslippsreduksjon kan oppnås.

Punkt 1 og 2 ovenfor inngikk også i det opprinnelige barometret, mens punkt 3 og 4 representerer en betydelig metodisk videreutvikling gjennom dette prosjektet. Barometeret og de underliggende sidene er nærmere beskrevet nedenfor med visualisering av resultatene.

#### 3.1 Barometer for grønn omstilling

Formålet med et barometer for grønn omstilling er å gi Klima- og miljødepartementet et grunnlag for overvåkning og oppfølging av de politiske målsettingene om klimagassreduksjoner i norsk skipsfart. Barometeret skal gi et overordnet bilde, presentert som omstillingstrykk, som viser om skipsfarten er på rett vei med hensyn på reduserte utslipp av CO<sub>2</sub> for flåten som opererer i norsk innenriksfart. Barometeret skal også vise om det er tilstrekkelig opptak av nye lav- og nullutslippsløsninger slik at det blir mulig å nå en fremtidig målsetning om lavt klimaavtrykk fra skipsfarten. Omstillingstrykket er angitt som høyt (GRØNN) hvis dagens status for utslipp og opptak av grønn teknologi er bedre eller i henhold til forventning/målsetning. Er omstillingstrykket på et mellomnivå (GUL), er dagens status for utslipp noe høyere enn forventet og/eller at det er for lite opptak av nye grønne teknologier slik at det bør vurderes om det er behov for implementering av avbøtende tiltak. Er omstillingstrykk lavt (RØD), angir dette et for stort avvik mellom status for utslipp og opptak av grønn teknologi mot forventningene slik at tiltak bør iverksettes.

Samlet omstillingstrykk reflekterer tre underliggende faktorer;

- Del 1 gir status for dagens utslippsnivå.
- Del 2 gir status for dagens bruk av grønn teknologi samt endringstakt som kreves for å nå målsetning om fremtidig utslippsreduksjon.
- Del 3 gir ordrebok for opptak av ny grønn teknologi.

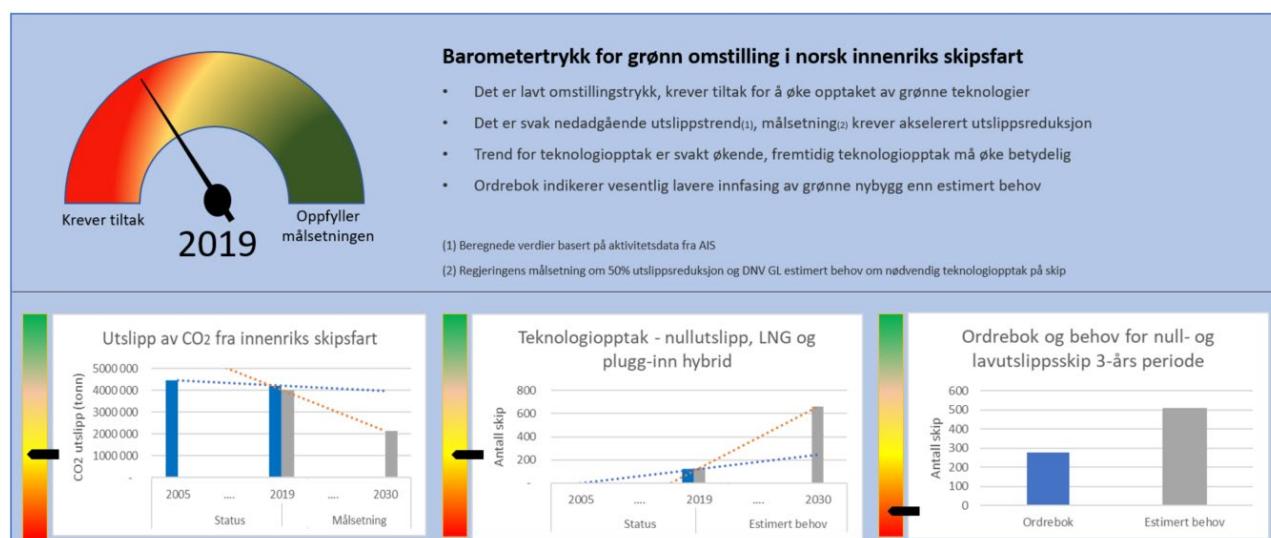


FoU-aktiviteter, som beskrevet i kapittel 3.2.4, er ikke lagt til som et eget deltrykk i dette utkastet til barometer, men vil i prinsippet kunne legges til som et fjerde deltrykk.

Samlet omstillingstrykk er matematisk beregnet ved å summere faktorene gitt i de tre underliggende deltrykkene vist i barometeret.

- Omstillingstrykket angis som deltrykk 1 + deltrykk 2 + deltrykk 3.
- Faktorene som er benyttet i hver av de tre underliggende deltrykkene er angitt som lavt trykk=0, mellomtrykk=1 og høyt trykk=2. Dette gjør at omstillingstrykket vil være i GRØNN sektor hvis summen av de ulike deltrykkene ligger på 4 eller høyere, GUL sektor er omstillingstrykket mellom 2 og 4 og RØD sektor hvis det er 2 eller lavere.
- Det vil være fullt mulig å vektlegge de ulike deltrykkene i barometeret forskjellig, hvor hvert deltrykk får egen vekt, men at alle delene samlet utgjør 100%. En slik vektlegging kan gjøre at omstillingsbarometeret for eksempel kan fokusere mer på måloppnåelse for utslippsreduksjon eller at barometeret kan fokusere på at det er tilstrekkelig opptak av ny teknologi.

Figur 3-1 viser barometeret for 2019, med omstillingstrykk (barometerklokke) og informasjon (grafer) som forenklet forklarer grunnlaget for barometertrykket.



**Figur 3-1 Barometer for grønn omstilling i innenriks skipsfart for 2019.**

Omstillingsbarometeret for 2019, viser et omstillingstrykk som er i grenseland mellom RØDT og GULT nivå. Det lave nivået skyldes at utslippene fra innenriks sjøfart ligger ca. 3% over referansebanen (gir deltrykk=1), at antall skip med grønn teknologi som allerede opererer i innenriksfart ligger i underkant av forventet nivå og at det grønne teknologioptaket må akselerere vesentlig i nær fremtid (gir deltrykk=1) samt at ordreboken indikerer et for lavt opptak av nye grønne teknologier (under 50% av behov som gir deltrykk=0). Samlet vil dette gi et omstillingstrykk lik 2 og derfor plasserer seg i grenseland mellom RØDT og GULT nivå.

Barometeret for 2019 viser at det er behov for et akselerert opptak av nye grønne teknologier som gir betydelige utslippsreduksjoner.

Det er nedenfor gitt en nærmere beskrivelse av de vurderingene som er gjort for å komme frem til barometertrykket og de enkelte deltrykk.

### 3.1.1 Deltrykk 1 – status for dagens utslippsnivå

Nederst til venstre i Figur 3-1 vises hovedresultatene som danner grunnlaget for deltrykk 1 – beregnet utslipp av CO<sub>2</sub> fra innenriks skipsfart. I tillegg vises en nivåindikator som angir deltrykket som angir nivå for omstillingstrykket. Figuren viser 2005-referansenivå for CO<sub>2</sub> utslipp (nærmere beskrevet i kapittel 5), utslippsstatus for 2019 og en trendlinje for de historiske utslippene. Figuren viser også målsetning for CO<sub>2</sub> utslipp i 2030, referansenivå for 2019 og referanselinjen for utslippsreduksjon. Sammen skal disse resultatene kunne gi en god forståelse av status for CO<sub>2</sub> utslipp, utslippstrendene og hva som er forventningene.

Deltrykk 1 etableres ved at man beregner hvor stort avvik det er mellom dagens utslippsnivå og hvor dagens utslippsnivå burde vært i henhold til målsetningen (referanselinje). Den referanselinjen som er benyttet i barometeret baserer seg på resultatene fra DNV GLs tiltaksanalyse (DNV GL 2019c), der målsetningen var 50% reduksjon i klimagassutslippene ut fra 2018 som referansenivå. Det ble for norsk innenrikstrafikk gjort anslag på fremtidig trafikkutvikling, opptak av teknologi og beregnet forventet årlige utslipp, og dette grunnlaget benyttes for å angi referanselinjen med startpunkt i 2018. Den viste referanselinjen viser en tilnærmet lineær nedgang til 2030, og kan uttrykkes som:

$f(x) = -187750x + 4281000$ , der  $x$  er antall år siden 2018.

For angivelse av deltrykk 1 anses alle utslipp som ligger 10% over referansebanen som et lavt omstillingstrykk=0 (RØD), utslipp som ligger mellom 0-10% over referanselinjen gir et mellomtrykk=1 (GUL), og alt som er under referanselinjen er høyt omstillingstrykk=2 (GRØNN).

Med et beregnet utslipp i 2019 på ca. 4 200 000 tonn CO<sub>2</sub> fra innenriks sjøfart og med et referansenivå som skulle vært rundt 4 090 000 tonn CO<sub>2</sub>, gir dette er utslipp som per i dag er ca. 3% over referanselinjen. Dette gjør at deltrykket for 2019 er på mellomnivå=1 og angis som GULT deltrykk. Forventningene om store fremtidige utslippsreduksjoner (helning på referansebane mot historisk utslippsbane) viser at det må komme betydelig utslippsreduksjon i nær fremtid.

### 3.1.2 Deltrykk 2 - Status for opptak av grønn teknologi

I midten av Figur 3-1 vises en graf med antall skip som har opptak av grønne teknologier, nåværende status for teknologiopptak i 2019 og referanselinje for antall skip med estimert behov for opptak av grønne teknologier. I tillegg viser figuren en nivåindikator som angir deltrykket som spilles inn til selve omstillingstrykket.

Deltrykk 2 etableres ved at man beregner hvor stort avvik det er mellom det reelle opptaket av grønne teknologier (antall skip per dato) og så sammenholder dette med estimert behov for nye skip som bør ha grønne teknologier. Det er i 2019 oppgitt at det er i størrelsesorden 120 skip som har grønne teknologier, og målsetningen var i samme størrelsesorden. Samsvaret mellom de to tallene skyldes hovedsakelig at referansepunktet for nye grønne teknologier startet med 2018 som basis og med en liten økning til 2019, slik at dagens status blir relativt god.

Tas det med i betraktning at det ligger en stor forventning om fremtidig opptak av nye grønne teknologier, viser figuren også at det årlige opptaket av grønn teknologi må akselerere betydelig. Deltrykk 2 inkluderer derfor endringstakten for opptak av nye grønne teknologier der historisk utvikling settes opp mot fremtidig målsetning. Endringstakten for opptak av nye teknologier viser at det i perioden 2005 og til 2019 har være en stigning på ca. 60 nye skip med grønn teknologi per år, mens forventet endringstakt er opp mot 270 nye skip per år (DNV GL, 2019c). Dette gjør at behovet for opptak av nye skip med grønn teknologi i fremtiden vil være mer enn 4 ganger høyere enn det opptaket som er frem til i dag. Dette gjør at deltrykket for 2019 er på mellomnivå=1 og angis som GULT deltrykk.

### 3.1.3 Deltrykk 3 – Ordrebok for opptak av grønn teknologi

Nede til høyre i Figur 3-1 vises ordrebok for skip som skal benytte grønne teknologier og som antas å skulle operere i norske farvann. I tillegg vises estimert behov for nye skip med grønne teknologier i referansebanen (DNVGL 2019c). Figuren viser også en nivåindikator som angir deltrykket som spilles inn til selve omstillingstrykket.

Deltrykk 3 etableres ved å beregne avviket mellom antallet skip i ordreboken og antallet skip i henhold til forventningene om nye skip som har opptak av grønn teknologi. I tillegg vurderes endringstakten for ordreboken opp mot forventet opptak over en 3-års periode. De typer utslippsreducerende teknologier som inngår i denne vurderingen er opptak av LNG-skip, nullutslippsteknologier (hydrogen, ammoniakk, batteri-plugg-in-hybrid) og batteri-hybridløsninger. LNG-skip og batteri-hybridløsninger (ikke plugg-inn) gir forholdsvis lav reduksjon i utslipp av klimagasser, men er med fordi de kan bidra til større endringer bl.a. ved opptak av biogass på LNG-skip og nedstengning av motorer på hybridskip der høye effekter benyttes i kortere perioder.

Siste analyse av ordreboken var på 2018 data, hvor ordreboken viste at det ligger i underkant av 80 nye skip med grønn teknologi og som sannsynligvis skal operere i norsk innenriksfart. Forventningene for 2019 var på ca. 130 nye skip. Dette gjør at ordreboken for 2019 inneholder ca. 60% av forventet opptak. Over en 3-årsperiode viser endringstakten for ordreboken en stigning på ca. 12 nye skip per år, mens referansenivået for opptak er 45 nye skip per år (DNV GL, 2019c). Dette gjør at det i kommende 3-årsperiode kun ligger ca. 25% av behovet for opptak av nye skip med grønn teknologi. Ordreboken vil ikke gi et helt riktig bilde siden opptak av ny teknologi også kan komme på eksisterende skip. Det er derfor grunn til å tro at ordreboken og spesielt endringstakten over 3-årsperioden sannsynligvis viser et noe for lavt opptak.

For angivelse av deltrykk 3 vil verdier under 50% gi et lavt trykk=0 (RØD), verdier som ligger mellom 50% og 75% antas å gi et mellomtrykk=1 (GUL) og alt som er over 75% er angitt som høyt trykk=2 (GRØNN). Begrunnelsen for at verdiene kan ligge såpass langt nede (75% av måloppnåelse), men fortsatt gi fullt bidrag til deltrykket, er at det sannsynligvis også vil komme ny teknologi på eksisterende skip og at det i tillegg kan komme opptak av drivstofftyper som ikke krever ny teknologi (eks. biodrivstoff).

Med en ordrebok som ligger på ca. 60% av behovet og med en endringstakt over de 3 kommende årene som ligger rundt 25% av behovet, gjør dette at forventet opptak av nye grønne teknologier ligger et sted mellom 25% og 60% av målsetningen. Deltrykket for 2019 anses derfor å gi lavt trykk=0 og angis som RØDT nivå.

## 3.2 Underlag til barometeret

For å få en bedre forståelse av barometertrykket og de underliggende deltrykk, presenteres det også detaljert informasjon om de enkelte resultatene som danner grunnlaget for selve barometeret.

Vi tenker oss at det på sikt vil være hensiktsmessig å tilgjengeliggjøre både selve barometeret og den underliggende informasjonen, på en egnet nettløsning. Dette vil kunne gjøre informasjonen mer tilgjengelig for ulike interessenter. Med denne fremtidige utviklingen for øye har vi valgt å presentere informasjonen i dette kapittelet i form av mulige *temasider* som kan inngå i løsningen. De ulike temaside vil kunne presentere mer detaljert informasjon om resultatene. Det er i de etterfølgende kapitlene gitt en kort beskrivelse av hva disse temaside kan inneholde. Temaside bygger på arbeidet som ble levert i handlingsplan for grønn skipsfart, (DNV GL, 2019a).

Målsetning om utslippsreduksjon og FoU aktiviteter ble ikke beskrevet i 2019 barometer rapporten, men er nye elementer i dette barometeret.

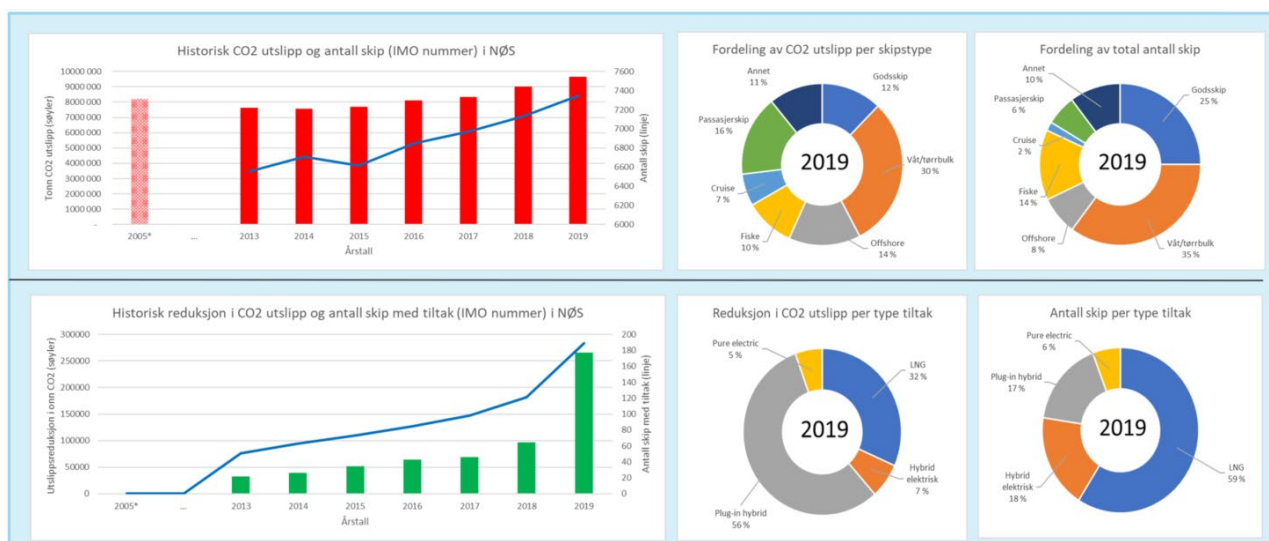
### 3.2.1 Historisk utvikling og nåsituasjon

Resultatene for temasiden historisk utvikling og nåsituasjon vil komme fra det AIS-baserte miljøregnskapet (MASTER-modellen), hvor det på enkeltskip identifiseres hvilke utslippsreducerende teknologi som benyttes og hvor det blir beregnet status for utslipp til luft og effekt av tiltak. Beregningene gjøres på globale AIS-data, og resultatene fordeles deretter i den delen som skal inngå i det nasjonale regnskapet (norsk innenriksfart), og eventuelt i norsk økonomisk sone (NØS) eller for valgte geografiske områder. Temasiden skal gi en detaljert oversikt over historisk utvikling og dagens status for utslipp av klimagasser, oversikt over de lav- og nullutslippsteknologiene som benyttes (teknologistatus) og utslippsreducerende effekt av de implementerte tiltakene. Oversikten skal inkludere alle nye «grønne» teknologier og typer drivstoff som tas i bruk, slik som for eksempel LNG-skip, batteriteknologier, biodrivstoff, hydrogen, ammoniakk, e-drivstoff, energieffektiviseringstiltak og ulike energiomformere fra tradisjonelle forbrenningsmotorer til brenselceller. Bruk av biodrivstoff og e-drivstoff på enkeltskip vil være spesielt vanskelig å identifisere. For disse typer tiltak vil det være nødvendig å gjøre overordnede vurderinger om disse drivstofftypene benyttes og i hvilken utstrekning, med mindre spesifikk informasjon er tilgjengelig for enkeltskip.

Figur 3-2 viser ulike elementer som kan inngå i temasiden: historisk utvikling og nåsituasjon. AIS dataene gjør det mulig å vise resultater for ulike rapporteringsformål, f.eks. skip som er innenfor NØS, skip i innenriksfart, utenrikstrafikk, spesielle geografiske områder, med mer. Ut fra hvilken visning som velges, vil figurene oppdateres automatisk. Figur 3-2 presenterer 2019 resultatene for NØS.

Figurene er delt i to hoveddeler, der den øverste gir en oversikt over totale utslipp av klimagasser og flåtesammensetning, mens den nederste delen viser opptak av lav- og nullutslippsteknologi samt effekt av de utslippsreducerende tiltakene som er gjennomført (dvs. hvor stor utslippsreduksjon det er på de skipene som opererer innenfor det området som er valgt). Informasjonen i de ulike figurene skal gi følgende:

1. Totalt CO<sub>2</sub>-utslipp og antall skip og antall skip (IMO-nummer). Figuren viser historisk utvikling for de totale CO<sub>2</sub>-utslippene og referanseverdi for basisår 2005 (estimert). AIS-modellerte resultater for utslipp til luft er tilgjengelig fra 2013, og disse resultatene kan benyttes til å vise utviklingen over tid for årlige utslipp.
2. Fordeling av CO<sub>2</sub>-utslipp per skipstype (7 hovedkategorier skip).
3. Fordeling av antall skip per skipstype (7 hovedkategorier skip).
4. Reduksjon i CO<sub>2</sub>-utslipp og antall skip med tiltak (antall IMO nummer).
5. Fordeling av CO<sub>2</sub>-utslippsreduksjon per type tiltak.
6. Fordeling av antall skip per type tiltak.



**Figur 3-2 Temaside - historisk utvikling og nåsituasjon (viser resultater for skipstrafikk i NØS).**

### 3.2.2 Grønn ordrebok

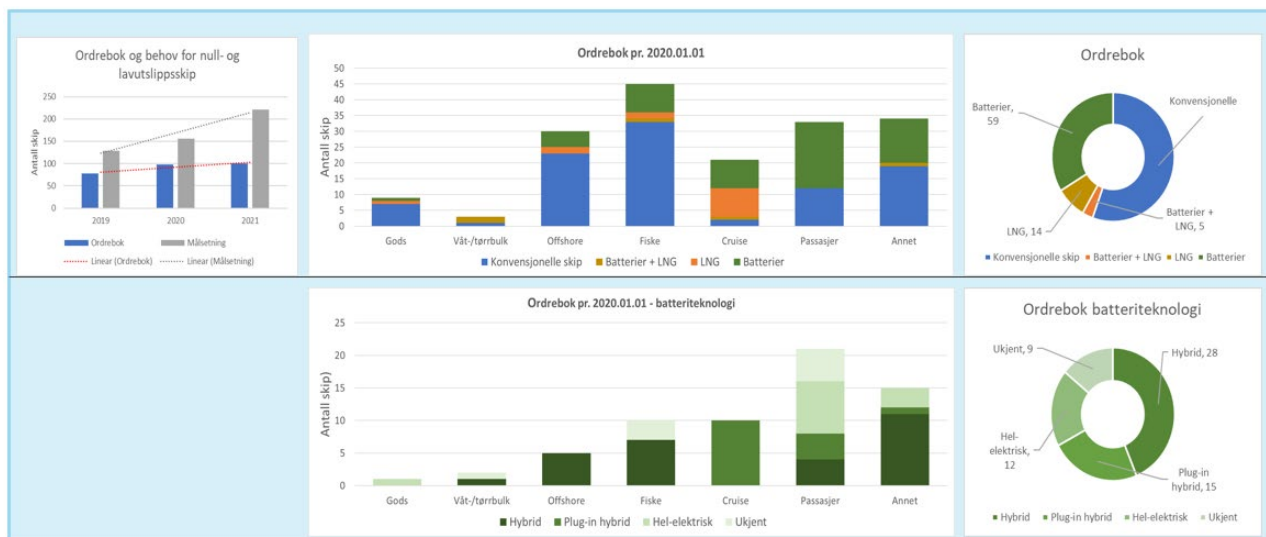
Siden for grønn ordrebok skal gi en mer inngående oversikt over antall «grønne» skip i ordreboken og sammenstille dette med antallet konvensjonelle skip. Som grunnlag for temasiden vil det bli benyttet data fra flere kilder, som for eksempel skipsregisteret IHS Fairplay og DNVGL plattformen AFI (Alternative Fuels Insight). Hverken IHS Fairplay eller AFI databasen gir informasjon om hvor skipene er tenkt benyttet, og det er derfor nødvendig å gi et estimat over i hvilket omfang ordreboken og teknologiopptaket påvirker innenriks skipsfart.

Ordreboken inneholder alle skip som er i bestilling pr i dag (eller annen oppgitt dato). Skipene i ordreboken leveres fortløpende, i prinsippet fra i morgen og omtrent tre år frem i tid. Det er betydelig variasjon i tiden fra et skip bestilles (legges i ordreboken) til det leveres. Noen skip har kortere leveransetid enn tre år. Dette betyr at det vil bestilles skip neste år som også blir levert innenfor samme periode. På samme måte vil noen skip i ordreboken kanselleres, eller leveransedato utsettes, av tekniske eller kommersielle grunner. Ordreboken gir derfor ikke et fullgodt bilde for det nøyaktige antallet skip som vil leveres de neste tre årene, men gir en relativt god indikasjon. I barometeret sammenlignes tallet i ordreboken med antallet skip som forventes bygget de neste tre årene for å nå målet om utslippsreduksjon i 2030, slik det er beregnet av DNV GL. Grunnlaget for vurdering av ordreboken er nærmere beskrevet i DNV GL rapport 2019-0080 «Underlag til handlingsplan for grønn skipsfart», hvor vi fra ordreboken estimerer utnyttelse i norske farvann etter følgende fremgangsmåte:

1. Ettersom AIS-tall for 2017 viser at nær 90% av skipene som er i Norge i mer enn 80% av tiden er norsk-eide, identifiserer vi skip med norsk eier fra den globale ordreboken og legger de i en egen liste.
2. Fra listen fjerner vi skip som opplagt ikke er ment for norsk innenriks fart – for eksempel store konteiner-, tank- og bulkskip.
3. Til slutt gjør vi et søk (fra den globale ordreboken) på skip med norsk operatør (men utenlandsk eier) som også bør med i listen, bl.a. der det er tydelig at skipet skal gå på norsk fergesamband. Disse legges til listen.

Figur 3-3 viser ulike elementer som kan inngå i temasiden grønn ordrebok. Figuren viser antallet skip i ordreboken pr 01.01.2020, som er forventet skal operere i innenriksfart. Figuren viser også antall skip

som har ny teknologi satt opp mot forventningene om teknologiopptak skal målet om 50% utslippsreduksjon i 2030 nås. I tillegg vises fordeling av teknologiopptaket på typer skip og type lav- og nullutslippsteknologi.



**Figur 3-3 Temaside - grønn ordrebok.**

### 3.2.3 Målsetting og referansebane for utslippsreduksjon med teknologiopptak

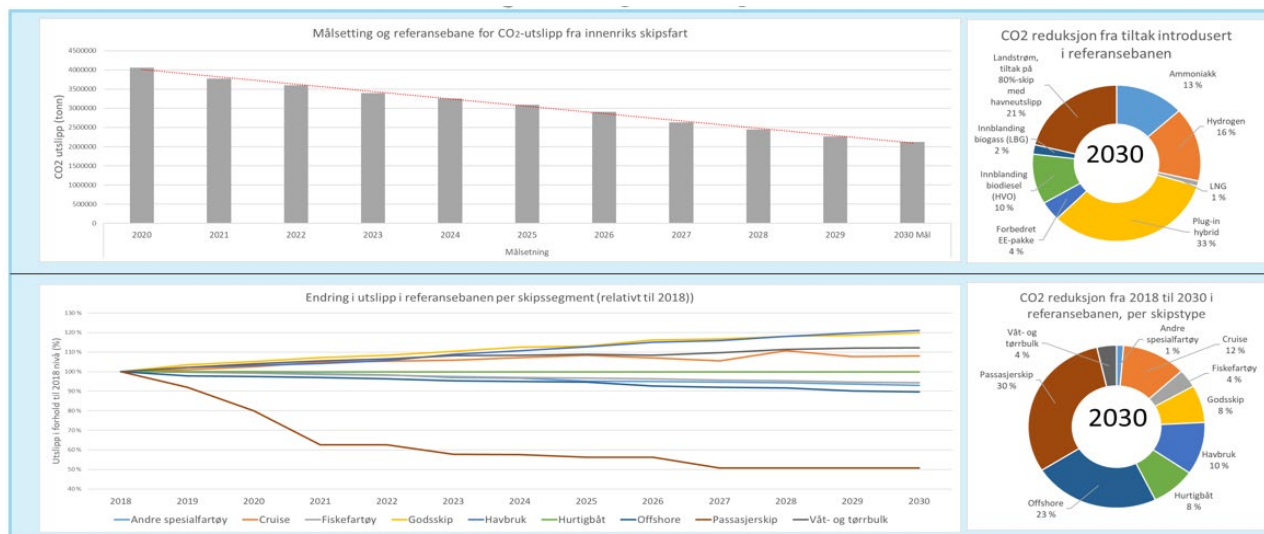
Temasiden målsetting og referansebane for utslippsreduksjon med teknologiopptak skal gi detaljert oversikt over hvilke målsetninger som er satt for fremtidig reduksjon av CO<sub>2</sub> utslipp.

Vi skiller mellom målsetting (som er politisk satt til 50% reduksjon i 2030 fra 2005 nivå) – og *en referansebane* som beskriver en mulig utviklingsbane for utslipp og teknologi som tar oss til målet. Det kan være mange slike utviklingsbaner, men vi velger oss en.

Nedenfor vises det hvordan temasiden presenterer målsettingen, referansebane og teknologiopptak for utslippsreduksjon i norsk innenriks skipsfart basert på tiltaksanalyse «Reduksjon av klimagassutslipp fra innenriks skipsfart», (DNVGL, 2019c). Dette er en underlagsrapport til Miljødirektoratets Klimakur 2030-rapport. I tiltaksanalysen ble det satt sammen et scenario der en rekke utslippsreducerende tiltak på ulike skipstyper blir antatt implementert i årene som kommer, og som i sum skal utløse minst 50% reduksjon med CO<sub>2</sub> utslippet i 2018 som basis. Vi velger å bruke dette scenariet, som beskriver både utslipp og teknologiopptak mot 2030, som vår referansebane for barometeret. Hovedresultatene fra dette er vist nedenfor:

1. Målsetting og referansebane for CO<sub>2</sub>-utslipp fra innenriks skipsfart.
2. Fordeling av CO<sub>2</sub> reduksjon i 2030 fra teknologiopptak introdusert ihht. referansebanen.
3. Endringene i utslipp i referansebanen per skipssegment (relativt til 2018).
4. Fordeling av CO<sub>2</sub> reduksjon fra 2018 til 2030 per skipstype. ihht. referansebanen.





**Figur 3-4 Temaside - målsetning og referansebane.**

### 3.2.4 FoU-aktiviteter

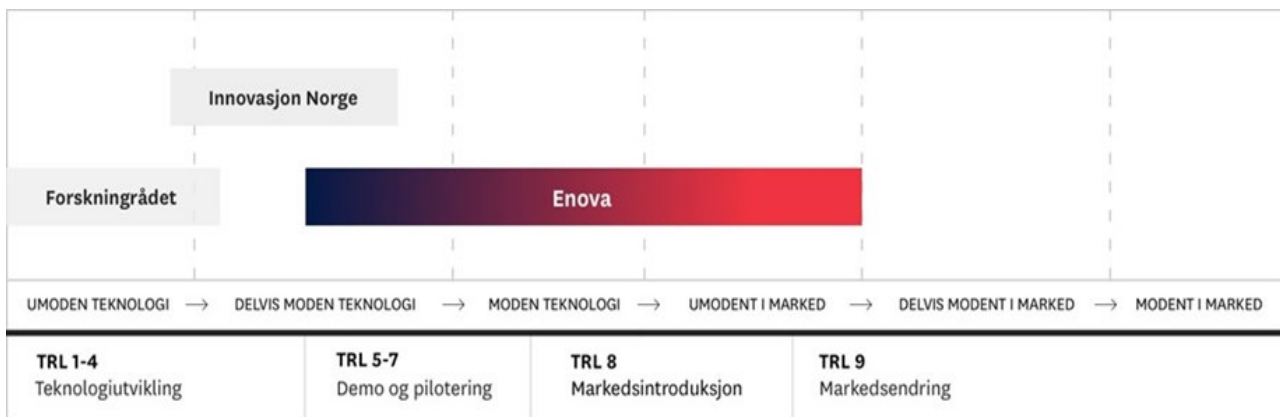
Målsetningen om fremtidig utslippsreduksjon i norsk innenriks skipsfart indikerer at det i nær fremtid må komme opptak av nye teknologier, som per i dag ikke regnes som tilstrekkelig modne. Dette gjelder spesielt opptak av hydrogen og ammoniakk i norsk innenriks skipstrafikk. DNV GLs tiltaksanalyse indikerte at det allerede i 2025 må være et betydelig opptak av de to teknologiene, skal man nå målene om 50% utslippsreduksjon i 2030 der 2005 er referansenivå (DNV GL, 2019c).

For de teknologiene som er umodne er det avgjørende at det investeres tilstrekkelig i forskning og utviklingsprosjekter som kan bidra til at implementering i flåten blir muligjort. Det er derfor behov for en samlet oversikt over de pågående FoU-aktiviteter, for å kunne vurdere om de er tilstrekkelige eller om det er behov for å øke FoU-innsatsen.

Første versjon av FoU-oversikten baserer seg på offentlig tilgjengelig data fra Forskningsrådet, Innovasjon Norge og Enova. Disse tre organisasjonene har ulike fokusområder, henholdsvis: utvikling av ny teknologi, utvikling av delvis moden teknologi og fullskala implementasjon av ny og innovativ teknologi<sup>1</sup>. Det er også foretatt en vurdering av på hvilke modningsnivå FoU-aktivitetene foregår. Til sammen spenner de tre aktørene nesten hele TRL-skalaen, med noe overlapp mellom de ulike nivåene, som illustrert i Figur 3-5.

<sup>1</sup> <https://www.enova.no/bedrift/innovasjon-og-klimateknologi/hvilke-aktorer-stotter-hva1/>





**Figur 3-5 Skala for teknologimodenhet (TRL-skala) hentet fra Enova sine nettsider<sup>1</sup>.**

For FoU-vurderingene er det fokusert på aktivitetene knyttet til utvikling og teknologioptak av hydrogen og ammoniakk på skip. Hel- og delelektrifisering av skip, sammen med LNG-drevne skip og skip som benytter biodrivstoff, har kommet relativt langt i utviklingsprosessen. Sammen gir disse skipene et betydelig bidrag til dagens utslippsreduksjon, mens hydrogen og ammoniakk fortsatt er i startgropen. Elektrifisering, LNG og biodrivstoff regnes derfor vurdert som relativt modne "teknologier" og er mindre relevante i FoU-vurderingene.

Støttebidragene som er tatt med i oversikten er i hovedsak direkte knyttet til skipsteknologi, men det er også noen få prosjekter knyttet til produksjon og infrastruktur. De sistnevnte prosjektene er tatt med fordi det er forventet at de stimulerer til økt investeringsaktivitet rundt teknologien. PILOT-E-støttede "Hydrogen Hellesylt Hub" er et eksempel på et slikt prosjekt.

FoU-oversikten skal gi et indikativt bilde av nåsituasjonen, men er ikke uttømmende og må derfor betraktes som et førsteutkast. Viktige FoU-aktiviteter som ikke er vist i første utgave av oversikten inkluderer:


- EU-prosjekter
- Klyngeaktiviteter
- Piloter i GSP
- Katapultsenterne
- Utviklingskontrakter og offentlige innkjøp
- Prosjekter uten norsk involvering (globalt).

Det er dessuten usikkerhet tilknyttet kvantifiseringen av teknologimodenhet (TRL) og hvilket år FoU-aktivitetene forventes å bli fullført. Nedenfor er en nærmere vurdering av FoU-aktivitet og TRL-nivå for teknologiene hydrogen og ammoniakk.

### 3.2.4.1 Teknologimodenhet og FoU-status for hydrogen

Brenselcelleteknologi som benytter hydrogen som energikilde er vurdert til å ligge på TRL 6 (DNV GL, 2019d). TRL 6 tilsier at en systemløsning på pilotskala er validert (oppfyller alle funksjonskrav) under relevante driftsbetingelser, normalt med sluttbrukerinvolvering<sup>2</sup>. Siden skipsfarten er en sammensatt

<sup>2</sup> <https://www.enova.no/bedrift/industri-og-anlegg/tema/technology-readiness-levels-tr/>



bransje, forventes sprik i TRL mellom ulike anvendelser (skipstyper og størrelser), også fremover. Norges første hydrogenferge skal settes i drift i 2021, som betyr at TRL 7 oppnås for denne skips kategorien. Det er også andre initiativer i Norge som jobber med å utvikle maritime hydrogenprosjekter. Eksempler på dette er Fiskerstrands HYBRIDskip<sup>3</sup>, hydrogenpiloten GKP7H2 i Grønt Skipsfartsprogram (hydrogenhurtigbåt Florø-Måløy). Utvikling fra TRL 7 til 9 avhenger av hvilken utbredelse teknologien har i markedet, fra uttesting av prototype i markedsrelevant skala, til drift over tid under kommersielle rammer og ulike driftssituasjoner. Det bemerkes at TRL 8 og 9 også krever at en fullskala systemløsning er etablert, dvs. at etablering av tilstrekkelig bunkringsinfrastruktur også må på plass.

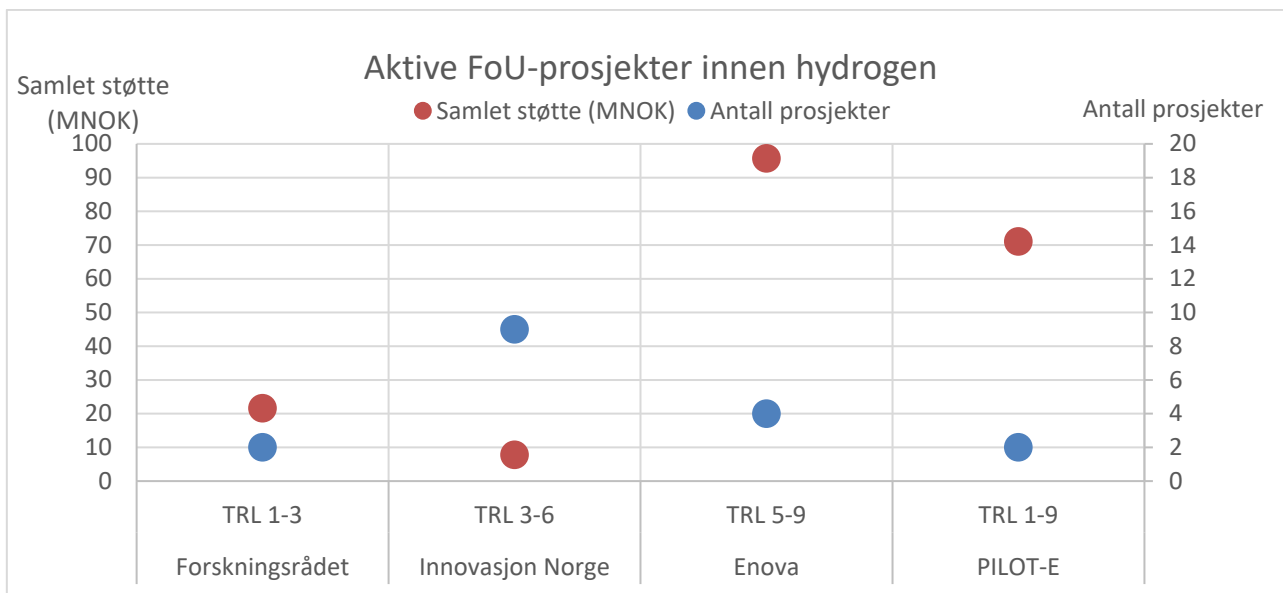
Referansebanen for opptak av hydrogenteknologi på skip i norsk innenriksfart viser et betydelig opptak allerede fra 2023 (5 hydrogen-drevne skip) og en stor økning i perioden 2024-2030, fra 14 til 63 hydrogen-drevne skip (DNVGL 2019c). Dette impliserer at TRL for maritim hydrogenteknologi skal løftes fra 6-7 til 9 i løpet av en periode på 3 til 4 år.

Figur 3-6 viser at det er fire prosjekter som nå mottar støtte fra Enova for å utvikle maritim hydrogenteknologi, samt to PILOT-E-prosjekter. Figuren viser bare støttesummer, som utgjør maksimalt 50% av samlet kostnad i disse prosjektene. De pågående Enova-prosjektene omhandler forberedelse til integrert system for bruk av brenselceller som nullutslippsløsning på mindre skip knyttet til vindparker, hvilket vurderes som en FoU-aktivitet på TRL 5-6. PILOT-E-prosjektene har til hensikt å heve kunnskapsgrunnlaget for å kunne realisere mer energikrevende utslippsfrie skip der batteriteknologi og hydrogen benyttes. PILOT-E prosjektet skal også resultere i en hydrogenferge som etter planen skulle være i drift før 2020, dvs. at FoU-aktiviteten støtter opp under TRL 7. Utover pilotprosjektet i PILOT-E og utviklingskontrakten for hydrogen-elektrisk ferge i regi av Staten vegvesen (ikke FoU-støttet i prosjektene vist nedenfor), er det i ordreboken ingen nye hydrogendrevne skip som er planlagt for operasjon i norsk innenriksfart.

Det er få pågående FoU-aktiviteter som bygger opp under flere pilotprosjekter, markedsintroduksjon eller modning av hydrogenteknologien i maritim sektor. FoU-oversikten for hydrogen gir dermed et klart signal om at vi ligger etter referansebanen som ligger til grunn for ambisjonene i Klimakur 2030, som sier at det skal være opptak av hydrogenteknologi på 5 skip innen 2023. Det vil derfor være behov for ytterligere FoU-innsats i maritim sektor innenfor hydrogenteknologi som støtter opp og løfter teknologimodenheten for bruk av hydrogen i innenriks skipsfart til TRL 9.

---

<sup>3</sup> <http://www.hydrogen.no/hva-skjer/akuteltarkiv/2016,-juli-desember/pilot-e-midler-til-fiskerstrand-verft-til-demonstrasjon-av-verdens-forste-hydrogenferge/>



**Figur 3-6 Oversikt over aktive FoU-prosjekter innen hydrogenteknologi; antall prosjekter og samlet støttesum.**

### 3.2.4.2 Teknologimodenhet og FoU-status for ammoniakk

Brenselcelleteknologi som benytter ammoniakk som energibærer, er mer umoden enn hva som er tilfelle for brenselceller som benytter hydrogen. Når det gjelder bruk av ammoniakk-brenselceller på skip ligger dette mellom 4 og 5 på TRL-skalaen (DNV GL, 2010d). Modenheten avhenger av type brenselcellesystem; «solid oxide»-brenselceller har kun blitt benyttet i laborietester så langt (TRL 4), mens alkaline- og PEM-brenselceller som går på ammoniakk har blitt testet i piloteringsprosjekter på land (TRL 5) (de Vries, 2019).

Bruk av ammoniakk i marine forbrenningsmotorer har trolig høyere TRL enn for brenselceller og er vurdert til TRL 5-6 for totaktsmotorer der utviklingen har kommet lengst. Det må nevnes at de fleste små og mellomstore skip i norsk innenriksfart anvender firetakts forbrenningsmotorer og at utviklingen i bruk av ammoniakk for denne type motorer ikke har kommet like langt (DNV GL, 2019d).

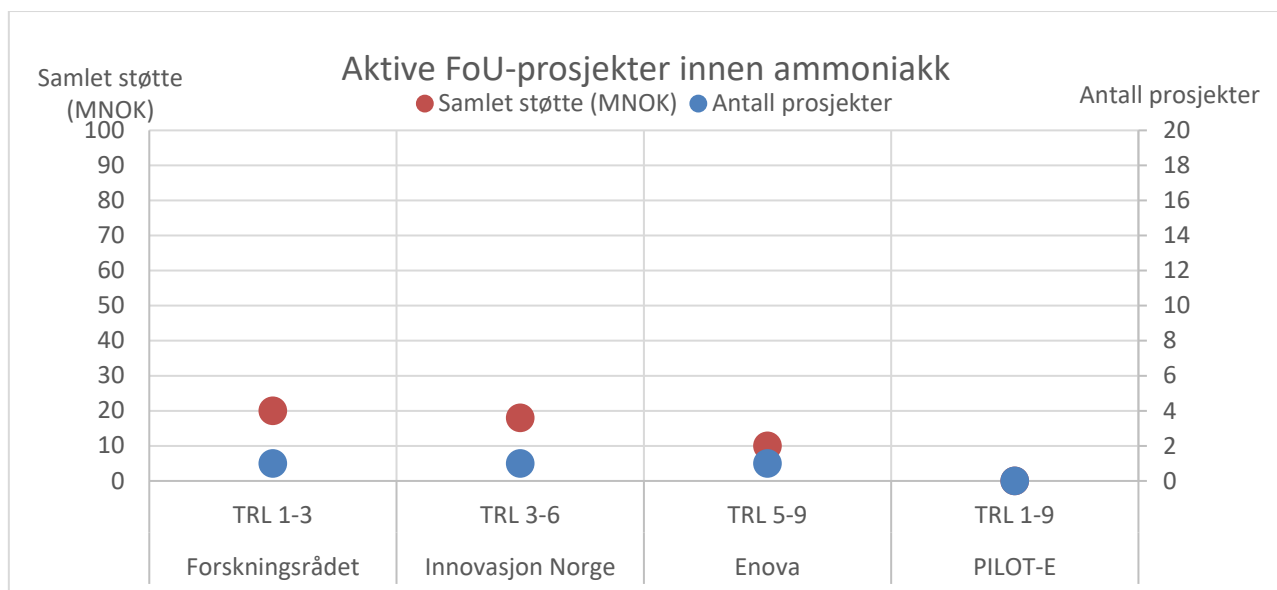
Referansebanen for opptak av ammoniakkteknologi på skip i norsk innenriksfart viser et betydelig opptak allerede fra 2025 (12 ammoniakk-drevne skip). Deretter viser den en stor og jevn økning i årene frem mot 2030, hvor det skal være hele 128 ammoniakk-drevne skip (DNV GL 2019c). Dette impliserer at TRL for maritim ammoniakkteknologi må løftes fra 5-6 til 9 i løpet av 4-5 år.

Figur 3-7 viser at det er tre aktive FoU-prosjekter relatert til bruk av ammoniakk og som har mottatt støtte fra virkemiddelapparatet. Dette er et Enova-støttet forprosjekt for grønn ammoniakkproduksjon hos Yara (TRL 1-3). De to andre prosjektene er Wärtsilas testing av fullskala ammoniakkmotor (verdens første)<sup>4</sup> og planene til Eidesvik Offshore som omhandler ombygging av Viking Energy til ammoniakkdrift<sup>5</sup> og gjøre det til verdens første nullutslipps offshoreskip. De to sistnevnte prosjektene vurderes til 5-6 på TRL-skalaen.

<sup>4</sup> <https://maritimecleantech.no/2020/06/30/verdens-forste-fullskala-test-av-ammoniakkmotor/>

<sup>5</sup> <https://www.innovasjon norge.no/no/om/nyheter/2020/verdens-forste-utslippsfrie-offshorefartoy-bliir-norsk/>

Ordreboken for ammoniakkdrevne skip som skal seile innenriks i Norge inneholder foreløpig bare 1 skip<sup>6</sup>. HeidelbergCement og Felleskjøpet sin nylige utlysning av 20 års transportkontrakt for et nullutslipps bulkfartøy kan lede til ett til<sup>7</sup>. Som for hydrogen, er det behov for flere FoU-aktiviteter rettet mot ammoniakk, slik at flere pilotprosjekter igangsettes, ammoniakk introduseres i markedet og modningen av ammoniakkteknologi i maritim sektor kan akselereres. Både ordreboken og FoU-oversikten for ammoniakk gir et klart signal om at vi ligger betydelig etter referansebanen (fra Klimakur 2030) som indikerer et opptak av ammoniakkteknologi ombord i 12 skip innen 2025.

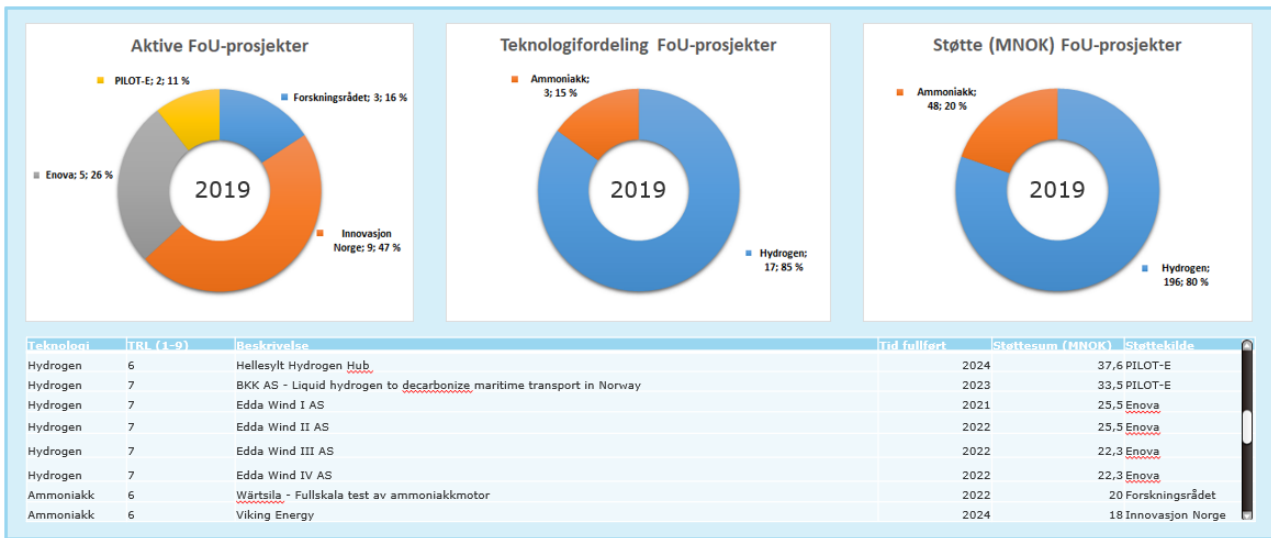


**Figur 3-7 Oversikt over aktive FoU-prosjekter innen ammoniakkteknologi og samlet støttesum.**

Temasiden FoU-aktiviteter skal gi en oversikt over de norskfinansierte FoU-prosjektene som bygger opp under opptak av nye lav- og nullutslippsteknologier i maritim sektor. Siden bør vise antall pågående FoU-prosjekter fordelt på bidragssyter (Forskningsrådet, Innovasjon Norge og Enova), samt antall prosjekter og støtte (MNOK) for de ulike teknologiene. I tillegg vil temasiden gi en oversikt (liste) med nøkkeldata for pågående prosjekter. Forslag til temaside for FoU er vist i Figur 3-8.

<sup>6</sup> <https://www.skipsrevyen.no/article/viking-energy-blir-foerste-skip-paa-ammoniakk/>

<sup>7</sup> <https://www.skipsrevyen.no/article/verdens-foerste-utslippsfrie-bulkskip-lansert-i-moss/>



**Figur 3-8 Forslag til fremstilling av FoU-aktiviteter.**

## 4 FORBEDRINGER AV MASTER-MODELL FOR BEREGNING AV UTSLIPP TIL LUFT OG EFFEKT AV TILTAK

Et AIS basert miljøregnskap for beregning av utslipp til luft (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, etc.) ble etablert for skip i norske farvann i 2008. Grunnlaget for den opprinnelige aktivitetsbaserte modellen var AIS skipsbevegelsesdata fra Kystverket og informasjon om størrelse på hovedmotor satt sammen med generiske hjelpetabeller for ulike typer og størrelseskategorier skip. Det AIS-baserte miljøregnskapet for norske farvann ble satt i drift i 2010 og har siden blitt forbedret og videreutviklet. Resultatene fra dette miljøregnskapet blir presentert på Kystverkets nettside [www.havbase.no](http://www.havbase.no).

Det er i dag et langt større tilfang av AIS data til AIS modellen, slik at den nå også dekker global skipsfart. DNV GL har også utviklet nye beregningsmoduler og anvendelsesområder for AIS data. Her kan nevnes modellbaserte vurderinger av skipsfartens mulighet for overgang til alternative drivstoff og kost/nytte vurderinger av tiltak, samt «CO<sub>2</sub> barometer» for internasjonal skipsfart. Modellen bærer navnet MASTER (Mapping of Ship Tracks, Emissions and Reduction potentials). MASTER modellen benyttes i en rekke sammenhenger av betydning for utviklingen av grønn skipsfart, bl.a. som utgangspunkt for tiltaksvurderinger for Miljødirektoratet (f.eks. DNV GL 2019c). MASTER modellen er også en sentral byggestein for DNV GL sin GHG Pathway modell, som bla. kan simulere mulighetsrommet for dekarbonisering av verdensflåten frem til 2050. Dette er vist i DNV GL sine «Maritime forecast to 2050» studier (DNV GL, 2018, 2019b, 2020).

Sentrale deler av barometeret for grønn omstilling er basert på DNV GL's AIS-baserte utslippsmodell MASTER. I dette prosjektet er det gjennom barometeret identifisert fremtidige behov fra MASTER modellen, og det presenteres en skisse til en revidert modell.

### 4.1 Status for eksisterende modell

MASTER-modellen har som nevnt mange bruksområder. For den videre diskusjonen er det hensiktsmessig å gruppere anvendelsesområdene i to: (1) Bruk på flåtenivå, og (2) bruk på enkeltskip.

I utgangspunktet har bruken av modellen vært knyttet til flåteanalyser, eksempelvis for å produsere estimater for utslipp av CO<sub>2</sub> i norsk innenriks skipsfart. I økende grad etterspørres imidlertid resultater på enkeltskipsnivå. Den eksisterende MASTER modellen beregner energiforbruk og utslipp til luft på enkeltskip med detaljerte data fra AIS systemet og skipsregistre. Imidlertid benytter modellen en rekke støttetabeller for ulike typer og størrelseskategorier skip, noe som gjør at modellen blir mindre presis for enkeltskip.

Modellering av drivstofforbruk på fremdriftsmaskineri gjøres etter «Cubic Rule»-tilnærmingen, og utnytter kjennskap til skipets designfart, observert hastighet fra AIS-systemet og motorinstallasjoner. Dette gjør at motorbelastning på hovedmotor og derav skipets drivstofforbruk til fremdrift beregnes relativt nøyaktig for de skip som gjør et transportarbeid. AIS data gir imidlertid liten innsikt i energibruk på hjelpesystemer. MASTER modellen derfor er avhengig av andre datakilder og algoritmer som reflektere drivstofforbruk knyttet til bruk av hjelpemotorer og kjeler i ulike faser av skipenes operasjon. For alle andre systemer enn fremdriftsmaskineri, benytter modellen typiske verdier og statistiske relasjoner for pre-definerte skipstype/størrelses segmenter. Disse hentes fra ulike støttetabeller.

For å vurdere hvor godt modellen gir svar på henholdsvis flåtenivå og enkeltskipsnivå er det nedenfor presentert en sammenligning av CO<sub>2</sub>-utslipp slik de beregnes fra MASTER-modellen og rapporterte data på forbruk av drivstoff fra ulike datakilder i DNV GL. For ca. 4900 individuelle tank-, bulk, container- og cargoskip større enn 5000 gross tonn viser sammenligningene at:

- For flåten sett under ett er det AIS-baserte anslaget 3 % overestimert, sammenlignet med rapporterte data.
- For enkeltskip viser de AIS baserte anslagene store variasjoner mellom modellert og rapporterte verdier, der ca. 75% av flåten ligger innenfor +/- 25% av de rapporterte verdiene. I tillegg er det for ca. 5% av skipene svært store avvik (>100%), som for eksempel kan skyldes feil i inngangsdataene til modellen og mulige feil i de rapporterte dataene.

Dette viser at modellen gir svært gode resultater på flåtenivå for lastebærende skip, der transportarbeidet utgjør størstedelen av aktiviteten. Tallene viser imidlertid at avvikene på enkeltskip kan være betydelige, og at modellen bør oppdateres og forbedres dersom resultatene skal anvendes for enkeltskip.

En tilsvarende analyse for over 200 individuelle passasjerskip større enn 5000 gross tonn viser at:

- For flåten sett under ett er det AIS-baserte anslaget 2% underestimert, sammenlignet med rapporterte data.
- For enkeltskip viser de AIS baserte anslagene at flåten ligger innenfor +/- 50% av de rapporterte verdiene.

I tillegg til lasteskip og passasjerfartøy er offshoreskip, fiskefartøyer og havbruksfartøyer viktige i det norske utslippsregnskapet. Disse står for henholdsvis 23%, 18% og 7% av utslippet til norsk innenriks skipsfart. For disse skipene er rapporterte forbrukstall vanskeligere tilgjengelig og er ikke analysert i dette studiet. Vi forventer imidlertid at de individuelle forskjellene mellom modellert og faktiske CO<sub>2</sub> utslipp med all sannsynlighet vil være vesentlig større for disse skipene.

## 4.2 Skisse til revidert modell

Fremtidens AIS-baserte modell for beregning av drivstofforbruk og utslipp til luft må kunne gi relativt treffsikre resultater for hvert enkelt skip. Som analysen ovenfor viser, trenger modellen å videreutvikles for å gi presise tall til slik bruk. Innføringen av nye teknologier, alternative drivstoff, forskrifter, regler, operasjonelle krav og geografiske avhengigheter, osv., øker kompleksiteten til skipene, og dermed også kompleksiteten til modellen. For å håndtere dette er det derfor nødvendig å videreutvikle modellen gjennom;

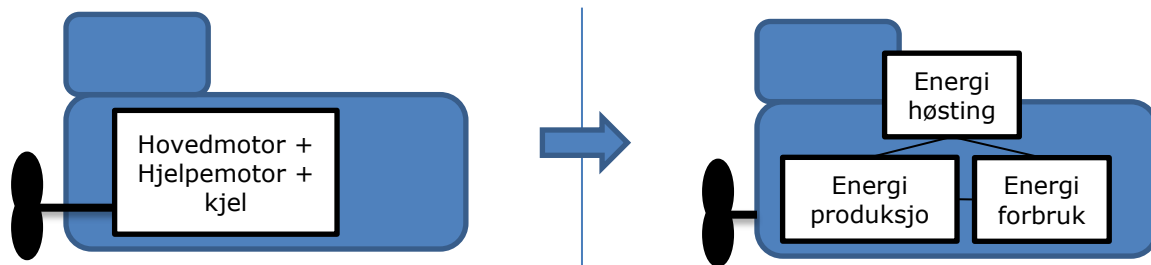
- å øke detaljeringsgraden ved å benytte en systemteknisk tilnærming,
- å innhente og bruke skipsspesifikke tekniske og operasjonelle data, samt ytre miljødata (bølger, vind), og
- å innhente og bruke informasjon om utslippsreducerende tiltak og alternative drivstoff.

Punktene henger nøye sammen, og en forbedring av modellen er avhengig av god tilgang på tekniske og operasjonelle data for hvert enkelt skip og tilgang til andre datakilder som påvirker skipenes energibruk og utslipp. De ulike punktene er nærmere beskrevet nedenfor.

### 4.2.1 Økt detaljeringsgrad og systemteknisk tilnærming

Filosofien til den systemtekniske modelltilnærmingen vil være å definere de ulike energisystemene ombord, estimere tilhørende energibehov, beregne drivstofforbruk og utslipp samt i beregningene inkludere effekt av utslippsreducerende tiltak. Figur 4-1 viser en forenklet illustrasjon av endringene, der eksisterende modellering bare hensyntar de tre hoved energisystemene til et skip, mens en forbedret modell omfatter detaljert modellering av de ulike energisystemene om bord. Den detaljerte modelleringen vil forbedre resultatene for enkeltskip fordi det kan være store individuelle forskjeller i hvilke systemer som er om bord og hvordan disse benyttes.

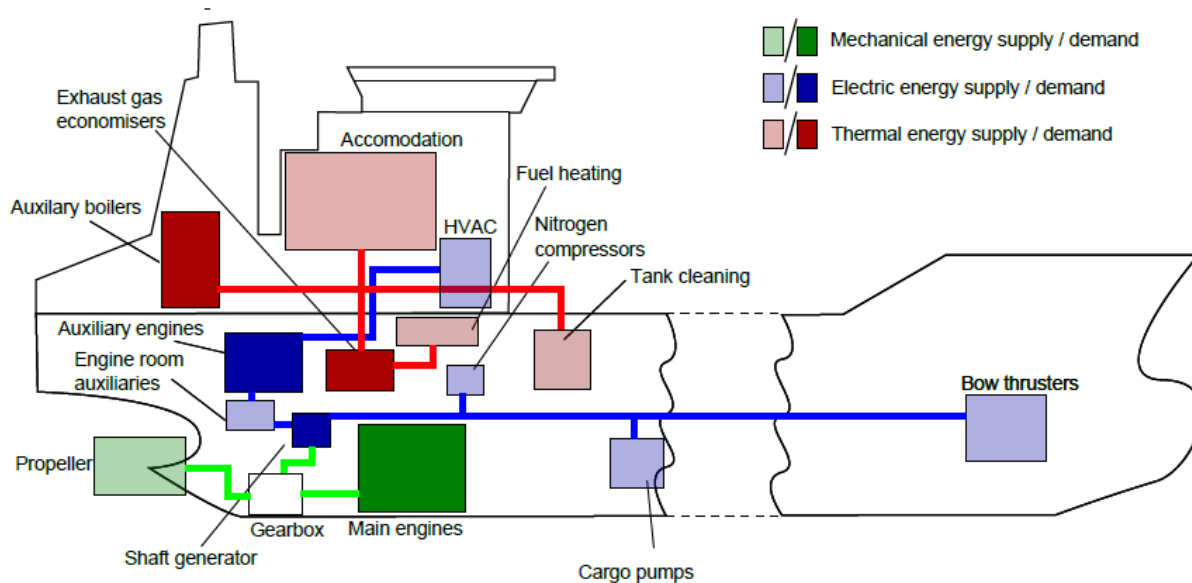




**Figur 4-1** Til venstre, forenklet illustrasjon av det modellerte skips-energisystemet i dagens MASTER modell; Til høyre, forenklet illustrasjon av skips-energisystemet som bør modelleres i den oppdaterte MASTER modellen.

En systemteknisk modell vil fortsatt være relatert til fremdrift- og hjelpesystemer, ettersom drivstoff blir omgjort til energi i den formen som kreves for den endelige bruken; dvs. mekanisk kraft for fremdrift, elektrisk kraft for en rekke hjelpesystemer og termisk energi for oppvarmingsformål. Figur 4-2 viser typiske energisystemer som er ombord i et tankskip, og som hver for seg må kunne håndteres av en oppdatert modell. En slik detaljeringsgrad vil øke kompleksiteten til modellen, hvor systemkompleksiteten vil avheng av skipstype, og dets operasjoner. Fordelen med en slik modell er at tiltakene kan knyttes direkte til de systemer de vil ha en forventet effekt på. Modelltilnærmingen vil også være fremtidsrettet, og tilrettelagt for å møte den økt systemkompleksitet på neste generasjons skip, med økt tilgang til sensor/måledata. Dette vil imidlertid stille helt nye krav til innhenting og bruk av måledata, som diskutert i neste underkapittel.

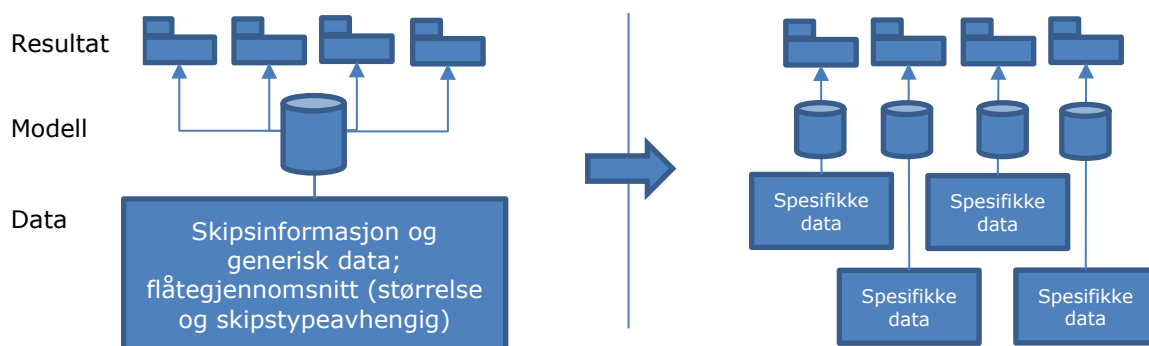
Fortsatt vil man ha behov for å gjør skipstype/operasjons avhengige forenklinger, med prioritering av hovedsystemene for energiproduksjon og forbruksiden (dvs. mekanisk kraft for fremdrift, elektrisk kraft for en rekke hjelpesystemer og termisk energi for oppvarmingsformål). Likevel forventes økt modelldetaljering å kunne gi mere nøyaktige beregninger, samt gi nødvendig fleksibilitet for håndtering av reduksjonstiltak og nye krav under levetiden til energi/karbonintensitets forbedringer (eks. EEXI). Den foreslåtte forfiningen av modellen vil kunne skje gradvis og følge tilgangen på nye datakilder/skipsspesifikk informasjon.



**Figur 4-2 Skjematisert presentasjon av typiske energisystemer for et tankskip, (Baldi, 2016).**

#### 4.2.2 Bruk av skipsspesifikke tekniske og operasjonelle data, samt ytre miljødata

Avhengig av type skip og dets størrelse vil det være store forskjeller i hvilket energibehov de ulike systemene skal dekke. I tillegg vil energibehovet være avhengig av operasjonsmodi; dvs. om skipet seiler, manøvrerer, ligger stille ved kai eller om det ligger for anker. Modellering av dette krever tilgang på gode og detaljerte grunndata for hvert enkelt skip slik at algoritmene kan beregne energiforbruk og tilhørende utslipp fra de ulike hovedsystemene om bord og for ulike operasjonsmodi. Figur 4-3 illustrerer hvordan eksisterende modell benytter skipsspesifikk informasjon sammen med generiske flåtedata, mens en oppdatert modell i all hovedsak benytter skipsspesifikk informasjon og modell tilpasset det enkelte skip. En oppdatert modell må også kunne beregne effekt av utslippsreducerende tiltak som benyttes av det enkelte skip.



**Figur 4-3 Til venstre, forenklet illustrasjon av dataene som brukes i dagens MASTER modell; Til høyre, forenklet illustrasjon av de skipsspesifikke tekniske og operasjonelle data, samt ytre miljødata (bølger, vind), som bør modelleres i den oppdaterte MASTER modellen.**

En økt detaljeringsgrad til modellen, vil også gi behov for bruk av nye typer skipsspesifikke data, og ytre miljødata. Følgende elementer er viktig for modellering av fremdriftskraft:

- Oppdaterte og kvalitetssikrede flåtedata som er sentrale inngår i modellen. Dette gjelder spesielt installerte effekter for motorer, designhastighet og skipsdimensjoner.
- Motorspesifikke data. Motorsertifikater (EIAPP) er sentrale for angivelse av spesifikt drivstofforbruk og hvordan lastvariasjoner påvirker drivstofforbruket. Motorkonfigurasjoner vil også være sentrale, hvor det tas hensyn til motortyper, diesel elektriske løsninger og akselgeneratorer (PTI/PTO).
- Effekt av «hull fouling» og degradering av skipsskrog. «Hull fouling» er et element som er utfordrende å inkludere i en modell ettersom skrogvask og maling foretas med ulike mellomrom. Økt motstand som følge av at skuteside/bunn ikke er like jevn/slett som på et nytt skip er lettere å modellere og vil forbedre modellresultatene for de fleste skipssegmentene. Intervaller for dokking kan benyttes i denne sammenheng.
- Effekt av værforhold (vind og bølger) som påvirker energibehovet under en seilas. Det finnes globale værdata som kan benyttes til dette formålet. En slik løsning krever kopling mellom vær og AIS data i både tid og rom.
- «Draft» påvirker skipene energibehov (for bulk og cargo skip som går med last/i ballastreiser). Det finnes informasjon om skipenes draft i AIS dataene, men kvaliteten på disse er dårlig. Dette skyldes at informasjon registreres manuelt av personell ombord.

Det er også viktig at modellen er skarp for hjelpesystemene. Energibruk for hjelpesystemene gir et bidrag til utslipp for seilende skip, men er essensielt ved beregning av utslipp i havn og for andre kraftkrevende operasjoner hvilket er mer typisk for spesialskip (offshore fartøy, slepebåter, havbruksfartøyer, osv.). En oppdatert modell krever detaljert informasjon om utstyr som krever elektrisk energi, installert motoreffekt på hvert enkelte skip og om det er prosesser eller oppdragsrelaterte oppgaver som gir store endringer i energibehovet. Modellforebringene knyttet til hjelpemotor omhandler:

- Tilgang på spesifikk informasjon om de ulike hjelpesystemene som krever elektrisk energi. Installert motoreffekt for hjelpemotor som gir indikasjon på energibruken sammen med lastfaktor for ulike operasjonsmodi.
- Modellering av energiforbruk knyttet til oppdragsrelatert utstyr. Dette kan være lossepumper på tankskip, bruk av kraner, «thruster» ved manøvrering eller annet energikrevende utstyr. For laste og lossepumper kan energiforbruk alternativt være knyttet til energiforbruk på kjeler (steam drevet utstyr).

De fleste skip har installert eksosgasskjel(er) som utnytter varme fra skipets motorer. Varme fra motorene vil, for de fleste skipstyper og i normale operasjoner, levere tilstrekkelig varme slik at det ikke er behov for oljefyrt kjel mens skipet seiler. Oljefyrt kjel er derfor hovedsakelig benyttet når skipet opererer ved lav motorlast, ligger til kai eller når det utfører spesielle operasjoner der det er behov for store mengder damp eller varme. Forbedringene av modellen knyttet til energibehov og utslipp fra kjel vil omfatte:

- Oppdatere grunnlagsdata for hvilke systemer som trenger termisk energi levert fra kjeler. Energibehovet for kjel er typisk knyttet til type og størrelse skip, men en forbedring er knyttet til identifisering av komponenter som har behov for termisk energi og modellering av varmebehov i ulike operasjonsmodi.

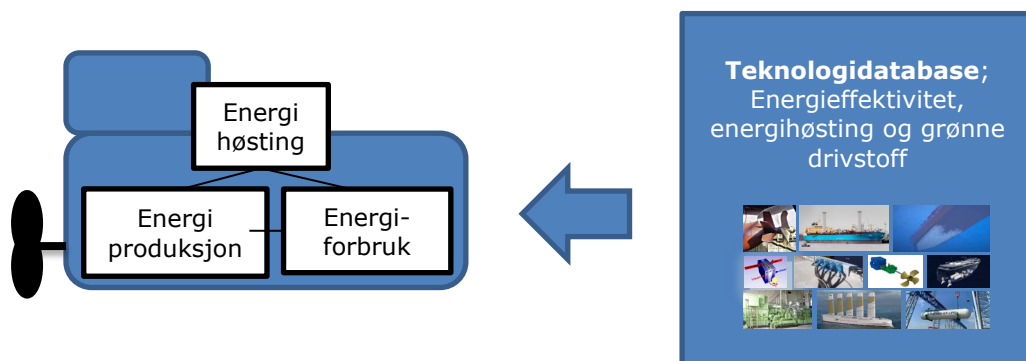
- Energiforbruk ved spesielle operasjoner. Forbedringene gjelder spesielt for tankskip som benytter energi til pumping av last til land (lossing), tankvasking og oppvarming av last (mer sjelden).

De ovenfornevnte forslåtte forbedringene, forventes å kunne øke nøyaktigheten på modelleringen. Samtidige vil de kunne gi betydelige tilleggsarbeid og merkostnader for modelleier. Her vil man måtte prioritere, hvor fokuset vil være på de forbedringene som har størst betydning på modellresultatene.

I tillegg til gode grunndata og oppdatering av modell vil det være behov for tilgang til gode rapporterte forbruksdata (eks. IMO-DCS, EU-MRV, noon-rapporter, etc.), for fortløpende validering og kalibrering av modell på enkeltskipsnivå.

### 4.2.3 Bruk av informasjon om utslippsreducerende tiltak og drivstoff - Teknologidatabase


En modell må ta hensyn til opptak av utslippsreducerende teknologier. Det finnes en rekke typer tiltak som kan omfatte alternative drivstoff, nye energikonverterere og etterbehandlingssystemer eller kombinasjoner av disse. Som vist i Figur 4-4 er det behov for å etablere en Teknologidatabase som gir informasjon om hvilke teknologi som benyttes av de enkelte skip /system og i hvor stor grad den dekker skipets energibehov.



**Figur 4-4 Forenklet illustrasjon av skips-energisystemet som bør modelleres i den oppdaterte MASTER modellen, og koblingen til en Teknologidatabase med oversikt over tiltak for utslippsreduksjon.**

Det finnes noen databaser som på enkeltskip gir innsikt i hvilke typer drivstoff som kan benyttes ombord og hvilken utslippsreducerende teknologi som er installert. Denne type informasjon blir for eksempel samlet inn og registret på DNV GL plattformen «Alternative Fuels Insight»<sup>8</sup> (AFI), der det er grunnleggende informasjon om type drivstoff som kan benyttes og informasjon om utvalgte teknologier på enkeltskip. IHS Fairplay og DNV GL's flåteregister er også kilder som gir noenlunde tilsvarende informasjon. Imidlertid har disse datakildene liten eller ingen informasjon om det alternative drivstoffet eller den installerte teknologien dekker hele eller bare deler av skipets energisystem, for eksempel som en hybridløsning. Datakildene gir derfor sjelden tilstrekkelig informasjon til at de kan benyttes direkte i modelleringene av utslipp til luft uten at det legges til ytterligere detaljer. Denne informasjonen kan for

<sup>8</sup> <https://www.dnvgl.com/services/alternative-fuels-insight-128171>



noen drivstofftyper eller teknologier være generiske, mens for andre vil det være behov for særskilte vurderinger.

For eksempel kan databasene angi at det er et LNG-skip og har «dual fuel» teknologi. For LNG-skipet må det derfor gjøres en vurdering om hvilke andel LNG/diesel som benyttes og eventuelt når. Tilsvarende vil skip som benytter batteriteknologi i hovedsak være bygget som et hybridskip med motorer som ved behov kan dekke hele eller deler av energibehovet. For slike hybridløsninger må det derfor også gjøres vurderinger på andel elektrisk- og motordrift og eventuelt når de ulike løsningene benyttes.

Det vil derfor være nødvendig å etablere en egen Teknologidatabase som benyttes i modelleringene av utslipp og effekt av tiltak, og som kan gi informasjon om teknologiopptak. Database må gi oversikt over de ulike typer alternative drivstoff og utslippsreducerende tiltak og angi hvilke effekt de har på ulike utslippskomponenter, både CO<sub>2</sub> og andre utslippsparametere. I tillegg til Teknologidatabasen vil det for hvert enkelt skip være behov for å vurdere utnyttelsesgrad for den enkelte teknologi. Det må gjøres en avveining om hvor detaljert informasjon som skal samles inn, slik at innsamlingen ikke blir for krevende å gjennomføre, men tilstrekkelig til at modellen blir «treffsikker nok». Dette vil typisk være:

- Etablering av en database for drivstoff, energi konverter og utslippsreducerende teknologier.
- Tilordne drivstofftype og teknologi på enkeltskip. Det er utfordrende å identifisere eksakt hvilke type og kvalitet av oljer som til enhver tid benyttes om bord, men hovedtype må kunne tilordnes på hvert enkelt skip, dvs. om det benyttes tunge eller lettere oljekvaliteter, LNG, LPG, metanol eller andre alternativt drivstoff.
- Type energikonverter som benyttes betyr mye for hvilke utslippskomponenter som skapes og i hvilke mengder. Det bør derfor som et minimum identifiseres om det er forbrenningsmotor, brenselcelle, turbin eller kjel som benyttes. Dette vil sammen med type drivstoff angi hvilke utslippskomponenter som dannes og i hvilke mengder.
- Hvilke energisystemer er omfattet (hovedmotor, hjelpemotorer og kjeler).
- I hvilken grad benyttes teknologien (del av et hybridssystem).
- Når benyttes teknologien (alltid, i havn, geografiske områder, innenriksfart, etc.).

En Teknologidatabase vil kreve at det samles informasjon om alternativt drivstoff og teknologiopptak fra ulike kilder, og at databasen holdes skarp gjennom kontinuerlige oppdateringer og vedlikehold. Oppdatering og vedlikehold kan for enkelte parametere være automatisk, men det er parameterne som krever egne eller særskilte vurderinger.

Teknologidatabasen vil også kreve at man har oppdaterte utslippsfaktorer i henhold til internasjonale kilder. Dette gjelder både CO<sub>2</sub> og andre utslippskomponenter (NO<sub>x</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, partikler, etc.). Utslippsfaktorene er også avhengig av teknologivalg (energi konverter), slik at utslippsfaktorene må også ta hensyn til dette. I tillegg, vil det kunne være enkelte utslipp som er avhengig av geografisk tilhørighet. En slik Teknologidatabase krever at modelleier får et redaktøransvar for å holde dette «skarpt».

## 5 UTSLIPP AV KLIMAGASSER I 2005 FOR INNENRIKS SJØFART OG FISKE

Fordi målsettinger om klimagassreduksjon ofte forholder seg til 2005 som referanseår er det behov for å estimere klimagassutslippet (CO<sub>2</sub>-utslippet) fra norsk innenriks sjøfart og fiske for dette året. SSB rapporterer 3700 kilo-tonn CO<sub>2</sub>-utslipp for innenriks sjøfart og fiske i 2005 (SSB, 2020b), men dette tallet er basert på salg av drivstoff og derfor ikke et relevant referansetall for nåtidens AIS-baserte estimater. Dette kan synliggjøres ved å sammenligne de rapporterte CO<sub>2</sub>-tallene for innenriks sjøfart og fiske fra Statistisk sentralbyrå (SSB) på 3200 kilo-tonn CO<sub>2</sub>-utslipp i 2018, (SSB, 2020a; DNV GL, 2019a), med de AIS-baserte tallene for samme år slik de er rapportert i Handlingsplanen for grønn skipsfart, på 4288 kilo-tonn CO<sub>2</sub>-utslipp for innenriks sjøfart og fiske i 2018 (DNV GL, 2019a). Det betydelige avviket utløser behovet for å etablere et 2005-estimat som er aktivitetsbasert, som kan gi et referansepunkt for de AIS-baserte beregningene i nåtid som er metodisk konsistent.

I det følgende beskrives en ny metode for beregning av et aktivitetsbasert 2005-estimat for utslipp, datagrunnlaget bruk i beregningene, og til slutt det resulterende utslippet av CO<sub>2</sub> fra innenriks sjøfart og fiske i 2005.

### 5.1 Metode og data

Metodikken som benyttes tar utgangspunkt i en hypotese om at det finnes et stabilt forhold mellom utslipp og relevante aktivitetsparametere i perioden 2005-2018. Eksempler på relevante aktivitetsparametere kan være antall havneanløp, transportert godsmengde for skip og fangstmengde for fiske i norske farvann. Relevansen av aktuelle aktivitetsparametere og tilgjengeligheten av data for parametere som benyttes vil variere mellom skipssegmenter. Metodikken må dermed tilpasses de ulike segmentene.

I denne studien har beregningene blitt gjort for de fire dominerende skipssegmentene, lasteskip, offshorefartøy, fiskefartøy og passasjerskip. Samlet står disse for 82% av utslippet av CO<sub>2</sub> fra innenriks sjøfart og fiske (DNV GL, 2019a). De andre skipstypene er taubåter, oppdrettsbåter, kystvakt etc. som står for en liten del av utslippet: 18% (DNV GL, 2019a). For disse benytter vi en forenklet fremgangsmåte, og skalerer med en faktor lik gjennomsnittsendringen for de øvrige fire hovedsegmentene. I det følgende beskrives detaljer i fremgangsmåten for de fire hovedsegmentene.

#### 5.1.1 Lasteskipsegmentet, inkl. offshore

Lasteskipsegmentet inkluderer godsskip, bulkskip og offshoreskip. Beregningsmetodikken for innenriks CO<sub>2</sub>-utslipp i 2005 er som følger:

$$U_{2005} = G_{2005} \times I$$

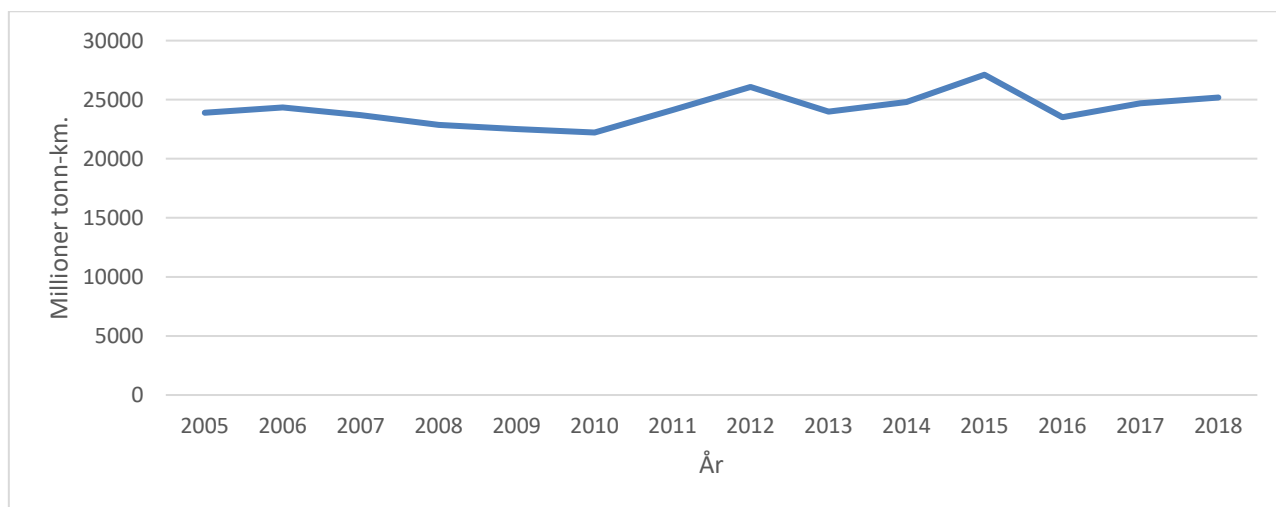
Hvor  $U$  er årlig innenriks CO<sub>2</sub>-utslippsmengde (tonn) og  $G$  er årlig innenriks transportert godsmengde med lasteskip (tonn-km).  $I$  er den gjennomsnittlige utslippintensiteten over perioden 2013-2018 og antas å gjelde for 2005. Utslippintensiteten  $I$  beregnes som følger:

$$I = \frac{\sum_{2013}^{2018} U}{\sum_{2013}^{2018} G}$$

Vi har antatt at godsmengde transportert med offshoreskip er inkludert i dataen som er benyttet her, fordi det er opplyst at dataen inkluderer aktivitet mellom Nordsjøen og kontinentalsokkelen.

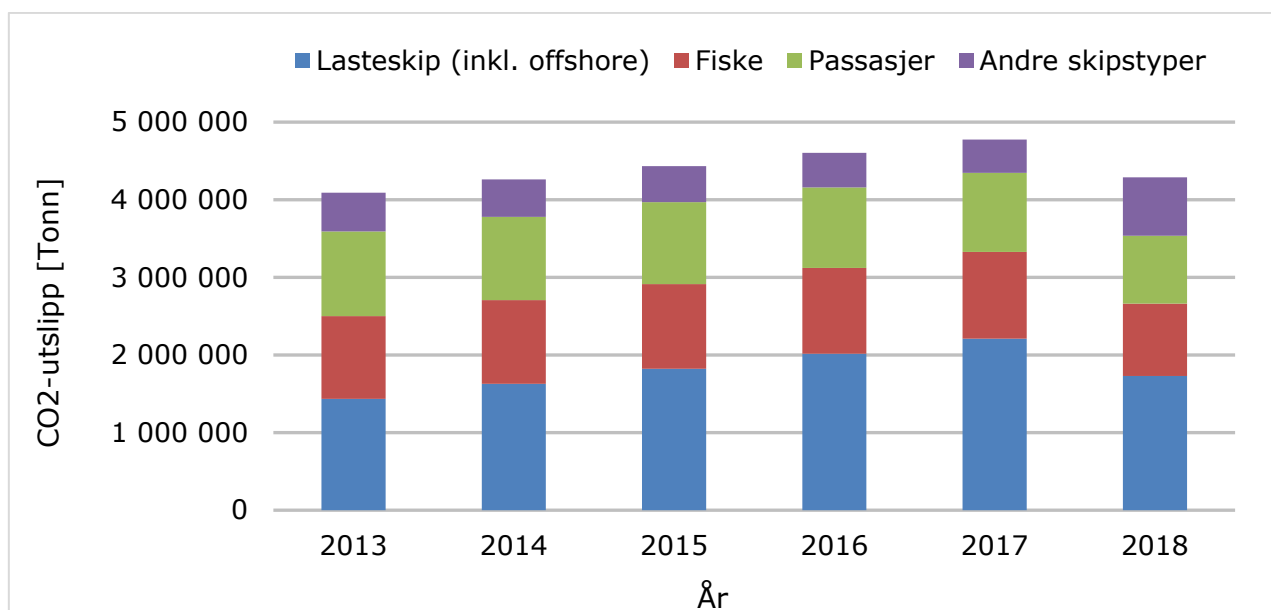
Godsmengden transportert innenriks som er presentert i Figur 5-1, er hentet fra Transportøkonomisk institutt (TØI, 2018), og inkluderer innenriks statistikk for godsskip, bulkskip og godsmengde

transportert mellom Nordsjøen og kontinentalsokkelen. Sistnevnte antas å gjelde for offshorefartøy. Vi mangler tall for 2018, og har derfor ekstrapolert en verdi for dette året ved bruk av regresjon.



**Figur 5-1 Godsmengde transportert innenriks (inkl. offshore) i perioden 2005-2017 (TØI, 2018). Data er estimert for 2018.**

Utslipp for lasteskip over perioden 2013-2018 er beregnet ut fra DNV GLs AIS-baserte estimater og vist i Figur 5-2, (DNV GL, 2014; 2019a). For perioden 2014-2016 har vi ikke tilsvarende beregninger, og har derfor gjort det enkelt ved å projisere utviklingen mellom 2013 og 2017 ved bruk av interpolering.



**Figur 5-2 Estimert CO<sub>2</sub>-utslipp (tonn) fra innenriks sjøfart og fiske for årene 2013-2018, (DNV GL, 2014; 2019a).**

### 5.1.2 Fiskefartøy

For fiskefartøy er det valgt fangstmengde av fisk i norske farvann (tonn) som aktivitetsparameter. Det antas at fiskefartøyene går innom norske havner for å losse fangsten og at den dermed er korrelert med innenriks CO<sub>2</sub>-utslipp for fiskefartøyflåten, som er estimert av DNV GL i perioden 2013-2018.

Beregningsmetodikken for innenriks CO<sub>2</sub>-utslipp i 2005 er som følger:

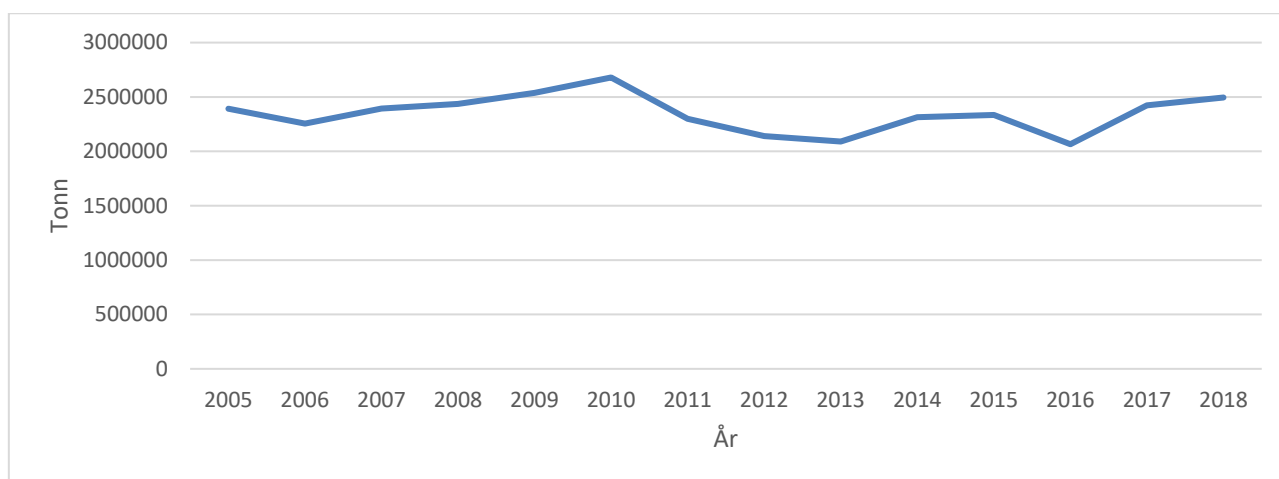


$$U_{2005} = F_{2005} \times I$$

Hvor  $U$  er årlig innenriks CO<sub>2</sub>-utslippsmengde (tonn) og  $F$  er årlig fangstmengde av fisk i norske farvann (tonn).  $I$  er den gjennomsnittlige utslippsintensiteten i perioden 2013-2018 og antas å gjelde for 2005. Utslippsintensiteten  $I$  beregnes som følger:

$$I = \frac{\sum_{2013}^{2018} U}{\sum_{2013}^{2018} F}$$

Fangstmengden for fiske i norske farvann for perioden 2005-2018 er presentert i Figur 5-3, (SSB, 2020c).



**Figur 5-3 Fangstmengde for fiske i norske farvann i perioden 2005-2018, (SSB, 2020c).**

Gjennomsnittlige utslippsintensiteten for fiskefartøy over perioden 2013-2018 er beregnet ut fra DNV GLs AIS-baserte estimater som presentert i Figur 5-2.

### 5.1.3 Passasjerfartøy

For passasjerfartøy er det valgt antall passasjerer fraktet innenriks som aktivitetsparameter. Dette er begrenset til antall passasjerer fraktet med Hurtigruten og båtkollektivtransport til sammen. Beregningsmetodikken for innenriks CO<sub>2</sub>-utslipp i 2005 for passasjersegmentet er som følger:

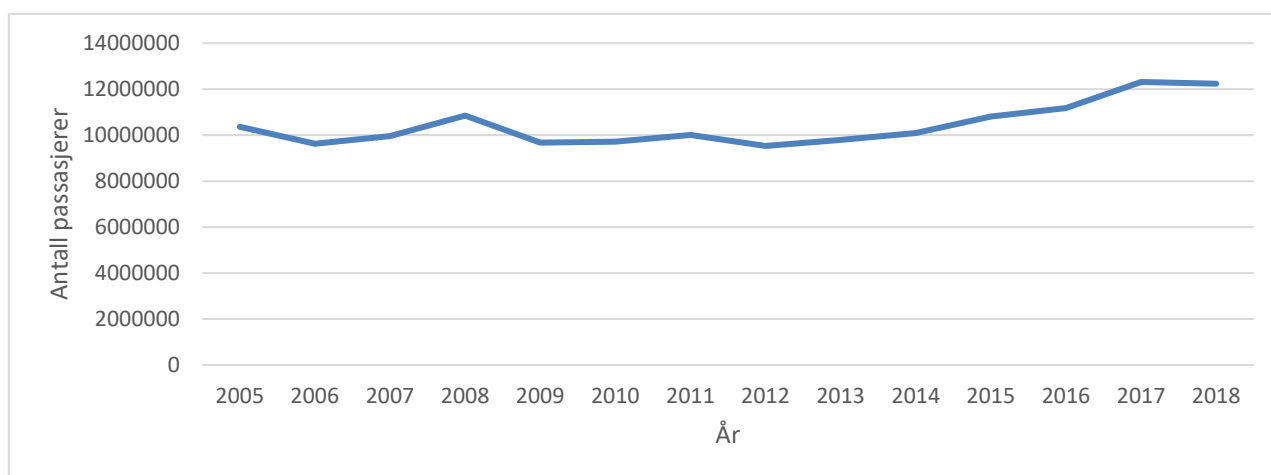
$$U_{2005} = P_{2005} \times I$$

Hvor  $U$  er årlig innenriks CO<sub>2</sub>-utslippsmengde (tonn) og  $P$  er årlig passasjermengde innenriks.  $I$  er den gjennomsnittlige utslippsintensiteten i perioden 2013-2018, som antas å gjelde for 2005.

Utslippsintensiteten  $I$  beregnes som følger:

$$I = \frac{\sum_{2013}^{2018} U}{\sum_{2013}^{2018} P}$$

Statistikk for passasjermengde innenriks i Norge i perioden 2005-2018 er hentet fra SSB, (SSB, 2020d; 2020e). Tallene som er presentert i Figur 5-4 er en sammenslåing av tall for Hurtigruten (passasjerantall til og fra alle kaier) og båtkollektivtransport.



**Figur 5-4 Passasjermengde innenriks i Norge i perioden 2005-2018, (SSB, 2020d; 2020e).**

Gjennomsnittlig utslippsintensitet for passasjerfartøy over perioden 2013-2018 er beregnet ut fra DNV GLs AIS-baserte estimater som presentert i Figur 5-2.

## 5.2 Resultat og diskusjon

Det er i dette avsnittet presentert resultater fra beregningene av klimagassutslipp fra norsk innenriks sjøfart. Tabell 5-1 viser det aktivitetsbaserte CO<sub>2</sub>-utslippsestimatet for referanseåret 2005, AIS-baserte CO<sub>2</sub>-utslippsestimater for 2013 og 2017-2018, samt interpolert CO<sub>2</sub>-utslipp for perioden 2014-2016.


**Tabell 5-1 Estimert CO<sub>2</sub>-utslipp for norsk innenriks skipsfart (kilo-tonn).**

	Laste-skip	Offshore	Fiske	Passasjer-skip	Andre skip	Totalt for sjøfart og fiske
2005	560	1190	1160	1010	520	4440
2013	400	1030	1070	1090	500	4090
2014	580	1050	1080	1070	480	4260
2015	760	1060	1090	1060	460	4430
2016	940	1080	1100	1040	450	4610
2017	1110	1100	1120	1020	430	4780
2018	840	890	930	870	750	4290

Det beregnede utslippet i 2005 er på 4440 kilo-tonn. I 2018 er utslippet beregnet til 4290 kilo-tonn, noe som innebærer en nedgang på ca. 3%. SSB-tallene (salgs-basert) indikerer på sin side en større nedgang fra 3700 kilo-tonn i 2005 til 3200 kilo-tonn i 2018, dvs. ca. 14%.

Når vi ser på resultatet for innenriks CO<sub>2</sub>-utslipp i 2005, 4440 kilo-tonn, og sammenligner det med SSB sitt tilsvarende tall, 3700 kilo-tonn, ser vi en differanse på 740 kilo-tonn. Tilsvarende sammenligning for 2018 gir en differanse på ca. 1090 kilo-tonn CO<sub>2</sub>-utslipp, hvor SSBs estimat er lavest. Som nevnt innledningsvis, skyldes dette trolig at SSB baserer estimatene sine på salgstall for drivstoff og som sannsynligvis har større unøyaktighet. Unøyaktigheten kan komme av både feilrapportering og at datagrunnlaget ikke fanger opp drivstoff som handles i utenlandske havner.

Det må understrekes at det er knyttet betydelig usikkerhet til beregningene for 2005. Usikkerhetskilder knyttet til resultatene inkluderer:

- 
- Valgte aktivitetsparametere. Vi vurderte for eksempel å benytte antall havneanløp i norske havner for de ulike segmentene, men manglende eller utilstrekkelige tidsserier gjorde at dette ikke var mulig.
  - Korrelasjonen mellom tidsseriene som er brukt for aktivitetsparametere og CO<sub>2</sub>-utslippet i perioden 2013-2018 varierer mellom skipssegmentene.
  - Manglende data for transportert godsmengde på skip i 2018 ble løst ved å ekstrapolere en verdi for dette året, ved bruk av regresjon på datasettet over perioden 2005-2017.
  - Antagelsen om at offshorefartøy er inkludert i statistikken fra TØI, (TØI, 2018).
  - Fangstmengden for fiske i norske farvann er ikke nødvendigvis en god indikator for innenriks CO<sub>2</sub>-utslipp for fiskefartøyflåten, men trolig en brukbar indikator, da de fleste fiskefartøy lossers i norske havner.
  - Usikkerhet i AIS-baserte utslippsberegninger for årene 2013, 2017 og 2018. Hva som inkluderes i disse estimatene kan variere noe fra år til år. I tillegg forbedres metodikken jevnlig, og både kvantiteten og kvaliteten på AIS-dataen har blitt bedre over perioden 2013-2018.
  - Antagelsen om at en gjennomsnittlig utslippsintensitet for perioden 2013-2018 gjelder for 2005 er usikker, men plausibel når vi ser på den relativt stabile utviklingen for de valgte aktivitetsparametere i perioden 2005-2018.

## 6 MULIG VIDERE ARBEID

Denne rapporten tar for seg videreutvikling av barometeret for grønn omstilling i norsk skipsfart, forslag til forbedring av AIS modell som benyttes i miljørapporteringene for skip og et grovt estimat for CO<sub>2</sub> utslipp fra norsk innenriks skipsfart i 2005.

Når det gjelder barometeret er det fortsatt behov for videreutvikling, hvor f.eks. rutiner for datainnsamling for FoU-modulen utvikles og at resultatene blir inkludert i total-barometeret. FoU-oversikten over grønne teknologier bør også utvides til å dekke alle typer drivstoff og eventuelt energieffektiviserende tiltak. På sikt kan barometeret også inneholde en detaljert oversikt over regelverk, drivere og incentiver som vil stimulere til nødvendige endringer og utslippsreduksjoner. I tillegg kan barometeret settes opp slik at det blir tilgjengelig på nett.

Generelt, er det behov for en AIS- basert modell for utslipp til luft fra skip som i størst mulig grad benytter skipspesifikke data for de ulike systemene som er om bord. Dette løfter modellering fra å være en flåtemodell med generiske data til en systembasert modell for enkeltskip, med økt presisjonsnivå. Forbedringene vil også på en bedre måte kunne reflektere effekt av gjeldende og kommende regelverk (e.g. SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> Tier III, etc.) ved at utslippsfaktorer oppdateres og geografiske avhengigheter modelleres. Oppdatering av modell vil også være nødvendig skal den kunne gi nødvendige og oppdaterte resultater som kan benyttes i barometeret for grønn omstilling i norsk innenriks skipsfart. De viktigste elementene som må tas tak i er knyttet til:

1. System modellering på enkeltskip, med omlegging av modell fra bruk av flåtedata til data for hvert enkelt skip.
2. Teknologidatabase for alternative drivstoff, utslippsreducerende teknologier. Effekten av utslippsreducerende tiltak må bedre tas hensyn til i modelleringene. Databasen må gi oversikt over hvilke utslippsreducerende teknologier som finnes, hvordan de benyttes på det enkelte skip, og oppdatere modellen slik at det blir mulig å reflektere dette i beregningene av utslipp og effekt av implementerte tiltak.
3. Kalibrering og verifikasjon av modell resultater. Det er flere internasjonale prosesser for innsamling av data og rapportering av utslipp fra skip, f.eks. EU-MRV<sup>9</sup> og IMO DCS<sup>10</sup>. Både EU MRV og IMO DCS dataene viser et tilbakeblikk på året som gikk. Dataene inneholder ikke nok detaljer til å kunne benyttes som lokale klimaregnskap eller om teknologioptaket er tilstrekkelig for en grønn omstilling, men vil være sentral i kalibrering og validering av modellerte resultater. Det bør derfor etableres ulike valideringsrutiner slik at hele eller ulike deler av modellen kan raffineres og forbedres.

<sup>9</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02015R0757-20161216&qid=1484666516378&from=EN>

<sup>10</sup> <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Data-Collection-System.aspx>

## 7 REFERANSER

Baldi (2016) - Modelling, analysis and optimisation of ship energy systems.

De Vries (2019) - Safe and effective application of ammonia as a marine fuel.

<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:be8cbe0a-28ec-4bd9-8ad0-648de04649b8?collection=education>.

DNV GL (2020) – Maritime forecast to 2050 – Energy transition Outlook 2020

DNV GL (2019a) – *Underlag til handlingsplan for grønn skipsfart, Barometer for grønn omstilling av skipsfarten*. DNV GL rapport 2019-0080.

DNV GL (2019b) - Maritime forecast to 2050 – Energy transition Outlook 2019

DNV GL (2019c) - Tiltaksanalyse - reduksjon av klimagassutslipp fra innenriks skipsfart, DNVGL rapport 2019-0939.

DNV GL (2019d) – Nullutslipp i 2026 for skip i verdensarvfjordene, Sjøfartsdirektoratet. DNV GL rapport 2019-1250.

DNV GL, (2018) - Maritime forecast to 2050 – Energy transition Outlook 2018

DNV GL. (2014) – *MILJØTILTAK FOR MARITIM SEKTOR Sammenstilling av grunnlagsdata om dagens skipstrafikk og drivstofforbruk*. Norge, Høvik.

Mjelde et al, 2019 – Differentiating on port fees to accelerate the green maritime transition. Marine Pollution Bulletin 149 (2019) 110561.

Mjelde et al, 2014 – Environmental accounting for Arctic shipping – A framework building on ship tracking data from satellites. Marine Pollution Bulletin 87 (2014) 22–28.

SSB (2020a) - Statistisk sentralbyrå. *Tabell 2 CO<sub>2</sub> og andre klimagasser, etter utslippskilde*.

<https://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/klimagassn#relatert-tabell-2>

SSB (2020b) - Statistisk sentralbyrå. (2020). *2 Kildefordelte utslipp til luft. 2005*.

<https://www.ssb.no/a/kortnavn/klimagassn/arkiv/tab-2008-02-12-02.html>

SSB (2020c) - Statistisk sentralbyrå. (2020). *08867: Fangst, etter fiskefartøyet sin heimstadskommune og hovudgruppe av fangstarter (K) (avslutta serie) 2000 – 2018*.

<https://www.ssb.no/statbank/table/08867/>

SSB (2020d) - Statistisk sentralbyrå. (2020). *06207: Havnestatistikk. Hurtigruten Bergen - Kirkenes*.

*Passasjerer, etter havn 2006 M01 - 2020M03*, <https://www.ssb.no/statbank/table/06207/>

SSB (2020e) - Statistisk sentralbyrå. (2020). *11347: Kollektivtransport. Billettinntekter og passasjerer, etter transportmåte og ruteform 2005K1 - 2020K1*.

<https://www.ssb.no/statbank/table/11347/>

TØI (2018) - Transportøkonomisk institutt. (2018). *Transportytelser i Norge 1946–2017*.

<https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=49709>





## Om DNV GL

DNV GL er et internasjonalt selskap innen kvalitetssikring og risikohåndtering. Siden 1864 har vårt formål vært å sikre liv, verdier og miljøet. Vi bistår våre kunder med å forbedre deres virksomhet på en sikker og bærekraftig måte.

Vi leverer klassifisering, sertifisering, teknisk risiko- og pålitelighetsanalyse sammen med programvare, datahåndtering og uavhengig ekspertrådgivning til maritim sektor, til olje- og gass-sektoren, og til energibedrifter. Med 80,000 bedriftskunder på tvers av alle industrisektorer er vi også verdensledende innen sertifisering av ledelsessystemer.

Med høyt utdannede ansatte i 100 land, jobber vi sammen med våre kunder om å gjøre verden sikrere, smartere og grønnere.