

MILJØTILTAK I VERDENSARVFJORDENE

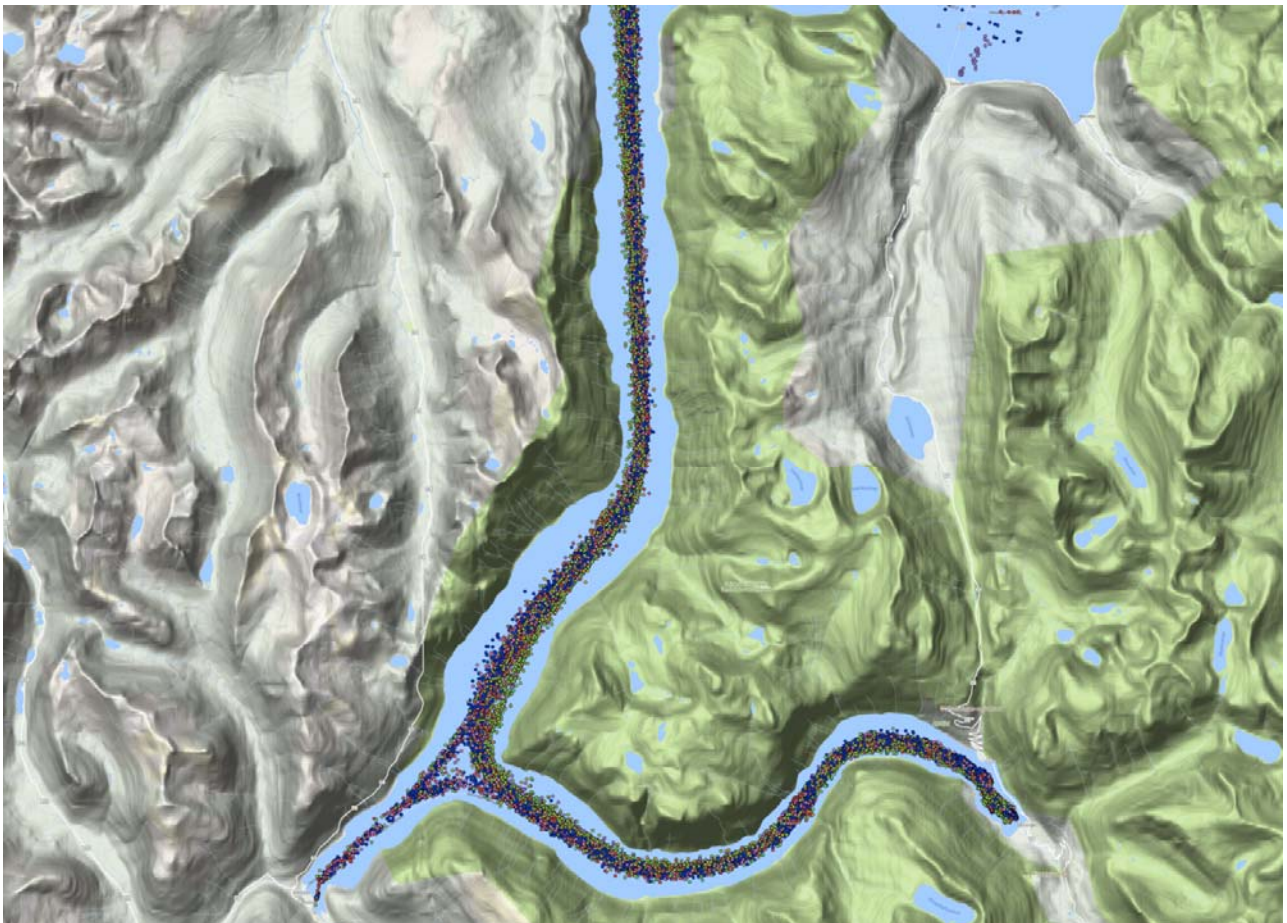
Effekt av hastighetsreduksjon for cruiseskip i verdensarvfjordene

Sjøfartsdirektoratet

Rapportnr.: 2018-0025, Rev. 1

Dokumentnr.: 117BSBGW-2

Dato: 2018-01-30

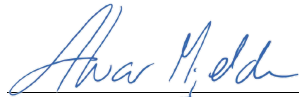


Prosjektnavn: Miljøtiltak i verdensarvfjordene DNV GL AS Maritime
Rapporttittel: Effekt av hastighetsreduksjon for cruiseskip i Environment Advisory
verdensarvfjordene Veritasveien 1
Oppdragsgiver: Sjøfartsdirektoratet, Postboks 2222 1363 Høvik
5509 HAUGESUND Norway
Norway Tel:
Kontaktperson: Bjørn Reppe
Dato: 2018-01-30
Prosjektnr.: 1-17BSBGW_temp
Org. enhet: Environment Advisory
Rapportnr.: 2018-0025, Rev. 1
Dokumentnr.: 117BSBGW-2

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

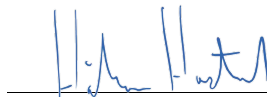
Oppdragsbeskrivelse:

Utført av:



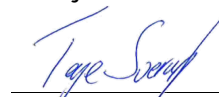
Alvar Mjelde
Principal Consultant

Verifisert av:

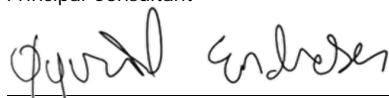


Håkon Husted
Principal Consultant

Godkjent av:



Terje Sverud
Head of Section



Øyvind Endresen
Senior Principal Consultant

[Name]
[title]

[Name]
[title]

[Name]
[title]

Beskyttet etter lov om opphavsrett til åndsverk m.v. (åndsverkloven) © DNV GL 2018. 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:

- Fri distribusjon (internt og eksternt)
 Fri distribusjon innen DNV GL
 Fri distribusjon innen det DNV GL-selskap som er kontraktspart
 Ingen distribusjon (konfidensiell)

Nøkkelord:

Norske verdensarvfjorder
Utslipp til luft CO₂, NO_x, SO_x og PM
Hastighetsbegrensning
Cruiseskip

Rev.nr.	Dato	Årsak for utgivelser	Utført av	Verifisert av	Godkjent av
0	17.01.2018	Første utgave - Draft	AMJ	HUST	TSV
1	30.01.2018	Endelig utgave	AMJ	HUST	TSV



Innholdsfortegnelse

1	INTRODUKSJON	1
1.1	Generelt	1
1.2	Områdeavgrensning	1
2	METODISK TILNÆRMING	3
2.1	Generelt	3
2.2	AIS-basert miljøregnskap (havbase)	3
2.3	AIS-modellering av hastighetsreduksjon	4
3	ANALYSE AV CRUISE- OG HURTIGRUTESKIP.....	6
3.1	Geirangerfjorden	6
3.2	Aurlands- og Nærøyfjorden	10
4	OPPSUMMERING OG ANBEFALING.....	13
5	REFERANSER	14

1 INTRODUKSJON

1.1 Generelt

Denne studien er gjennomført på oppdrag fra Sjøfartsdirektoratet og utreder effektene av hastighetsbegrensning for cruise fartøy i norske verdensarvfjorder. Hastighetsbegrensning er et av flere konkrete tiltak direktoratet vurderer med tanke på å begrense forurensning fra skip i disse områdene. Vurderingene er basert på dagens seilingshastigheter og trafikkbilde i Geirangerfjorden og Nærøyfjorden. Oppdraget består av følgende deler:

- Vurdere effekten av fartsreduksjon i verdensarvfjordene.
- Anbefale en ideell seilingshastighet for cruiseskip i fjordene, med tanke på å minimere utslipp.
- Kvantifisere den antatte reduksjonen i utslipp, da spesielt for nitrogenoksid (NO_x), svoveldioksid (SO₂) og svevestøv (PM₁₀ og PM_{2,5}).

Skipstrafikken som inngår i analysen er cruise fartøy og fartøyene som betjener kystruten Bergen-Kirkenes (Hurtigruten). For den aktuelle flåten har AIS-baserte analyser blitt benyttet til å identifisere dagens seilingshastigheter og operasjonsmønster, og for å beregne drivstofforbruk og tilhørende utslipp. Analysene er basert på metodene som benyttes i *havbase.no*, med korrigeringer for bruk av utslippsreducerende tiltak.

De gjennomførte beregningene er basert på faktisk skipsaktivitet fra januar 2016 og 2017 (til og med oktober), og danner et referansenivå for dagens situasjon (baseline). Deretter er det gjennomført fartsanalyser for det samme trafikkgrunnet, der effekten av ulike hastighetsbegrensninger modelleres for den aktuelle flåten.

I første del av rapporten beskrives tilnæringsmåte og forutsetninger, deretter presenteres estimater for potensielle drivstoff- og utslippsreduksjoner. Rapporten avsluttes med en anbefaling av en ideell seilingshastighet for cruiseskip i fjordene med tanke på å redusere utslipp.

Studien går ikke nærmere inn på andre typer følger for operatørene av hastighetsbegrensning (for eksempel av praktisk/økonomisk karakter).

1.2 Områdeavgrensning

Figur 1-1 viser et utsnitt av verdensarvområdene, Geirangerfjorden og Nærøyfjorden. Den røde grenselinjen viser avgrensningene av verdensarvområdene, hvor det er vurdert effekt av hastighetsbegrensninger for cruise- og hurtigrutetrafikken. Analyseområdet for hastighetsbegrensningene er fra:

- 62,252 grader nord i Sunnlyvsfjorden og omfatter hele fjorden inn til Geiranger. Fjordarmen inn til Hellesylt er også inkludert i analysen, selv om det i definisjonen ligger utenfor verdensarvområdet. Dette har liten betydning for analyseresultatene.
- 61,057 grader nord i Aurlandfjorden og omfatter hele fjorden inn til Aurland og inn Nærøyfjorden til Gudvangen.

Områdeavgrensning for Geirangerfjorden



Områdeavgrensning for Nærøyfjorden



Figur 1-1 Analyseområdene hvor det er vurdert effekt av fartsbegrensninger

2 METODISK TILNÆRMING

2.1 Generelt

Fartsreduksjon og bruk av økonomifart som energieffektiverende tiltak omfatter ulike aspekter av justering av- og planlegging for optimal fart, samt belastning og turtall på fremdriftsmotoren(e). Mengden drivstoff et skip bruker til fremdrift er proporsjonal med energien som kreves for å overvinne motstanden skipet møter når det beveger seg gjennom vannet ved en gitt hastighet. Forholdet mellom dette drivstofforbruket og farten til skipet er som regel eksponentielt. Som en tommelfingerregel kan man anta at drivstofforbruket (proporsjonalt med nødvendig motorkraft og motstanden) følger tredje potens av farten. Det vil si at en 10% hastighetsreduksjon reduserer motstanden og drivstofforbruket med 27%. For å vurdere den totale drivstoffbesparelsen basert på en komplett seilas må man ta hensyn til den ekstra tiden det tar å seile en gitt avstand på grunn av lavere hastighet. Ved å ta dette i betraktning kan en grovt forenklet anta at en nedgang i hastighet på 10% gir en total drivstoffbesparelse på ca. 19% for en gitt seilas (DNV GL, 2017).

Drivstoffbesparelser ved fartsreduksjoner har vært dokumentert i praksis (e.g. Zanne et al 2013) og gjennom teoretiske studier (e.g. Eide et al 2017; Lindstad et al 2015; Corbett et al 2009; Yin et al, 2017; Traut et al 2013). Det har også vært vurdert juridiske, tekniske og miljømessige aspekter ved innføring av fartsgrenser på sjøen (e.g. CE Delft, 2012). En oversikt over ulike studier og beregningstilnærminger finnes for eksempel hos Linstad et al (2015). Yin et al (2017) har gjennomgått 32 studier, hvorav 15 av disse benyttet «Cubic Rule»-tilnærmingen.

2.2 AIS-basert miljøregnskap (havbase)

DNV GL har tilgang til historiske AIS-data (Automatic Identification System) for hele norskekysten fra 2013 til i dag. Disse dataene gir en detaljert og høyoppløselig oversikt over dagens selingshastigheter, operasjonsmønster, utseilte distanser (nautiske mil) og tidsbruk for hvert enkelt fartøy. Informasjonen fra AIS er sammenstilt med fartøysdatabaser for å få detaljert informasjon om det enkelte skip, slik som installert effekt på hoved- og hjelpemotorer, maskinkonfigurasjon (dieselelektrisk versus dieselmekanisk/direktedrevet), skipets designhastighet, tonnasje, etc. Disse dataene danner grunnlaget for et AIS-basert miljøregnskap, som benyttes til å beregne drivstofforbruk, utslipp og operasjonelle karakteristikk for inn og utseiling og i havn. For hvert enkelt skip gjøres separate beregninger for hovedmotorer, hjelpemotorer og kjeler. Metoden er etablert i samarbeid med Kystverket, hvor resultatene også er aggregerte på en rekke typer og størrelseskategorier skip og presentert i *havbase.no*.

AIS-basert modellering av drivstofforbruk på fremdriftsmaskineri som gjøres etter «Cubic Rule»-tilnærmingen utnytter kjennskap til skipets designfart og observert hastighet fra AIS-systemet. Dette gjør at vi relativt nøyaktig beregner belastning for hovedmotor og derav skipets drivstofforbruk. For cruiseskip gjøres dette typisk innenfor 5-10% feilmargin i forhold til innrapportert forbruk. For havneopphold vil usikkerheten i det totale drivstofforbruket være knyttet til drivstofforbruk til hjelpemotorer og kjel, hvor AIS ikke kan benyttes til annet enn angivelse av operasjonstid. I utredning for verdensarvfjordene, utført av Marintek 2017, ble det innhentet drivstofforbruk for cruiseskip i havn. DNV GL har fått tilgang til dataene for 22 skip, hvor det er rapportert drivstofforbruk/time i havn (presentert i Rambøll, 2017). Ved hjelp av disse dataene ble det utarbeidet en statistisk sammenheng (formel) mellom drivstofforbruk/timer og BT for å validere resultatene i denne analysen. Resultatene overstemmer brukbart for skip opp til omkring 60 000 BT, men underrapporterer drivstofforbruk i havn for de større skipene. Dette vil resultere i at andel forbruk/utslipp i havn trolig være noe større enn det som er beregnet i dette studiet. Forbruk i havn påvirker ikke beregnet reduksjonspotensiale som følge av

hastighetsbegrensning, men vil gjøre at usikkerheten blir litt større for totalutslippet og angivelse samlet reduksjon for hele verdensarvområdet.

Følgende faktorer ligger til grunn for utslippsberegningene:

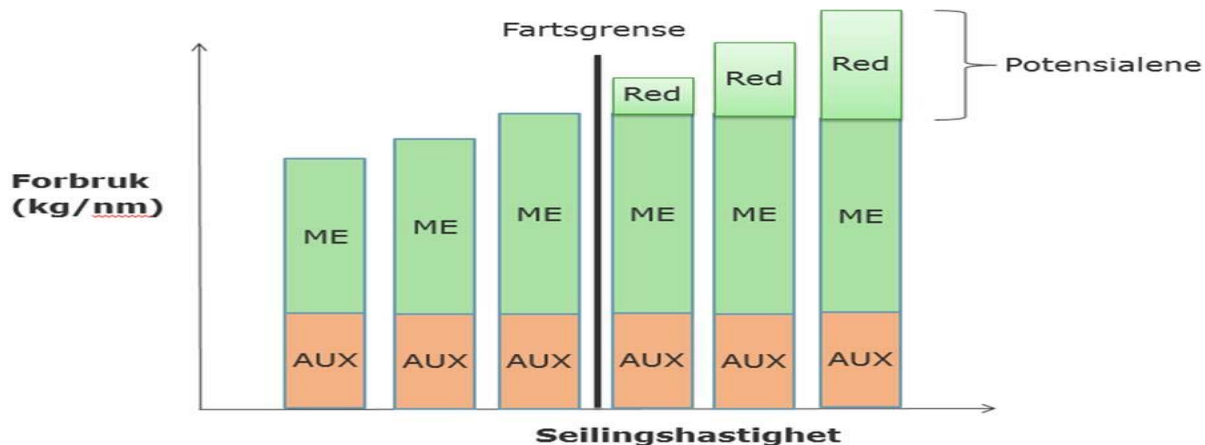
- Spesifikt drivstofforbruk på hoved- og hjelpemotor for ulike typer og størrelseskategorier skip basert på 2009 IMO GHG studie, og slik benyttet i havbase.no.
- Beregning av CO₂ er basert på standardfaktorer marint destillatdrivstoff, slik benyttet i havbase.no.
- Beregning av NO_x-utslipp er basert på standardfaktorer for ulike typer og størrelseskategorier skip basert på EIAPP-verdier (vektede verdier) for aktuelt maskineri, slik benyttet i havbase.no.
- SO_x og partikler baserer seg utslippsfaktorer for marint destillat. Dette er i tråd med data fra spørreundersøkelsen utført av Rambøll (2017), hvor de fleste skip rapporterte enten bruk av marint destillat drivstoff eller renseteknologi for å møte kravet til maksimalt 0,1 % svovelinnhold i drivstoff (tilsvarer krav i havn eller når fartøyene kommer fra eller skal til ECA-området for SO_x i Nordsjøen).

2.3 AIS-modellering av hastighetsreduksjon

Den gjennomførte AIS-baserte trafikkanalysen identifiserer alle unike cruise- og hurtigrutefartøy i analyseområdene, og baserer seg på faktisk skipsaktivitet i 2016 og 2017 (til og med oktober). AIS-analysene benyttes for å angi referansenivå for dagens drivstofforbruk og utslipp til luft (baseline).

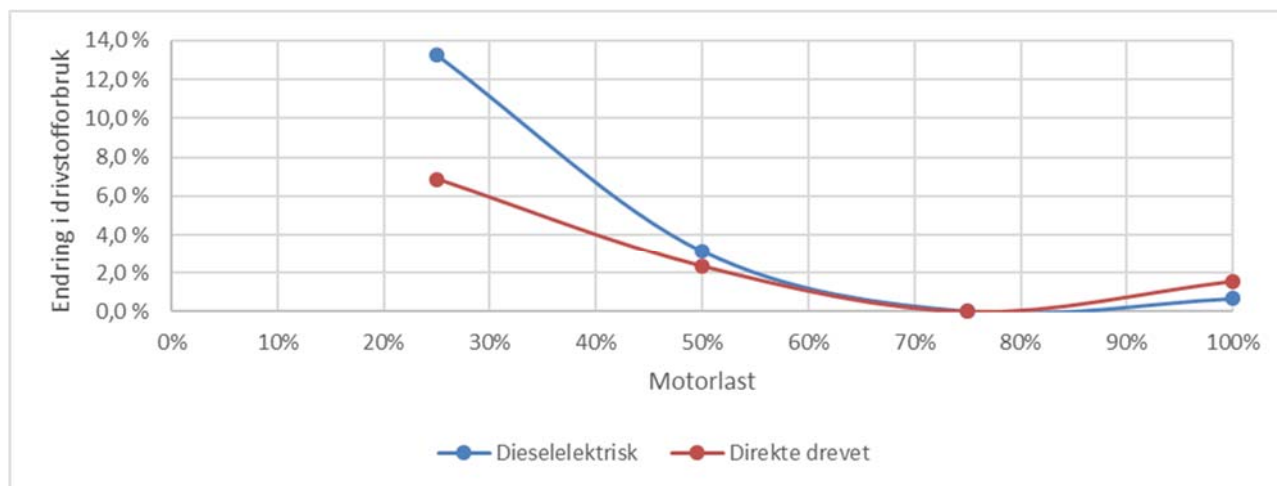
Til analyse av utslippsreduksjon som følge av hastighetsbegrensning i området er det gjennomført fartsanalyser for alle fartøyene, hvor det settes ulike tillatte maksimalhastigheter inn i modellen. Innenfor det definerte analyseområdet endres alle observerte hastigheter som et enkeltskip har over spesifisert hastighetsgrense, ned til spesifisert grense. Modellen beregner deretter størrelsen på drivstoffbesparelsene, samt de tilhørende utslippsreduksjoner, med cubic rule-tilnærmingen. Det tas også hensyn til endret spesifikt drivstoff-forbruk ved endret motorbelastning (se beskrevet under). Figur 2-1 synligjør det benyttede beregningsprisnippet, hvor hvert enkelt skip som seiler over fartsgrensen tilordnes en hastighet redusert ned til fartsgrensen.

Metoden bygger på uendret totalt utseilt avstand (ved inn- og utseiling), men der drivstofforbruket (per nautisk mil) ved seilingshastigheter *over fartsgrensen* reduseres ned til forbruket (per nautisk mil) *ved den satte fartsgrensen*. Reduksjon i drivstofforbruk vil kun være på fremdriftsmotor, mens hjelpemotor og kjel i all hovedsak vil være konstant. Ved å gjøre tilsvarende øvelse for alle skip i analyseområdet vil reduksjonspotensialer fra ulike hastighetsbegrensninger kunne estimeres. Det er i modelleringen antatt at den ekstra tiden som går med i inn- og utseilingsfasen når farten reduseres, blir kompensert for utenfor analyseområdet. Altså, noe lengre inn- og utseilingstid, men samme oppholdstid i havn/inne i fjordene, gir totalt sett noe mer oppholdstid i analyseområdene. Alternativt vil operatørene kunne redusere oppholdstiden i vernefjordene, men dette er ikke vurdert i denne studien.



Figur 2-1 Konsept benyttet for beregning reduksjonspotensialer ved innføring av fartsgrense

Spesifikt energiforbruk for maritime motorer (gram drivstoff/kWh) er mest optimalt rundt 70%-80% motorlast, hvilket er typisk lastområdene for fremdriftsmotorene når skipet holder designhastighet (service speed). En sammenheng mellom motorenes lastfaktor og energieffektivitet er vist i Figur 2-2. Kurvene er basert på en analyse av EIAPP motorsertifikater for ca. 800 motorer av ulike størrelser for dielelektrisk og dieselmekanisk/direktedrevet fremdriftssystem. Begge motorkonfigurasjoner viser noenlunde samme utvikling i spesifikt forbruk i lastområdet over 50%, mens med lavere motorlast øker det spesifikke forbruket (g/kwh) mer for dielelektrisk sammenliknet med direktedrevet. Dette er hensyntatt i beregningene når skipene har redusert seilingshastighet.



Figur 2-2 Endring i spesifikt drivstofforbruk ved ulik motorlast (kilde: DNV GL)

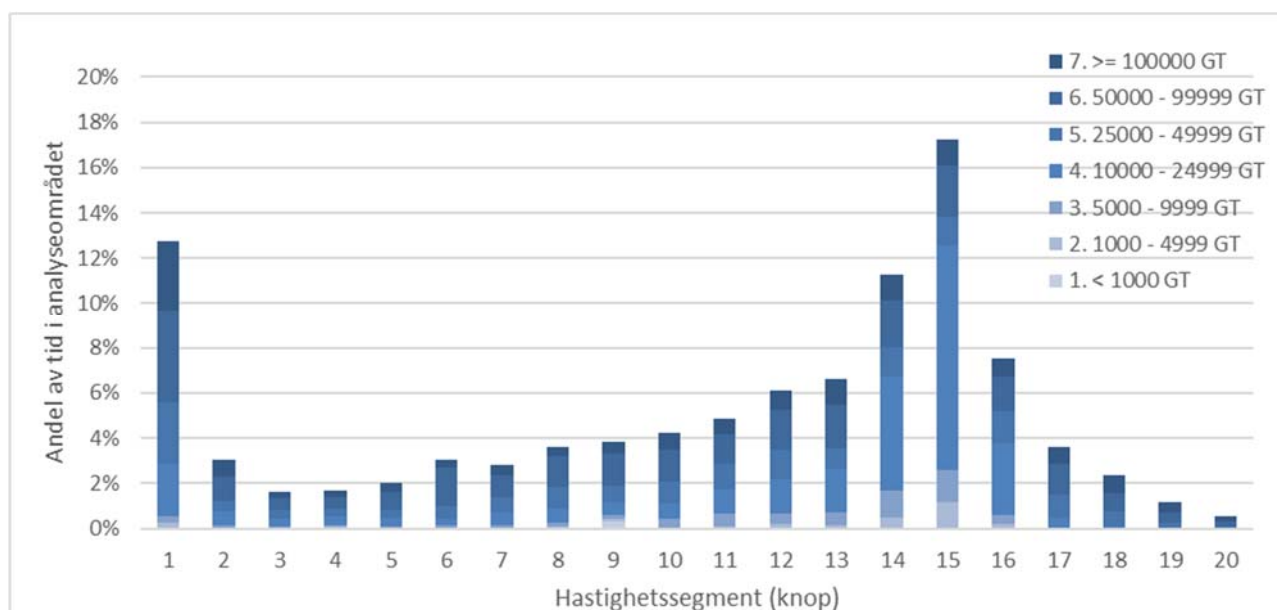
Begrenses skipets inn- og utseilingshastighet, vil fremdriftsmotorene måtte operere i et lavere lastområde og dermed være mindre energieffektive. I hvilken grad dette økte forbruket veier opp for lavere energibehov for å flytte fartøyet i lavere fart gjennom vann, avhenger av hvilken farts- og motorlastendring det faktisk er snakk om. For skip som har flere motorer, dielelektrisk fremdriftssystem eller har akselgenerator i kombinasjon med hjelpemotorer kan det imidlertid være mulig å stenge ned en eller flere motorer og på den måten optimalisere motorutnyttelsen (virkningsgraden) også ved lavere fart. Denne effekten er ikke hensyntatt i beregningene da det krever detaljkunnskap om drift av de enkelte skip. Effekten av dette er imidlertid antatt å gi minimale utslag i analysen.

3 ANALYSE AV CRUISE- OG HURTIGRUTESKIP

3.1 Geirangerfjorden

Analysen omfatter alle cruise- og hurtigruteskip som har vært innenfor analyseområdet i perioden januar 2016 til og med oktober 2017. Perioden er valgt fordi dette er perioden med best AIS-dekning for området, som dermed vil gi et bredt datagrunnlag for analysen. Gjennom AIS-analyse av området er det identifisert 89 unike cruise- og hurtigruteskip over hele perioden, mens det fordelt på 2016 og 2017 var henholdsvis 69 og 73 unike fartøyer. Mange av fartøyene har flere seilaser i fjorden med anløp i Geiranger, og alle turene er inkludert i hastighetsanalysen.

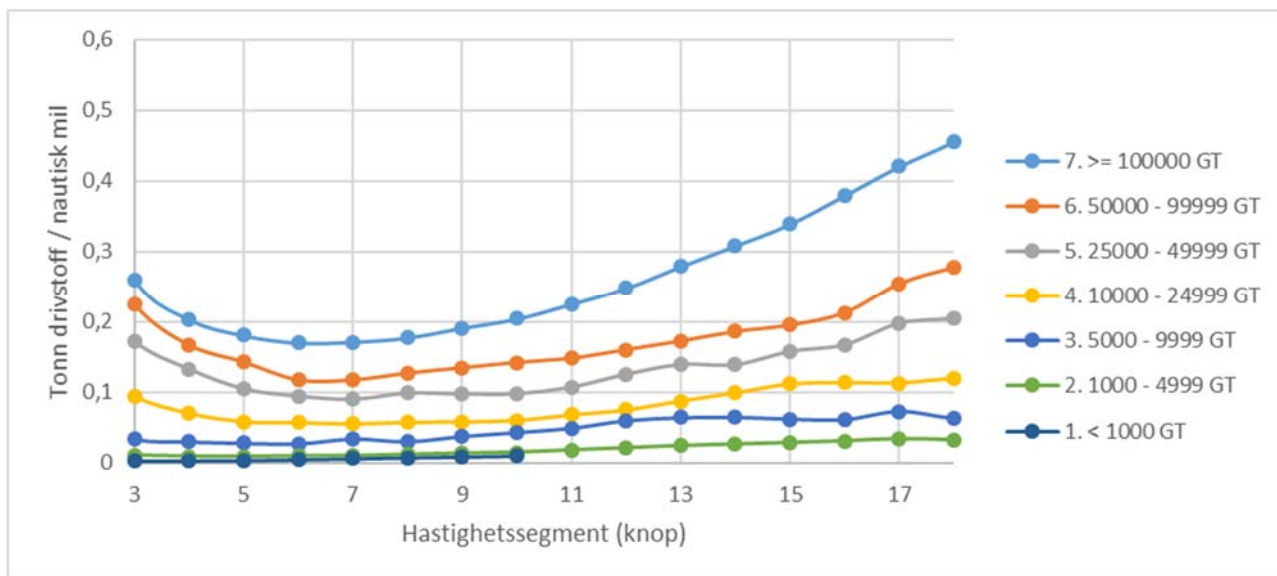
Figur 3-1 viser hastighetsprofil for alle fartøyene fordelt på ulike størrelseskategorier skip. Fra innseilingen ytterst i Sunnlyvsfjorden og inn til Geiranger har fartøyene en typisk seilingshastighet rundt 14-16 knop. Under innseilingen har flere av fartøyene denne farten i opp mot 45% av tiden. Ut fra AIS analysen kan vi se at det kun er 3 fartøyer som ikke opererer over 10-11 knop. Dette betyr at en hastighetsbegrensning på 12 knop eller lavere vil påvirke nær sagt alle cruise- og hurtigruteskipene som opererer i Geirangerfjorden.



Figur 3-1 Hastighetsprofil for ulike størrelseskategorier skip i Geirangerfjorden (2016-2017)

For å vurdere hvilke hastighetsbegrensninger som kan settes for fartøyene i analyseområdet, er det for hvert enkelt skip foretatt en analyse av drivstofforbruk (tonn/nm) ved ulike seilingshastigheter, dvs. tonn drivstoff per nautisk mil. Effekten av hastighetsreduksjon må beregnes på enkeltskipsnivå fordi det er store variasjoner mellom de individuelle fartøyene i operasjonsmønster, med videre. Som en illustrasjon på dette viser Figur 3-2 gjennomsnittlig drivstofforbruk/nautisk mil for ulike størrelseskategorier skip. Figuren viser at det er en typisk nedre terskelverdi rundt 6-8 knop der redusert fart ikke lenger gir redusert drivstofforbruk/nautisk mil. Reduseres farten for mye vil forbruk og utslipp øke.

Med bakgrunn i disse resultatene er det valgt å foreta analyse av effektene ved hastighetsbegrensning lik 8, 10 og 12 knop. Hastighetsbegrensningen omfatter både inn- og utseiling i analyseområdene.



Figur 3-2 Drivstofforbruk for ulike hastighetssegmenter og størrelseskategorier skip. Kilde DNV GL

Av Tabell 3-1 fremkommer det at reduksjonspotensialet for drivstofforbruk og utslipp til luft for inn- og utseilingen er i størrelsesorden 19% - 21% for 12 knop, 28% - 31% for 10 knop og mellom 34% - 37% for 8 knop. Inkluderes drivstofforbruk i havn vil reduksjonen for hele analyseområdet være henholdsvis 10-11%, 14-17% og 17- 20% ved samme hastighetsbegrensninger. Drivstofforbruket i havn utgjør omtrent halvparten av det totale drivstofforbruket i analyseområdet.

Dette synliggjør at det er et betydelig reduksjonspotensiale ved redusert fart i verdensarvområdet. Av det totale reduksjonspotensialet, er i overkant av ca. 70% av reduksjonen fra skip > 25 000 BT.

Tabell 3-1 Effekt av hastighetsreduksjon i Geirangerfjorden

Parameter	2016			Tom okt. 2017		
	Inn- og utseiling	I havn *	Totalt	Inn- og utseiling	I havn *	Totalt
Utseilt distanse	10243	~ 0	10243	9886	~ 0	9886
Antall timer	935	1743	2678	919	1682	2601
Drivstofforbruk (tonn)	1538	1441	2979	1704	1465	3168
Endret forbruk ved max 12 knop (%)	-19%	-	-10%	-21%	-	-11%
Endret forbruk ved max 10 knop (%)	-28%	-	-14%	-31%	-	-17%
Endret forbruk ved max 8 knop (%)	-34%	-	-17%	-37%	-	-20%

* Skipets hastighet er under 1 knop

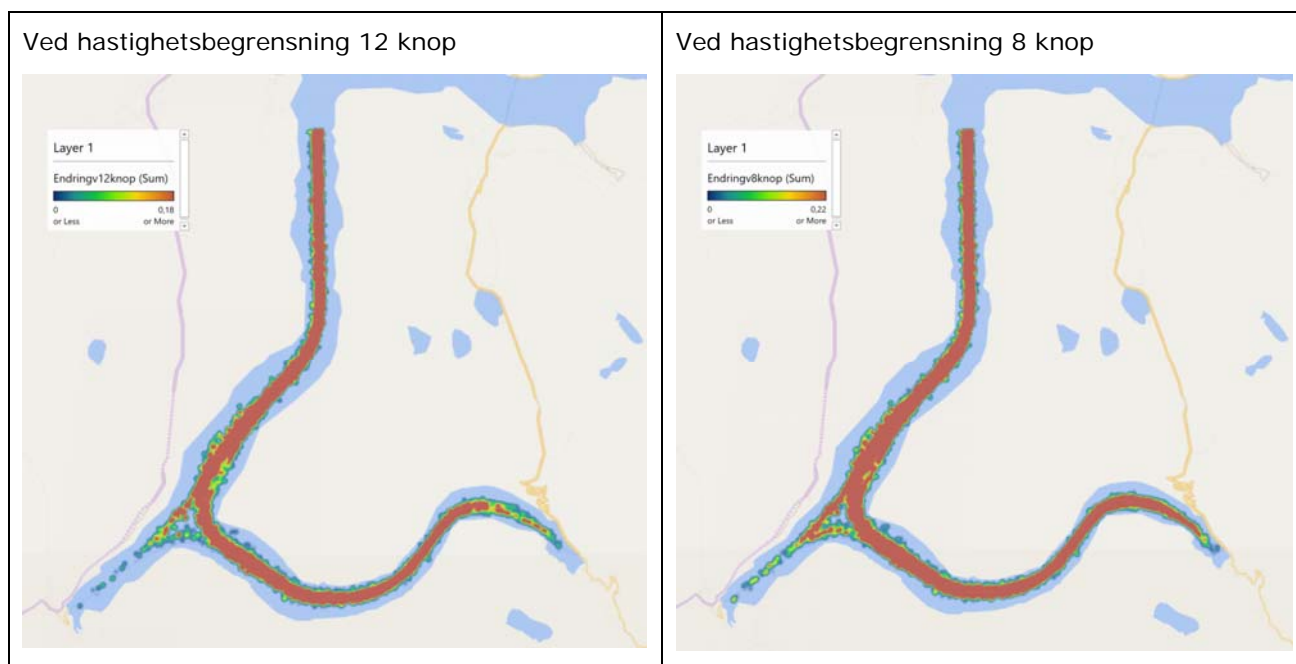
Det er for analyseområdet beregnet et samlet utslipp av CO₂, NO_x, SO_x, PM10 og PM2.5 for inn- og utseiling uten begrensning i hastighet og utslipp i havn, dvs. baseline for cruise- og hurtigrutefartøylene. Det er små forskjeller i drivstofforbruk og utslipp mellom de to årene, og gjennomsnittlige utslipp fra disse skipene er i størrelsesorden 9800 tonn CO₂/år, 165 tonn NO_x/år, 6,1 tonn SO_x/år og 4,6 tonn PM10/år eller 4,3 tonn PM2.5/år.

Reduksjon i utslipp for de enkelte komponentene som følge av hastighetsbegrensningene antas å være noenlunde proporsjonal med reduksjonen i drivstofforbruket for hovedmotorene. Lavere motorlast kan medføre en høyere grad av sot-dannelse i motorene og dermed påvirke utslipp av partikler. Det er imidlertid lite data tilgjengelig som beskriver disse forholdene, slik at PM10 og PM2.5 også antas å ha en proporsjonal reduksjon med drivstofforbruket på hovedmotor. Også NOx-utslipp (g/kwh) vil variere med motorpådrag, men dette er ikke tatt hensyn til i studien. Tabell 3-2 viser beregnet reduksjon i utslipp til luft som følge av å sette hastighetsbegrensning i analyseområdet.

Tabell 3-2 Reduksjon i utslipp til luft som følge av hastighetsbegrensning

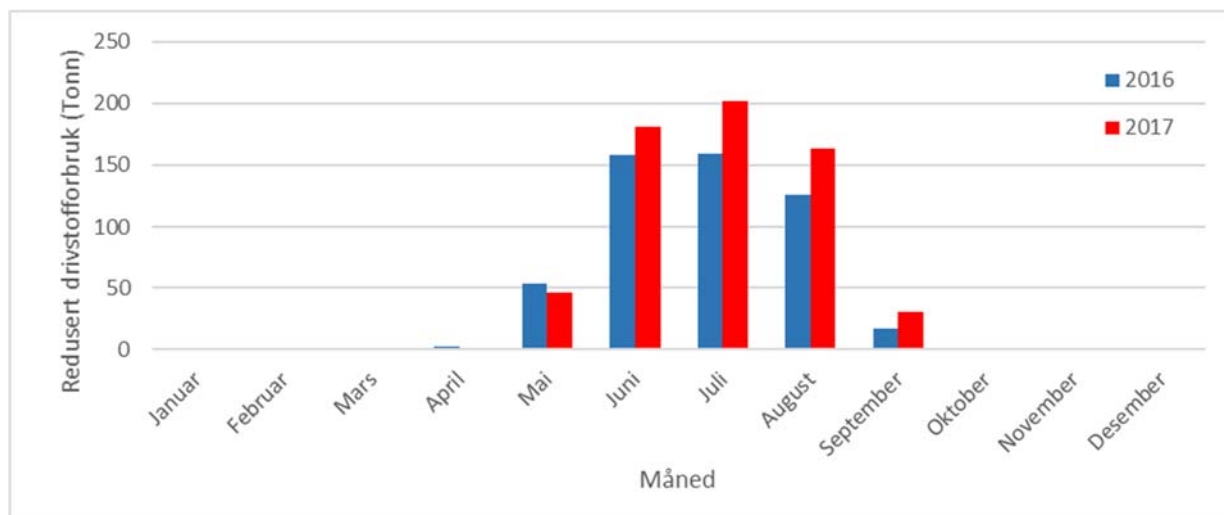
Reduksjon per utslippskomponent	Max 12 knop	Max 10 knop	Max 8 knop
CO ₂ utslipp (tonn/år)	1000	1500	1800
NOx utslipp (tonn/år)	17	26	30
SOx utslipp (tonn/år)	0,7	1,0	1,1
PM10 utslipp (tonn/år)	0,5	0,7	0,9
PM2.5 utslipp (tonn/år)	0,5	0,7	0,8

Figur 3-3 viser hvilke områder som vil få et redusert utslipp som følge av å sette en hastighetsbegrensning for alle cruise- og hurtigruteskip. I figuren vises influensområdene for fartsreduksjon ved 12 og 8 knop. Rødmerket område angir hvor de høyeste reduksjonene oppnås, mens de mørkeblå områdene angir områdene med de laveste reduksjonene. Redusert hastighet vil medføre en utslippsreduksjon i hele fjordområdet fra innseilingen i Sunnlyvsfjorden og inn mot havneområdet i Geiranger. Reduksjonen er minst i de innerste delene av fjordene (der hastigheten i utgangspunktet allerede er lav).



Figur 3-3 Influensområde for potensiell utslippsreduksjon ved fartsbegrensning, 12 knop (venstre) og 8 knop (høyre). Kilde DNV GL

Cruise- og hurtigrutefartøyene opererer kun i deler av året i Geirangerfjorden. Beregnet drivstofforbruk, utslipp og reduksjonspotensiale som følge av hastighetsreducerende tiltak vil derfor kun gjøre seg gjeldende i deler av året. Figur 3-6 viser samlet reduksjon i drivstofforbruk og utslipp fordelt på de månedene disse fartøyene trafikkerer området, ved hastighetsbegrensning 8 knop. Som det fremgår av figuren er det en liten forskjell i operasjonsmønsteret for 2016 og 2017, og derav variasjon i reduksjonspotensialet. I hovedsak er hovedaktiviteten og reduksjonspotensialene knyttet til de tre sommermånedene juni, juli og august, og med et lavere skuldernivå på begge sider av sommeren.

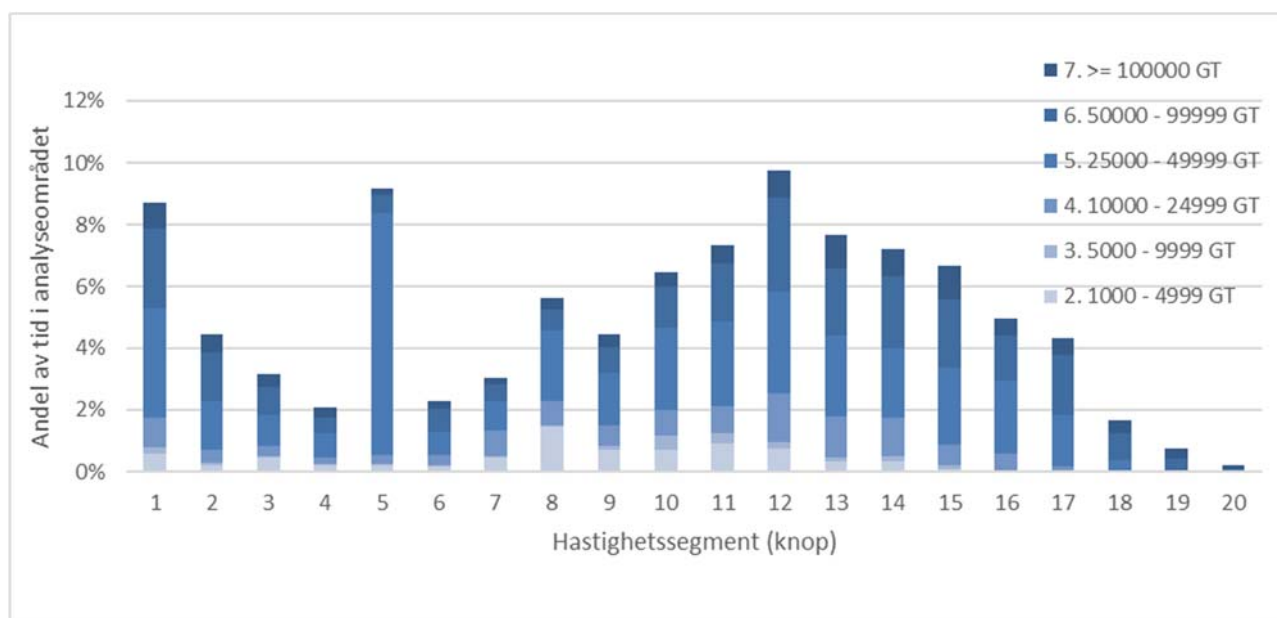


Figur 3-4 Månedsfordeling av reduksjonspotensiale, 2016 og 2017. Kilde DNV GL

3.2 Aurlands- og Nærøyfjorden

Som for Geirangerfjorden omfatter analysen i Aurlands- og Nærøyfjorden alle cruise- og hurtigruteskip som har vært innenfor analyseområdet i perioden 2016 til og med oktober 2017. Gjennom AIS-analyse av området er det identifisert 76 unike cruise- og hurtigruteskip over hele perioden, mens det fordelt på 2016 og 2017 var henholdsvis 58 og 54 unike fartøyer. Mange av fartøyene har flere seilaser i fjordene med anløp hovedsakelig i Aurland, men det er også enkelte turer i Nærøyfjorden. Alle turene er inkludert i hastighetsanalysen.

Hastighetsprofil for alle cruise- og hurtigrutefartøyer som opererer innenfor analyseområdet Aurlands- og Nærøyfjorden er vist i Figur 3-5. Det er et bredt spenn i seilingshastighet for fartøyene, og de har i størrelsesorden 30% av tiden i hastighet over 12 knop. Ut fra AIS analysen kan vi se at det kun er ett fartøy som ikke opererer over 10 knop. Dette betyr at en hastighetsbegrensning vil påvirke nær sagt alle cruise- og hurtigruteskipene som opererer i området.



Figur 3-5 Hastighetsprofil for ulike størrelseskategorier skip i Aurlands- og Nærøyfjorden

Vurdering av hvilke hastighetsbegrensninger som kan settes for fartøyene i analyseområdet baserer seg på samme tilnærming som er benyttet for Geirangerfjorden, dvs. tonn drivstoff per nautisk mil. En figur tilsvarende Figur 3-2 ble benyttet for fartøyene som opererer i Aurlands- og Nærøyfjorden (etablert på samme måte, men inkluderer færre og noen andre fartøyer). Det laveste drivstofforbruket per nautisk mil ligger også for denne flåten i samme område, dvs. rundt 6-8 knop.

Med bakgrunn i disse resultatene er det valgt å foreta analyse av effektene ved hastighetsbegrensning for tilsvarende hastigheter som i Geirangerfjorden, dvs. 8, 10 og 12 knop. Hastighetsbegrensningen omfatter både inn og utseiling i Aurlands- og Nærøyfjorden.

Av Tabell 3-3 fremkommer det at reduksjonspotensialet for drivstofforbruk og utslipp til luft for inn- og utseilingen er i størrelsesorden 15% - 19% for 12 knop, 22% - 28% for 10 knop og mellom 27% - 33% for 8 knop. Inkluderes drivstofforbruk i havn vil reduksjonen for hele analyseområdet være henholdsvis

6%, 8% og 10%. Drivstofforbruket i havn utgjør omtrent 60% av det totale drivstofforbruket i analyseområdet.

Det bemerkes at sammenlignet med Geirangerfjorden, er det totale reduksjonspotensialet lavere. Av det totale reduksjonspotensialet, er i overkant av ca. 70% av reduksjonen fra skip > 25 000 BT. Imidlertid er det også i Aurlands- og Nærøyfjorden et betydelig reduksjonspotensiale ved redusert hastighet.

Tabell 3-3 Effekt av hastighetsreduksjon i Aurlands- og Nærøyfjorden

Parameter	2016			Tom okt 2017		
	Inn- og utseiling	I havn *	Totalt	Inn- og utseiling	I havn *	Totalt
Utseilt distanse	5343	~ 0	5343	4143	~ 0	4143
Antall timer	566	1630		403	1447	
Drivstofforbruk (tonn)	726	1202	1928	725	1185	1911
Endret forbruk ved max 12 knop (%)	-15%	-	-6%	-19%	-	-7%
Endret forbruk ved max 10 knop (%)	-22%	-	-8%	-28%	-	-10%
Endret forbruk ved max 8 knop (%)	-27%	-	-10%	-33%	-	-12%

* Skipets hastighet er under 1 knop

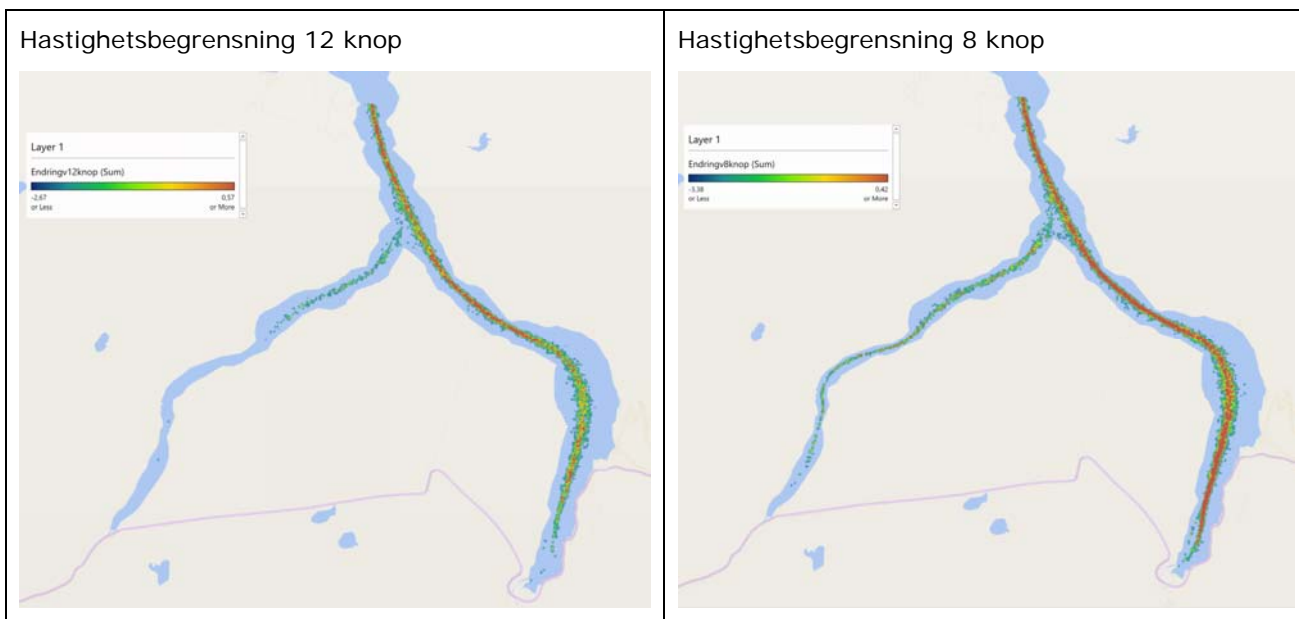
Det er for analyseområdet beregnet et samlet utslipp av CO₂, NO_x, SO_x, PM10 og PM2.5 for inn- og utseiling uten begrensning i hastighet og utslipp i havn, dvs. baseline for cruise- og hurtigrutefartøyene. Det er små forskjeller i drivstofforbruk og utslipp mellom de to årene, og gjennomsnittlige utslipp fra disse skipene er i størrelsesorden 6050 tonn CO₂/år, 90 tonn NO_x/år, 3,8 tonn SO_x/år og 2,9 tonn PM10/år eller 2,7 tonn PM2.5/år.

Reduksjon i utslipp for de enkelte komponentene som følge av hastighetsbegrensningene antas å være noenlunde proporsjonal med reduksjonen i drivstofforbruket for hovedmotorene. Tabell 3-4 viser beregnet reduksjon i utslipp til luft som følge av å sette hastighetsbegrensning i analyseområdet.

Tabell 3-4 Reduksjon i utslipp til luft som følge av hastighetsbegrensning

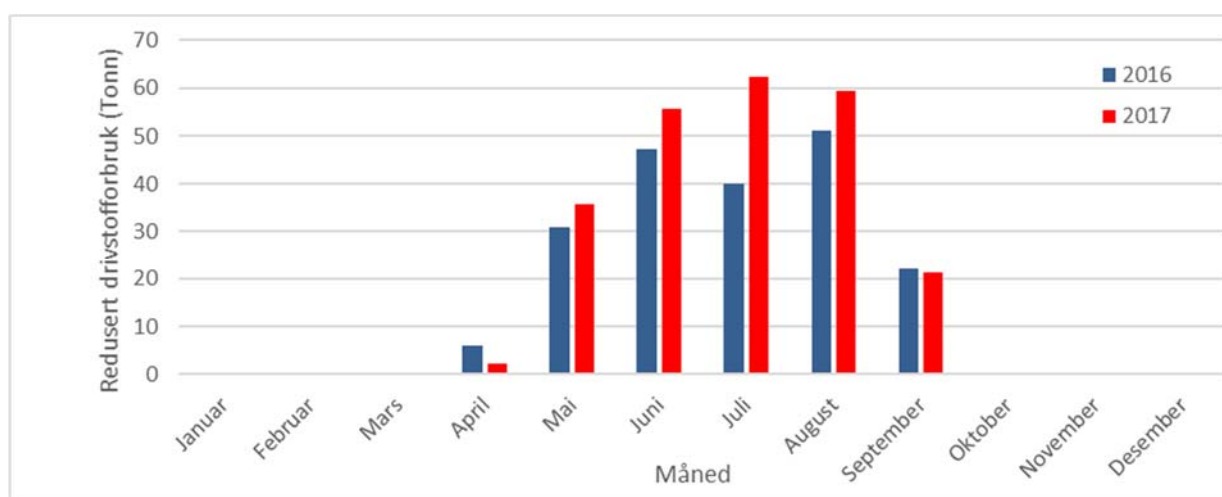
Reduksjon per utslippskomponent	Max 12 knop	Max 10 knop	Max 8 knop
CO ₂ utslipp (tonn/år)	390	570	680
NO _x utslipp (tonn/år)	6	8	10
SO _x utslipp (tonn/år)	0,2	0,4	0,4
PM10 utslipp (tonn/år)	0,2	0,3	0,3
PM2.5 utslipp (tonn/år)	0,2	0,3	0,3

Figur 3-6 viser hvilke områder som vil få et redusert utslipp som følge av å sette en hastighetsbegrensning for alle cruise- og hurtigruteskip. I figuren vises influensområdene for fartsreduksjon ved 12 og 8 knop. Rødmerket område angir hvor det oppnås de høyest reduksjonene, mens de mørkeblå områdene angir hvor det oppnås de laveste reduksjonene. Redusert hastighet vil medføre en utslippsreduksjon i hele området fra innseilingen i Aurlandsfjorden og inn mot havneområdet i Aurland. For Nærøyfjorden er reduksjonspotensialet lavere fordi fartøyene generelt holder lavere hastighet. Ved hastighetsbegrensning på 12 knop vil det i Nærøyfjorden være en liten reduksjon i første del av fjordstrekket, mens det i indre halvdelene ikke har noen effekt. Settes hastighetsbegrensningen til 8 knop vil det være en liten reduksjon på nær hele strekningen inn Nærøyfjorden.



Figur 3-6 Influensområde for potensiell utslippsreduksjon ved fartsbegrensning, 12 knop (venstre) og 8 knop (høyre)

Cruise- og hurtigrutefartøyene opererer kun i deler av året i Aurlands- og Nærøyfjorden. Beregnet drivstofforbruk, utslipp og reduksjonspotensiale som følge av hastighetsreduserende tiltak vil derfor kun gjøre seg gjeldende i deler av året. Figur 3-7 viser samlet reduksjon i drivstofforbruk og utslipp fordelt på de månedene disse fartøyene trafikkerer området, ved hastighetsbegrensning 8 knop. Som det fremgår av figuren er det en liten forskjell i operasjonsmønsteret for 2016 og 2017, og derav variasjon i reduksjonspotensialet. I hovedsak er hovedaktiviteten og reduksjonspotensialene knyttet til de fire sommermånedene mai, juni, juli og august, og med et lavere skuldernivå i november og et lite potensiale på forsommeren.



Figur 3-7 Månedsfordeling av reduksjonspotensiale, 2016 og 2017. Kilde DNV GL

4 OPPSUMMERING OG ANBEFALING

Cruise- og hurtigrutetrafikk i de norske verdensarvfjordene står for en vesentlig andel av de samlede utslipp til luft i områdene.

Settes det hastighetsbegrensning i verdensarvfjordene vil dette føre til redusert drivstofforbruk og reduserte utslipp til luft på hele strekningen inn til destinasjonsområdet i fjordene. Benyttes maksimal hastighet på henholdsvis 12, 10 eller 8 knop innenfor verdensarvområdene vil dette medføre at de totale maritime utslipp blir redusert i størrelsesorden 10 %, 15 % og 19 % for Geirangerfjorden og i størrelsesorden 6 %, 8 % og 10 % for Nærøyfjorden. Reduksjonspotensialet er lavere i Nærøyfjordområdet fordi fartøyene generelt holder lavere hastighet, og spesielt for de fartøyene som går inn selve Nærøyfjorden. I begge analyseområdene, er det de store skipene som har de største reduksjonspotensialene. Det også som forventet en betydelig sesongvariasjon i reduksjonspotensialene.

Analysen viser også at det for den aktuelle flåten er en nedre terskelverdi for utslippsreduksjon rundt 8 knop. Dette vil si at reduksjon i hastighet fra dagens operasjonsmønster gir vesentlig reduksjon i forbruk og utslipp ned til denne grensen. Ytterligere hastighetsreduksjon gir ikke noen vesentlig ytterligere reduksjon. Denne terskelverdien vil være individuell for hvert enkelt skip, men for flåten samlet (de store bidragsyterne) vil 8 knop kunne være en ideell nedre fartsgrense for å redusere utslipp. En slik fartsgrense er antatt ikke å ha negative virkninger for fartøyenes manøvreringsevne og sjøsikkerhet. Det bemerkes at departementet har fastsatt en fartsbegrensning på 8 knop i den innerste delen av Geirangerfjorden, jf. forskrift om oppankring i Geirangerfjorden.

Imidlertid vil redusert fart kunne ha andre følger for operatørene, som ikke er nærmere utredet i denne studien. For eksempel kan det tenkes at skip som opererer i rutetrafikk (slik som hurtigruten) kan bli nødt til å øke hastigheten utenom verdensarvområdet for å ta igjen tapt tid. Dette kan medføre en økning i utslippene utenfor verdensarvområdene.

5 REFERANSER

CE Delft (2012), Regulated slow steaming in Mariam transport, An assessment of Options, Cost and Benefits, Delft, CE Delft, February 2012.

<https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/media/Slow%20steaming%20CE%20Delft%20final.pdf>

Corbett J.J., Wang H., Winebrake J. J. (2009), The effectiveness and costs of speed reductions on emissions from international shipping, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 14, Issue 8, December 2009, Pages 593-598.

http://www.winebrake.com/uploads/2/9/4/9/29493665/corbettwangwinebraketrd2009_as_published.pdf

DNV GL (2014), Sammenstilling av grunnlagsdata om dagens skipstrafikk og drivstofforbruk, rap.no. 2014-1667.

https://www.regjeringen.no/contentassets/cffd547b30564dd9a2ae616042c22f26/grunnlagsdata_for_ski_pstrafikk_og_drivstofforbruk.pdf

DNV GL (2017), Teknologiar og tiltak for energieffektivisering av skip- kartlegg av teknologistatus, oppdrag for ENOVA SF, DNV rap. nr. 2016-0511, Rev.1

<https://www.google.no/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwjNj-Tm3ILYAhXoCpoKHYYbgDtOQFggsMAE&url=https%3A%2F%2Fresources.mynewsdesk.com%2Fimage%2Fupload%2Fattachment%2Fux9a9gag0abdvdku1f6.pdf&usq=AOvVaw27CRrJIz1EOZOazAKDqppO>

Eide et al (2017), Navigating a low-carbon future, Consequences for NSA (Norwegian Shipowners' Association) members from CO2 regulations, Report No. 2017 0205.

<https://www.rederi.no/en/DownloadFile/?file=176270>

Lindstad H. and Eskeland, G.S. (2015): Low carbon maritime transport: How speed, size and slenderness amounts to substantial capital energy substitution, Transportation Research Part D 41, 2015, 244–256.

<https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/id/382147/Low+carbon+maritime+transport+-+How+speed+size+and+Slenderness+amounts+to+substantial+capital+for+energy+subsitution.pdf>

Marintek (2017), Operasjonelle data innsamlet for skip som opererer Verdensarvfjordene, data mottatt fra Marintek, dato. 15.12.2017

Rambøll (2017), Utslipp til luft og sjø fra Skipsfarten i fjordområder med stor Cruisetraffikk, 5 mai, 2017. Oppdrag utført for Sjøfartsdirektoratet. https://www.sjofartsdir.no/globalassets/sjofartsdirektoratet/regelverk-og-int.-arbeid---dokumenter/forurensing-fra-skipsfarten-i-verdensarvfjorder/ramboll-rapport-utslipp-til-luft-og-sjo-fra-skipsfart-i-norske-fjorder_2017.pdf

Traut M. et al (2013), Monitoring of shipping emissions via AIS data? Certainly, Low Carbon shipping conference, London 2013.

http://www.lowcarbonshipping.co.uk/files/ucl_admin/LCS%202013/Traut_et_al.pdf

Yin Y., et al (2017), Reviwe of exsiting emission account models in the maritime Industry. Meeting the Energy Demands of Emerging Economies, 40th IAEE International Conference, 2017, Singapore.

http://www.iaee.org/iaee2017/submissions/OnlineProceedings/IAEE2017%20Review%20of%20Emission%20Accounting%20Models%20in%20the%20Maritime%20Industry_final.pdf

Zanne et al (2013), Environmental and economic benefits of slow steaming, Trans. Marit.sci 2013; 02: 123-127. <http://hrcak.srce.hr/file/161552>



About DNV GL

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil & gas and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.