

MILJØTILTAK FOR MARITIM SEKTOR

# Teknisk vurdering av skip og av infrastruktur for forsyning av drivstoff til skip

Miljø og Klimadepartementet

Report No.:2014-1669, Rev. 0

Document No.:

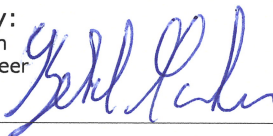
Date: 22.12.2014



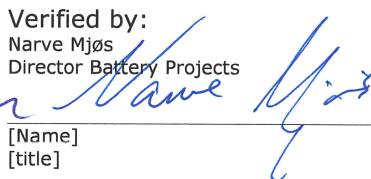
Project name: Miljøtiltak for maritim sektor DNV GL Maritime Advisory  
Report title: Teknisk vurdering av skip og av infrastruktur for Environment Advisory  
forsyning av drivstoff til skip  
Customer: Klima og Miljødepartementet,  
Contact person: Per W. Schive  
Date of issue: 22.12.2014  
Project No.: PP117205-G2  
Organisation unit: Manno356  
Report No.: 2014-1669, Rev. 0  
Document No.:

Task and objective: Denne rapporten er utarbeidet som et faglig grunnlagsdokument for berørte departementers arbeid med å følge opp regjeringens målsetting om å bidra til at mer miljøvennlig drivstoff tas i bruk i skipsfartsnæringen (jf. Sundvollen-erklæringen). Som et ledd i vurderingen av virkemidler, tiltak og incentiver må en forstå det tekniske mulighetsrommet. Dette mulighetsrommet beskrives i denne rapporten.

Prepared by:  
Kjetil Martinsen  
Principal Engineer



Verified by:  
Narve Mjøs  
Director Battery Projects



Approved by:  
Terje Sverud  
Head of Section

[Name]  
[title]  
Johan Vedeler  
Principal Engineer

[Name]  
[title]

[Name]  
[title]

[Name]  
[title]  
Gerd Petra Haugom  
Principal Consultant

[Name]  
[title]

[Name]  
[title]

[Name]  
[title]

- Unrestricted distribution (internal and external)  
 Unrestricted distribution within DNV GL  
 Limited distribution within DNV GL after 3 years  
 No distribution (confidential)  
 Secret

Keywords:  
Drivstoff, LNG, Hybrid, Landstrøm, Miljø, Utslipp,  
myndigheter,

Reference to part of this report which may lead to misinterpretation is not permissible.

Rev. No.	Date	Reason for Issue	Prepared by	Verified by	Approved by
0	22.12.2014	First issue	Kjetil Martinsen	Narve Mjøs	Terje Sverud

## Innhold

1	SAMMENDRAG.....	3
1.1	Marine dieselmotorer og konfigurasjoner	3
1.2	Drivstofftyper	3
2	INTRODUKSJON .....	4
3	MARINE DIESELMOTORER OG KONFIGURASJONERN .....	5
3.1	Motorkonfigurasjoner	5
3.1	Kjeler	10
3.2	Bunkringsstasjoner og anvendelse av drivstoff i Norge	11
3.3	Landstrøm	11
4	DRIFSTOFFTYPER (BUNKERS) OG ENERGIBÆRERE .....	12
4.1	Marine diesel	13
4.2	Tungolje (IFO og HFO)	14
4.3	Lavsvovel drivstoff	15
4.4	Gass	15
4.5	Biodrivstoff	16
4.6	Batteri/elektrisk	17
4.7	Andre drivstoff	20
5	BUNKRINGSSTASJONER OG ANVENDELSE AV MARINT DRIVSTOFF I NORGE .....	21
5.1	Bunkringsstasjoner i Norske havner	21
5.2	Anvendt drivstoff fordelt på skipstype	25
5.3	Kriterier for valg av drivstoff	30
6	LANDSTRØM .....	34
6.1	Effektbehov knyttet til skipstype og størrelse	35
6.2	Nå-situasjon for norske havner	37
6.3	Utbyggingsplaner	37
6.4	Kartlegging av norske havner	37
6.5	Status – Norsk landstrøm	42
7	REFERENCES.....	43

## 1 SAMMENDRAG

Denne rapporten er utarbeidet som et faglig grunnlagsdokument for berørte departementers arbeid med å følge opp regjeringens målsetting om å bidra til at mer miljøvennlig drivstoff tas i bruk i skipsfartsnæringen (jf. Sundvollen-erklæringen). Departementene skal utrede og vurdere virkemidler, tiltak og initiativer for hvordan flere skip i norske farvann kan ta i bruk LNG eller andre typer miljøvennlig drivstoff. Som et ledd i vurderingen av virkemidler, tiltak og incentiver må en forstå det tekniske mulighetsrommet. Dette mulighetsrommet beskrives i denne rapporten.

### 1.1 Marine dieselmotorer og konfigurasjoner

Generelt sett kan dieselmotorer benytte alle typer drivstoff. Selve motoren er den samme, men forbehandlings- og innsprøytningsystemene vil være noe annerledes avhengig av drivstoffkvalitet og type. Det er derfor ikke av stor betydning hvordan maskineriet er satt sammen med tanke på innføring av alternative drivstoffer. Det vil ha en kostnadseffekt for fartøyer som konverterer fra ett drivstoffalternativ til et annet, men selve maskinsammensetningen vil i liten grad bli påvirket av valg av drivstoff.

De mest vanlige maskinerikonfigurasjoner er:

1. en eller flere hovedmotorer, to eller flere hjelpemotorer
2. en eller flere hovedmotorer med en påhengt generator (som lager elektrisitet) + to eller flere hjelpemotorer.
3. Diesel elektrisk anlegg, fremdrift med elektriske motorer (alle motorer generer strøm)

I de seneste årene har nye konfigurasjoner vært introdusert i markedet, men er ennå ikke så vanlige.

4. Kombinasjonsløsning mellom 2. og 3.
5. Batteri-drevet skip
6. Hybrid mellom 4. og 5 eller det mest vanlige 3. og 5. I fremtiden vil vi også se mange ladbare hybrider, plug-in hybrider. Man kan da lade ren strøm i havn som man bruker ved senere seiling i havneområdet

De overnevnte maskinkonfigurasjonene kombinert med forskjellige hybridløsninger med batterier, vil få en stor utbredelse i årene framover pga. de mange fordelene. Her går miljø og forbedret forretning hånd i hånd. Det er spesielt interessant at man vil kunne slå av dieselmotorene og gå på ren batteridrift i ventesituasjoner, i havneområder og i miljø sensitive områder.

En påhengt generator kan reverseres slik at det blir en elektromotor og kan assistere i fremdriften av fartøyet. Dette er særdeles interessant for skip med store variasjoner i effektuttak der dieselmotorer kommer utenfor sin komfortsone.

### 1.2 Drivstofftyper

Drivstofftypene som leveres til i den maritime næring har mange ulike karakteristikk og egenskaper. Hovedsakelig klassifiseres de etter drivstoffets fysiske egenskaper som densitet, viskositet og hvor mye svovel det inneholder. Drivstofftypene som dekkes er tradisjonelle, oljebaserte bunkers som marine destillater og tungoljer. I tillegg finnes det alternativer som til dels er tatt i bruk i dag, inkludert LNG, batteriløsninger. I tillegg dekkes alternativer som på sikt anses som mulige tilskudd til drivstoffmiksen for fartøy i norske farvann som biodrivstoff.

Anvendelsen av drivstoffalternativene diskuteres opp mot relevante tekniske parametere, slik som egnethet for forskjellige skipstyper og operasjonaprofiler. Også egnethet sett opp mot forskjellige maskinerialternativer diskuteres.

For det enkelte alternativet diskuteres også infrastruktur for levering av drivstoffet.

## 2 INTRODUKSJON

Skipsfarten er en betydelig bidragsyter til luftforurensning og klimagassutslipp, både nasjonalt og internasjonalt. Utslipp av SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> og PM bidrar til helse og miljøskader, mens CO<sub>2</sub> utslipp er den viktigste klimagassen produsert av skipsfarten.

Skipsfarten har i de senere år blitt underlagt et strengere regime med regler som begrenser utslipp av noen av de viktigste gassene. Det er imidlertid grunnlag for ytterligere krav om utslippsreduksjon. Spesielt gjelder dette for klimagassutslipp, der det i dag ikke er samsvar mellom utslippskravene og de vedtatte politiske målsettingene.

Strengt regler til utslipp, sammen med næringens ønske om å redusere kostnadene knyttet til drivstofforbruk, gjør at skipsfarten aktivt søker etter måter å bli mer energieffektive, måter å rense avgasser på, og alternative drivstoff som kan erstatte dagens oljebaserte bunkers. I dag kan vi si at for første gang på 100 år gjøres det vurderinger rundt valg av drivstoff av skipsoperatører og eiere.

Denne rapporten fokuserer på hvilke parametere man har å spille på når det gjelder valg av drivstoff, hvilke egenskaper som kjennetegner drivstoffalternativene og hvilke vurderinger som gjøres ved slike valg. Såkalt «alternative drivstoff» er en nødvendig del av løsningen for en mer bærekraftig skipsfart. Det er grunn til å tro at dagens oljeprodukter i første rekke vil bli supplert av LNG, elektrisitet (batterier) og etter hvert kanskje biodrivstoff i forskjellige former.

Rapporten presenterer de mest lovende alternativene, og gir en teknisk vurdering av skip og av infrastruktur for forsyning av drivstoff til skip. Rapporten bidrar til å danne et faglig grunnlag for å vurdere innføring av krav og insentiver for Norske myndigheter.

Ett tiltak som kan redusere miljøutslipp der de gjør mest direkte skade for mennesker er å elektrifisere skip som ligger til havn ved bruk av landstrøm. Ved bruk av landstrøm vil miljøpåvirkningen kunne bedres, særlig for lokal luftkvalitet, men potensielt også med hensyn på klimapåvirkning. Rapporten har kartlagt landstrømstilgjengelighet i et utvalg av havner og sett på forbruk og utslipp som potensielt kan bli erstattet av tiltaket.

### 3 MARINE DIESELMOTORER OG KONFIGURASJONERN

Maskinerisystemer om bord på skip har to hovedformål:

1. Sørge for skipets fremdrift
2. Leverer strøm til navigasjon/styring/kontroll, samt varme/kjøling til alle formål om bord slik som lys, lastekraner, pumper etc.

Tradisjonelt har dette vært løst ved å ha en hovedmaskineri dedikert for fremdriften og et sett av hjelpemaskineri for supplering av strøm, varme etter behov.

Marine dieselmotorer finnes i versjoner fra under 100 kW til mer enn 100000 kW. Til sammenligning vil en stor familiebil kunne ha en motor på rundt 100 kW. Dieselmotorer finnes enten som 2- eller 4-taktsmotorer med et turtall fra rundt 70 opp til flere tusen omdreininger i minuttet.

Krav til effektivisering i skipsnæringen har ført til endringer i maskinerikonfigurasjoner. I første rekke er disse endringene blitt drevet av økonomiske krav, men også regulative krav fra Klasse og myndigheter.

For dette studiet er funnet å være mest hensiktsmessig å dele maskinene i tre kategorier etter omløpshastighet:

- Lav-hastighetsmotorer Turtall opptil 150 RPM – disse er stort sett store maskiner som benyttes ombord store skip i internasjonal/kontinental fart - vanligvis tank, bulk, gass og container (lasteskip) der det er høyere aksept for høyere vibrasjonsnivå og støy.
- Medium-hastighetsmotorer Turtall fra 150 til 1000 RPM – Benyttes oftest på små til mellomstore lasteskip og større ro-pax og cruiseskip.
- Høy-hastighetsmotorer Turtall fra 1000 RPM – benyttes gjennomgående på mindre skip i alle segmenter.

Lav-hastighetsmotorene er store 2-taktsmotorer benyttet for sin høye termiske virkningsgrad. Prisen å betale for denne energieffektiviteten er vesentlig høyere NOx-utslipp samt mere støy og vibrasjoner. Medium- og høy-hastighetsmotorer er, med noen unntak, 4-taktsmotorer som har lavere energieffektivitet, men dermed også lavere NOx-utslipp og mindre induserte vibrasjoner.

#### 3.1 Motorkonfigurasjoner

For større lasteskip er drivstoffkostnaden den største enkeltkostnaden knyttet til drift. Selv små endringer i effektivitet vil medføre store endringer i operasjonskostnadene. Dermed er det naturlig at maskinkonfigurasjon og virkningsgrad tillegges stor vekt. Enkelt sagt får man den beste virkningsgraden (og laveste operasjonskostnaden) ved å ha en så stor propell som mulig, som opererer på et så lavt turtall som mulig. Turtallet er bestemt av maskinens konstruksjon mens propelldiameteren er en funksjon av skipets dypgang. Dette medfører at konfigurasjonen som vist i Figur 3-1 er mye benyttet i denne typen skip.

De økonomiske driverne vil som regel være maksimering av lastområder for lasteskip, maksimering av passasjerområder for ferger og passasjerfartøy og maksimering av arbeidsdekk for fiske og offshore fartøyer, men også å få best mulig virkningsgrad for fremdriften.

De mest vanlige maskinerikonfigurasjoner er:

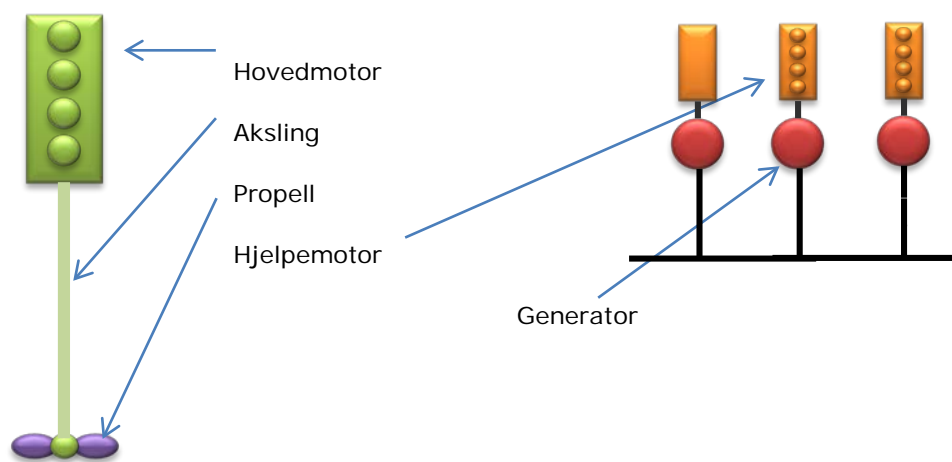
1. en eller flere hovedmotorer, to eller flere hjelpemotorer
2. en eller flere hovedmotorer med en påhengt generator + to eller flere hjelpemotorer.
3. Diesel elektrisk anlegg, fremdrift med elektriske motorer (alle motorer generer strøm)

I de seneste årene har nye konfigurasjoner vært introdusert i markedet, men er ennå ikke så vanlige.

4. Batteri hybrid løsning mellom 2. eller 3.
5. 100% batteri-drevet skip
6. Hybrid mellom 4. og 5.

### 3.1.1 En eller flere hovedmotorer, to eller flere hjelpemotorer

Denne konfigurasjonen er typisk funnet på eldre fartøyer samt større lastefartøyer, typisk tankskip og bulkskip. For å få en mest mulig energieffektiv fremdrift velges gjerne motorer som har så lav omdreinings hastighet som mulig med direkte kobling (uten gir) til propellen. Annet energi behov om bord dekkes av hjelpemotorer (for strøm) og kjelanlegg for varme. Konfigurasjonen krever en relativ stor motor, noe som begrenser hvilke skip som kan benytte seg av denne løsningen. For mindre fartøyer som ikke har plass til de store langsomt gående motorene må man benytte mindre mer hurtiggående motorer, som fordrer mindre plass, men da settes et gir mellom motor og propeller for å redusere turtallet på propellen.



**Figur 3-1 – Direktedrevet saktegående maskinkonfigurasjon - klassisk konfigurasjon på større lasteskip**

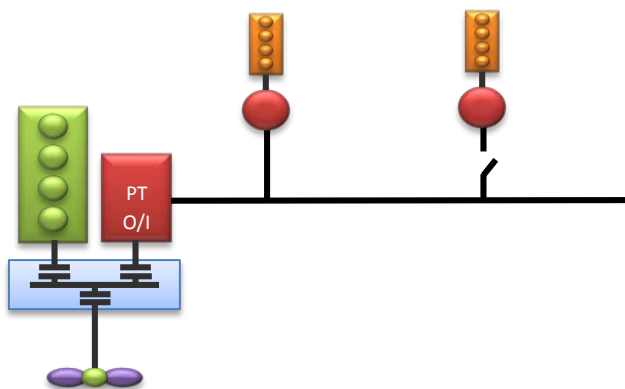
Fordeler: Energieffektivt, Vedlikeholdsvennlig

Ulemper: Høyere NOx-utslipp, Vibrasjoner, Langsom manøvermessig, motoren krever relativt mye plass

Typiske fartøystyper: Lasteskip – gjerne større

### 3.1.2 En eller flere hovedmotorer med en påkoblet generator + to eller flere hjelpemotorer.

Ved å utnytte hovedmotorens bedre virkningsgrad, har man påkoblet en generator på hovedmotoren for å ta over noe av den elektriske produksjonen fra hjelpe motorene og slik sett redusere det totale energiforbruket. Dette ble først benyttet av fartøyer med gir, men er i dag også mulig for skip uten gir med visse begrensinger.



Figur 3-2 – Hovemotor med påkoblet generator

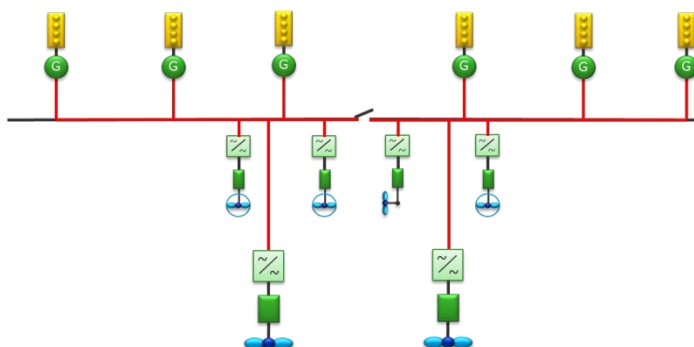
Fordeler: Energieffektivt, spesielt godt egnet for skip med overskudd av energi under fart

Ulemper: kostbart, kan kun benyttes når fartøyet er under fart

Typiske fartøystyper: Lasteskip, fiskefartøy, offshore fartøy

### 3.1.3 Diesel-elektrisk anlegg, fremdrift med elektriske motorer

For fartøytyper som har begrenset plass og/eller svært varierende operasjons og kraftbehov kan det være uhensiktsmessig med en eller to store hovedmaskiner. Dette har vært løst ved å ha motorer som kun generer strøm for så la en elektromotor drive propellen(e). Dette er særlig velegnet for fartøyer med høye krav til redundans.



Figur 3-3 – Diesel-elektrisk framsriftsmaskineri



Fordeler: Stor fleksibilitet (mht. lokasjon av maskinrom, energiforbruk i forhold til behov), driftssikker (mht. redundans), mindre vibrasjoner, kan «enkelt» hybridiseres med batterier. Eneste mulige løsning for en del offshore fartøy som må ha Dynamisk posisjonering (DP)

Ulemper: Kostbart, Vedlikeholdsintensiv

Typiske fartøystyper: Offshore fartøy, passasjerskip

### 3.1.4 Nyere konfigurasjoner

Flere av de overnevnte maskinkonfigurasjonene kan kombineres i forskjellige hybridløsninger med batterier som kan vise seg å få en stor utbredelse i årene framover. En påhengt generator kan reverseres slik at det blir en elektromotor og kan assistere i fremdriften av fartøyet. Dette er særdeles interessant for skip med store variasjoner i effektuttak der dieselmotorer kommer utenfor sin komfortsone/effektivitetssone. Alle operasjoner er relevant for elektrifisering, men omfang og effekt av tiltak vil variere. Operasjoner med store variasjoner i effektuttak vil være de som har mest å hente på hel eller delvis elektrifisering. Typiske eksempler er offshore, fiske og kortere nasjonale fergestrekninger. Hybridisering med batterier vil forbedre LNG baserte løsninger både mtp redusert drivstoff forbruk men også med reduserte utslipp av gasser og da spesielt viktig, metan i lavkraftområdet.

Fordeler: Høy grad av energifleksibilitet, miljøvennlig (batteridrift)

Ulemper: Mere komplekse maskineri sammensetninger med ofte større krav til mannskap. Dyre løsninger (Spesielt for batteridrift kan fartøyene få problemer endring i fartsområder og designet operasjonsmønster)

Typiske fartøystyper: Offshorefartøy, ferger, slepebåter.

### 3.1.5 Framdriftssystemer i bruk i Norske farvann i 2013

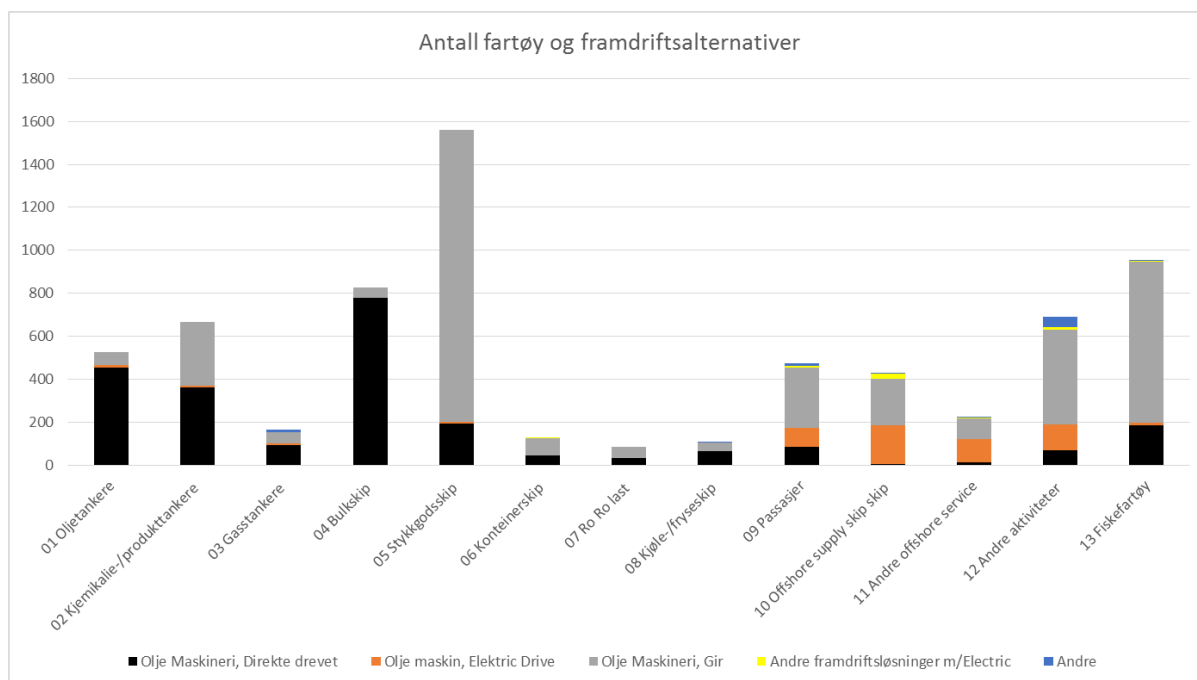
Ved å koble AIS-data over skip som trafikkerer Norske farvann med DNV-GL sine skipsdatabaser, er det mulig å danne et bilde av hvilke framdriftssystemer som er i bruk i området.

Tabell 3-1 og Figur 3-4 Figur 3-1 viser sammensetningen av framdriftssystemer mellom de forskjellige skipstypene. For de større lasteskipene er en stor andel utstyrt med saktegående direkte-drevne maskiner som i hovedsak opererer på varianter av tungolje. For de andre skipstypene er kombinasjoner av mellom til høyhastighetsmaskiner med reduksjonsgir den dominerende maskintypen. Gruppene passasjer, ferger, offshore og andre aktiviteter har en stor andel skip med forskjellige olje/diesel-elektrisk framdriftskonfigurasjoner. Disse er interessante da de relativt enkelt lar seg konvertere til forskjellige hybridkonfigurasjoner med installasjon av batterier. Det er atskillig mer kostnadskrevende å batterikonvertere mekanisk drevne løsninger, med eller uten gir.

Generelt kan man si at skip med direktdrevne maskiner er større og opererer mer i internasjonal fart mens gruppen med reduksjonsgir og elektrisk overføring er i større grad knyttet til nasjonal trafikk. Unntaket er de store cruiseskipene og offshore supplyskipene som også opererer internasjonalt.

**Tabell 3-1 – framdriftssystemer i bruk i Norske farvann**

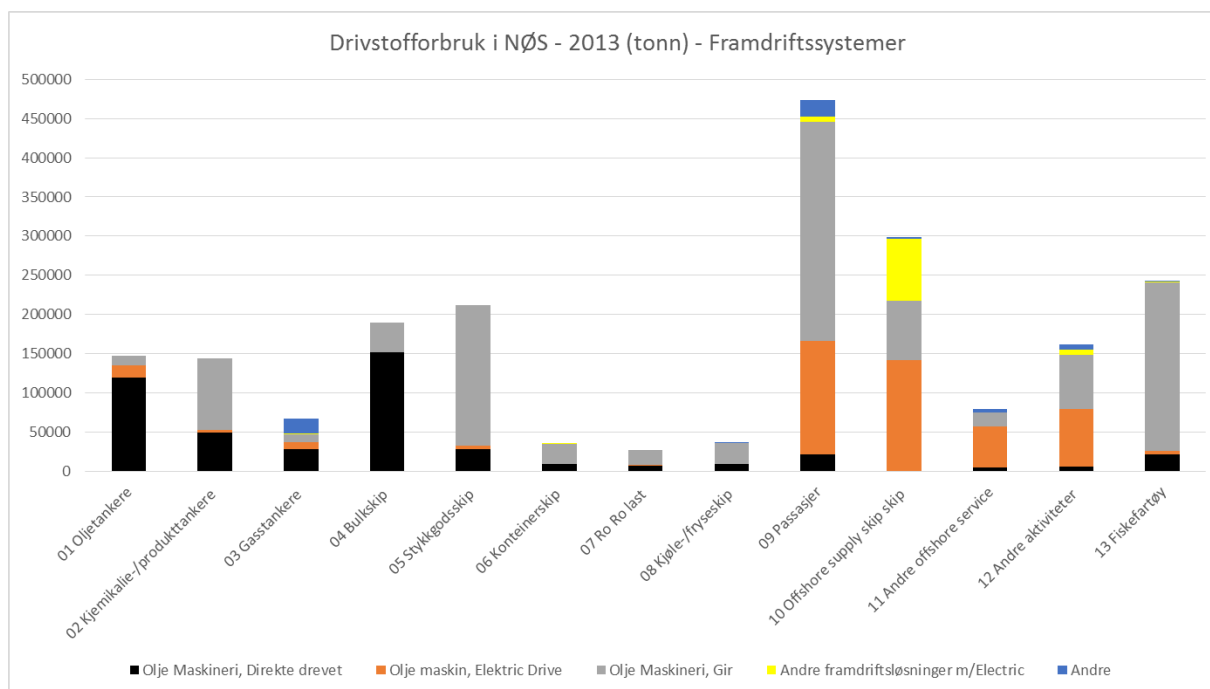
	Olje Maskineri, Direkte drevet	Olje Maskineri, Elektrisk Drive	Olje Maskineri, Gir	Andre framdrifts-løsninger m/Electric	Andre
01 Oljetankere	454	13	58	0	0
02 Kjemikalie-/produkttankere	362	9	297	0	0
03 Gasstankere	93	7	53	1	12
04 Bulkskip	780	0	45	0	0
05 Stykkgodsskip	194	9	1359	0	0
06 Kontainerskip	44	2	78	1	0
07 Ro Ro last	34	1	51	0	0
08 Kjøle-/fryseskip	66	0	41	0	2
09 Passasjer	86	89	277	11	13
10 Offshore supply skip skip	5	182	213	26	3
11 Andre offshore service	14	108	96	3	2
12 Andre aktiviteter	69	121	442	9	48
13 Fiskefartøy	186	12	751	1	5
	2387	553	3761	52	85



**Figur 3-4 - Type framdriftssystemer i bruk i Norske farvann**

**Tabell 3-2 – Drivstofforbruk fordelt på framdriftssystem**

	Olje Maskineri, Direkte drevet	Olje maskin, Elektrisk Drive	Olje Maskineri, Gir	Andre framdrifts-løsninger m/Electric	Andre <sup>1</sup>
01 Oljetankere	119075	15856	12772	0	0
02 Kjemikalie-/produkttankere	49479	2895	91571	0	0
03 Gasstankere	28497	8565	9530	1936	18487
04 Bulkskip	151898	0	37870	0	0
05 Stykkgodsskip	27575	5069	179598	0	0
06 Kontainerskip	8941	472	24884	10	0
07 Ro Ro last	7460	289	19509	0	0
08 Kjøle-/fryseskip	9596	0	25759	0	735
09 Passasjer	21582	145010	279430	6497	21184
10 Offshore supply skip	508	141498	74992	79502	2047
11 Andre offshore service	5192	51685	17555	798	4662
12 Andre aktiviteter	6374	72628	68977	7288	6583
13 Fiskefartøy	21519	4618	215009	1097	423
<b>Total</b>	<b>457697</b>	<b>448584</b>	<b>1057455</b>	<b>97127</b>	<b>54121</b>



**Figur 3-5 - Drivstofforbruk fordelt på framdriftssystem**

### 3.1 Kjeler

De aller fleste skip over 10 000 bruttotonn har kjeler til produksjon av damp. For de mindre skipene benyttes dampen primært til forvarming av drivstoff. For tankskip vil damp også drive lossepumper og eventuell oppvarming av last der det er behov. For passasjerskip står kjelene for varmtvann og benyttes

<sup>1</sup> Typisk gassturbin, steam turbin og seil/kite

til desalineringsformål. For større tankskip vil drivstofforbruket til drift av kjelen typisk variere fra 10% , til et maksimalt forbruk tilsvarende forbruket av hovedmaskineriet.

## 3.2 Bunkringsstasjoner og anvendelse av drivstoff i Norge

Rapporten Sammenstilling av grunnlagsdata om dagen skipstrafikk og drivstofforbruk viser en oversikt over dagens infrastruktur for bunkers i Norge og tilgjengelighet for de forskjellige kvalitetene.

«Nedenfra-og-opp»-metodikk basert på AIS datamaterialet knyttet opp mot analyser av drivstoffprøver er benyttet for å skaffe oversikt over forbruk og omfang av de forskjellige drivstoffkvalitetene, og hvordan dette fordeler seg mellom de forskjellige skips og størrelseskategoriene.

Et skip blir normalt designet og optimalisert for ett gitt type drivstoff, eller ved innførelsen særkrav, to typer drivstoff (Gjerne tungolje og lav-svovel olje). Normalt vil skipet så operere med denne konfigurasjonen gjennom hele sin operasjonstid (20-30 år). Det skal relativt store insentiver til for at en reder er villig til å bygge om sitt fartøy for andre typer drivstoff. Den lange levetiden for et fartøy kombinert med høy investeringskost medfører at redere ofte er tilbakeholdne med å prøve ut ny teknologi.

## 3.3 Landstrøm

Et skips evne til å bruke landstrøm er like viktig som en havns mulighet til å levere strøm. De aller fleste lasteskip og eldre skip har kun begrenset kapasitet til å motta strøm fra land. Tilkoblingen har normalt sett vært dimensjonert med tanke på skipet er på verksted eller i opplag, og dekker stort sett skipets behov for lys og kokemuligheter. De har heller ikke mulighet å supplere sitt eget strømbehov med å få strøm fra land samkjørt med sine egne hjelpemaskineri. Skal skipets el-anlegg og landstrøms mottagelighet dimensjoneres for dekke hele behovet i havn, må de fleste skip i denne kategorien bygges om eller oppgraderes. Standardisering av koblingssystemer vil bli av betydning i så måte.

Skip som ofte ligger lengre tid i havn, som fiskefartøyer, offshorefartøyer o.l. er som oftest bedre utstyrt til å motta strøm fra land. Disse har ofte dedikerte kaianlegg hvor landstrøm er lagt opp og dimensjonert i henhold til forbruket.

Skal skipet kun bruke landstrøm ved landligge, så må man ta to moduser i betraktning:

- Skipet ligger ved kai og loss/laster  
Her bruker skipet ofte mye mer strøm da de skal drive kraner, pumper og andre systemer i tilknytning til lossing/lastingen. Et batterisystem på land eller om bord kan bidra til å ta krafttoppene slik at man kan klare seg med mindre strømkapasitet i kraftnettet, noe som kan gi betydelig lavere utbyggingskostnader. (Denne metoden for «peak shaving blir etter hvert brukt i betydelig grad i kraftnettet i mange land. Batterifergen Ampere gjør bruk av batterier på land, som fylles opp under fergens overfart, for å tilgang på nok strøm i løpet av kort ladetid fra et nett som har begrenset kapasitet.)
- Skipet ligger ved havn (uten lasting/lossing)  
Dette kan være fordi fartøyet venter eller at havnas egne kraner brukes. I dette tilfellet må skipets hotellforbruk dekkes (i.e. lys, varme, ventilasjon, bysse, o.l.).

Forbruksbehovet for de to modusene kan til dels være svært forskjellige.

## 4 DRIFSTOFFTYPER (BUNKERS) OG ENERGIBÆRERE

Drivstofftypene som leveres i den maritime næring har mange ulike karakteristikkene og egenskaper. Hovedsakelig klassifiseres de etter drivstoffets fysiske egenskaper som densitet, viskositet og hvor mye svovel det inneholder. Alt drivstoff som pumpes inn i en motor skal være lettflytende (med viskositet tilsvarende marin diesel), hvilket betyr at «tyngre» drivstoff trenger et forbehandlingsanlegg for å kunne benyttes ombord. Slike forbehandlingsanlegg består hovedsakelig av varmevekslere for å gjøre drivstoffet tilstrekkelig lettflytende og en separator for å ta bort urenheter som kan skade innsprøytningsystem og motor. Dimensjoneringen av et forbehandlingsanlegg er med på å bestemme hvilke type drivstoff som kan benyttes ombord, hovedsakelig begrenset av hvor mye varme som er tilgjengelig for å gjøre drivstoffet flytende. Små skip, <1000 brutto tonn, har vanligvis ikke installert et forbehandlingsanlegg fordi det ikke er kostnadssvarende. Små fartøyer må derfor benytte lette produkter som marin diesel.

Beskrivelsene av de ulike typer drivstoff varierer mye og det er innarbeidet med mange ulike begreper. Dette kan for eksempel være Marin Gassolje (MGO), Marin Diesel Olje (MDO), Intermediate Fuel Oil (eks. IFO180), tungolje (HFO) og så videre. I tillegg har mange drivstoffleverandører og skipseiere egne betegnelser på produkter og kvaliteter som leveres. De ulike beskrivelsene gir en pekepinn på hvilke drivstoffkvalitet det snakkes om, men ikke alle betegnelsene gir en definert forståelse om produktets egenskap og kvalitet.

DNV GL har gjennomført flere studier om type bunkers brukt på skip i norske farvann (DNV, 2013). Basert på dette arbeidet, har vi produsert en tabell som viser mest sannsynlige type drivstoff brukt for ulike kombinasjoner av fartøy- og størrelseskategorier.

- Marin diesel – MGO og MDO (destillat marine drivstoff med viskositet <11 cSt, MGO den reneste kvaliteten med krav til maksimalt 0,1% svovel i EU).
- Tungolje (Intermediate Fuel Oil) - IFO (Residual marine drivstoff med viskositet 11-180 cSt).
- Tungolje (Heavy fuel Oil) - HFO (Residual marine drivstoff med viskositet > 180 cSt).

Standard for maritimt drivstoff, «ISO 8217 – Petroleum products – fuel (class F) – specifications of marine fuels), setter spesifikke krav til de ulike egenskaper og kvaliteter, utenom svovelinnhold som må spesifiseres separat. Tabell 4-1 angir noen definisjoner gitt i standarden.

**Tabell 4-1 – Definisjoner i henhold til ISO8217**

Bunkersolje (Bunkers)	Samlebegrep for alle typer drivstoff som benyttes av skip til framdrift, strøm- og dampproduksjon.
Bunker Delivery Note (BDN) - Bunkers kvittering	Skal i henhold til MARPOL Annex VI følge en bunkersleveranse til alle skip over 400 GT, samt inneholde spesifikk informasjon om oljens svovelinnhold, tetthet, mengde, osv.
Densitet	Oljens tetthet (masse per volum) oppgitt i Kg/m <sup>3</sup> ved testing. Skal også oppgis på BDN.
Destillate marine fuels	Samlebegrep for "lette" bunkersoljer (Diesel/Gassoljer).
Residual marine fuels	Samlebegrep for "tunge" bunkersoljer (Tungolje/Heavy fuel/etc.).
Viskositet (Kinematisk)	Angir forholdet mellom en væskes dynamiske viskositet og dens tetthet. Væsker med lavere viskositet er mer tyntflytende enn væsker

med høy viskositet. Beskrevet i testdata som mm<sup>2</sup>/s også kalt Centistokes (cSt).

For å verifisere kommersielle aspekter så vel som å sikre kvaliteten av en drivstoffleveranse kan eier av skipet få gjennomført uavhengige tester av bunkersoljen mens den tas ombord. Slike uavhengige tester blir foretatt ved at det hentes ut en representativ prøve under selve bunkringen og hvor prøven blir analysert i henhold til internasjonal standard for analyse av petroleumsprodukter. Prøvene analyseres hovedsakelig for å kontrollere at de møter avtalte leveransespesifikasjoner, samt at egenskapene er innenfor verdiene angitt i standarden. Dårlig kvalitet på bunkers er en hyppig årsak til motorhavarier.

Ved levering av drivstoff til et skip skal leverandøren, gjennom bunkerskvitteringen (BDN), blant annet deklare hva som er levert (produkt navn), til hvilket skip (IMO nummer), tid og sted for bunkring, hvor mye som leveres (metriske tonn) samt noen overordnede egenskaper som produktets densitet (kg/m<sup>3</sup> ved 15 grader celsius) og svovelinnhold (%). Deklarasjonen (BDN) skal være tilgjengelig ombord i skipet i minimum 3 år for mulig inspeksjon.

Andre drivstofftyper som biodrivstoff og lavsvovel drivstoff kan uten store problemer benyttes som alternativer for marine diesel og tungoljer. Før det gjøres en omlegging til alternative drivstofftyper bør det imidlertid gjøres en evaluering for å sikre at det ikke oppstår problemer som medfører en sikkerhetsrisiko.

Gass som drivstoff er ikke direkte sammenlignbart med marin diesel/tungolje siden det kreves et helt annet system for lagning og håndtering av gassen. Enkelte motorer er imidlertid bygget for å kunne håndtere både gass og drivstoff, såkalt «dual fuel» motorer.

## 4.1 Marine diesel

Marin Gass Olje (MGO) er definert som destillat marine drivstoff med viskositet <11 cSt<sup>2</sup>. Vi inkluderer også Marine Diesel Olje (MDO) i denne kategorien. I henhold til ISO standard 8217 «Petroleum products – Fuels (Class F) – Specifications of marine fuels» vil denne gruppen inkludere følgende typer drivstoff: DMX, DMA, DMZ og DMB. MGO kjennetegnes ved at det er en lettere oljetype, tyntflytende, og vil derfor fordampe og blandes ut i vannmassene raskt sammenlignet med andre typer oljer. Imidlertid kan giftigheten for marine organismer være høy. Det er vanskelig å drive mekanisk opptak av MGO. Absorberende oljelenser og kjemisk dispergering er metodene som oftest brukes som skadebegrensende tiltak ved utslipp av MGO.

Marin diesel er petroleumsprodukter er lettflytende og trenger ikke forbehandlingsanlegg før det kan benyttes på en motor. Skip i nærskipfart bruker i hovedsak destillater som drivstoff i Norge, og normalt leveres dette med tankbil til ferjekai eller tankbåt til anlegg.

<sup>2</sup> Merk at «Distillate marine drivstoff» er ikke ensbetydende med at kravet om 0,1 % svovel i bunkersoljen tilfredsstilles. Det er Marin Gass Olje (MGO) som selges i EØS området som tilfredsstillende maksimalt 0,1 % svovel (betegnet som kvalitet DMX, DMA og DMZ i ISO standarden).

**Tabell 4-2 – Evaluering av marin Destillat (MGO/MDO)**

Tilgjengelighet	Tilgjengeligheten ansees som svært god i Norge. Leverandører av MGO og transport til brukersted er veletablert. Shell, Statoil og Bergen Bunkers er leverandører som benyttes i dag.
Utbygging av infrastruktur på land/kai	Bunkringsstasjoner er tilgjengelige.
Kostnad per energienhet	Typisk (MGO) 50 øre/kWh i 2011 basert på pris i Rotterdam og påslag for transport og distribusjon. Pris forventes å stige grunnet sterk vekst i etterspørsel fra 2015 i forbindelse med de nye svovelkravene fra IMO.
Miljøpåvirkning under produksjon	Utvinning, prosessering og transport medfører noe utslipp til luft: 43 g CO <sub>2</sub> eq/kWh
Miljøpåvirkning under forbrenning	271 g CO <sub>2</sub> eq/kWh (tilsvarer 3,2 tonn CO <sub>2</sub> per tonn drivstoff). 0.4 g SO <sub>x</sub> /kWh. 8-14 g NO <sub>x</sub> /kWh. PM-utslipp.

## 4.2 Tungolje (IFO og HFO)

Intermediate Fuel Oil (IFO) er definert som residual marine drivstoff med viskositet 11-180 cSt. Residual marine drivstoff benyttet som bunkersolje vil være restprodukter fra raffineringprosessen som blir satt sammen av ulike bunkersleverandører. I henhold til ISO standard 8217 vil denne gruppen inkludere følgende typer drivstoff: RMA, RMB og RMD.

Tungolje (HFO) er definert som residual marine drivstoff med viskositet > 180 cSt. HFO som bunkers vil, i likhet med IFO, være restfraksjonene fra petroleumsdestillering. Basert på ISO standard 8217 velger vi å inkludere følgende typer drivstoff: RME, RMG og RMK. Historisk har denne oljetypen hatt et høyt svovelinnhold (3-6%), men i dag leveres tungolje med under 1% svovel, og helt nytt på markedet er en lett tung olje med mindre enn 0.1% svovel.

Tungoljer er i vanlig bruk blant større havgående skip med relativt store saktegående maskiner. Utslipp av partikler og sot ved forbrenning av denne typen drivstoff er generelt høyere enn for mere raffinerte produkter, men variasjonene kan være store.

Tungoljer kjennetegnes ved at de har større tetthet og høyere viskositet enn marine gass/dieseloljer (eng. "distillate fuel"). Den har også en høyere viskositet enn råoljen den lages av og svært høyt innhold av svovel og andre forurensinger. Tungolje (også kalt bunkersolje) vil forbli lenger på vannoverflaten da de inneholder mindre grad av flyktige komponenter. Eksempelvis inneholdt «Rocknes» som grunnstøtte utenfor Bergen, ca. 445 tonn tungolje av typen IF380 (dvs. HFO), 67 tonn marin diesel (dvs. MGO/MDO) og 21 tonn smøreolje. «Full City» hadde tungolje med noe lavere viskositet da det grunnstøtte utenfor Langesund; inntil 1 000 kubikkmeter tungolje av typen IF 180 (dvs. IFO) og 120 tonn lettere dieselolje (MGO/MDO) (DNV, Analyse av drivstofftyper og fordeling av skipstrafikk langs norskekysten, 2013).

**Tabell 4-3 - Evaluering av tungolje (IFO/HFO)**

Tilgjengelighet	Tilgjengeligheten ansees som svært god i Norge. Leverandører av IFO/HFO og transport til brukersted er veletablert. Shell, Statoil og Bergen Bunkers er leverandører som benyttes i dag.
Utbygging av infrastruktur på land/kai	Bunkringsstasjoner er tilgjengelige.
Kostnad per energienhet	Typisk 33 øre/kWh basert på pris i Rotterdam og påslag for transport og distribusjon.
Miljøpåvirkning under produksjon	Utvinning, prosessering og transport medfører noe utslipp til luft: 36 g CO <sub>2</sub> eq/kWh
Miljøpåvirkning under forbrenning	279 g CO <sub>2</sub> eq/kWh (tilsvarer 3,1 tonn CO <sub>2</sub> per tonn drivstoff). 18 g SO <sub>x</sub> /kWh. 12-14 g NO <sub>x</sub> /kWh. PM-utslipp.

### 4.3 Lavsvovel drivstoff

For destillater sammenlignes drivstoffene med svovelinnhold lavere enn 0,1 % med de over 0,1 %, og for de andre drivstofftypene sammenlignes drivstoff med svovelinnhold under 1 % med de over 1 %. Generelt kan man se at innenfor hver drivstofftype har lavsvovel drivstoffene noe lavere viskositetsverdier. For eksempel ligger viskositetsgjennomsnittet for lavsvovel 380 nesten 15 cSt under 380 som ikke er lavsvovel. For drivstoffene med viskositet mellom 30 og 80 er dette motsatt, viskositetssnittet for lavsvovel ligger her over snittet for ikke-lavsvovel. Dette kan skyldes at det er få prøver for lavsvovel 80 og at snittet i dette utvalget derfor ikke er representativt.

En trafikkanalyse utført på AIS-data fra 2011 (DNV, Analyse av drivstofftyper og fordeling av skipstrafikk langs norskekysten, 2013) viste at andel utseilt distanse for skip større enn 10000 bruttotonn, og som sannsynligvis benytter tyngre produkter med lavsvovel, var ca. 27 % innenfor Norsk Økonomisk Sone (NØS) og ca. 40 % i Nordsjøen utenom NØS. Dette betyr at det er en større andel trafikk i Nordsjøen utenom NØS og sannsynligvis i Østersjøen som i 2015 må konvertere til alternative drivstofftyper eller eventuelt benytte seg av scrubbertechnologi. Benyttes imidlertid scrubbertechnologi for å møte 0,1 % kravet vil det ikke bli vesentlige endringer drivstofftyper som benyttes. Selv om det finnes flere alternativer for å tilfredsstille det kommende kravet til svovelinnhold i drivstoff brukt innen ECA i 2015 forventes det en økning i bruken av destillater.

### 4.4 Gass

Flytende naturgass, Liquefied Natural Gas (LNG), er naturgass som er nedkjølt og kondensert til flytende form. LNG produseres hovedsakelig for å muliggjøre transport av gass der investering i gassrør ikke egner seg, samt for lagring og oppbevaring. Bruken av LNG som drivstoff i skip forventes av mange, å øke vesentlig verden over, og spesielt i nærskipsfarten. Sentrale drivere for denne utviklingen er utslippsreguleringer for skip i ulike farvann (MARPOL Annex VI, særlig innen ECA, samt EU og USA), lave gasspriser sammenlignet med olje og diesel, samt positiv profilering knyttet til bærekraftig og miljøvennlig drift. Skip som kan dokumentere norsk avgiftspliktig fart samt en utslippsreduksjon av NO<sub>x</sub> kan i tillegg få en støtte til investeringskostnader på inntil 80 % fra NO<sub>x</sub>-fondet.

Per mai 2014 er det 49 LNG drevne fartøy i operasjon i verden. Det er også 61 bekreftede bestillinger av LNG-drevne skip. De aller fleste av disse har norsk opprinnelse med en sterk økning av utenlandsk andel de siste årene. Selv om dette er relativt få skip i forhold til totalen, kan LNG likevel anses å være en moden teknologi, men distribusjon av drivstoffet er enda en utfordring mange steder.

Langs norskekysten er tilgangen på LNG for bunkring i småskala forholdsvis god. Prisen for LNG og ekstrainvestering på skip vil derfor være de avgjørende faktorene for satsing. Det er også mulig å



etablere marine bunkringsterminaler på land/kai med tanksystemer som forsynes av lastebiler eller små LNG tankskip fra nærliggende LNG eksportterminaler.

Utslippsreduksjonen i energiomformeren ved bruk av LNG er betydelig både på CO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub>. Utslipp av SO<sub>x</sub> og partikler blir tilnærmet eliminert, men disse utslippene er allerede relativt lave for MGO. Ser vi på livssyklusutslippet kan CO<sub>2</sub>-gevinsten bli noe redusert grunnet utslipp av CO<sub>2</sub> og metan forbundet med produksjon, lagring og transport av LNG. Tilsetning av biogass vil være mulig tilsvarende tilsetning av biodiesel i diesel til biler.

**Tabell 4-4 – Evaluering av LNG**

Tilgjengelighet	Tilgjengeligheten ansees som relativt god i Norge og kan forventes å bli enda bedre med generelt økt bruk av LNG i skip. Leverandører av LNG og transport til brukersted er etablert.
Miljøpåvirkning i livssyklusperspektiv	Utslippene avhenger av produksjonsprosess og transport til brukersted. LNG er et fossilt brensel og prosessering og transport medfører noe høyere utslipp enn for MGO (Bengtsson, Andersson, & Fridell, 2011) (TNO, 2011).
Utbygging av infrastruktur på land/kai	Direkte levering fra tankbiler/skip - alternativt er det mulig å etablere lagertanker for flytende LNG på land/kai.
Kostnad per energienhet	Typisk 35 øre/kWh i 2011 basert på samtale med LNG leverandører og forbrukere. Fremtidige utvikling i prisen på gass og LNG er usikker. Forfatterne av denne rapporten er av den oppfatning at nye kontraktsformer, flere leverandører og nye LNG kilder i nær fremtid vil minske prisdifferansen mellom LNG i Europa og i Norge, og resultere i en lavere pris på LNG enn i dag.
Miljøpåvirkning under produksjon	Utvinning, prosessering og transport medfører noe utslipp til luft: 36 g CO <sub>2</sub> eq/kWh
Miljøpåvirkning under forbrenning	250 g CO <sub>2</sub> eq/kWh (tilsvarende 2,8 tonn CO <sub>2</sub> per tonn drivstoff). Dette inkluderer noe utslipp av metan. Ingen utslipp av SO <sub>x</sub> og PM. <3,4 g NO <sub>x</sub> /kWh.

## 4.5 Biodrivstoff

Biodrivstoff er fornybar energibærer som utvinnes fra biogent materiale og fremstilles ved naturlig, anaerob nedbryting av organiske materialer som slam, trevirke og kompost. Fra 1 tonn biomasse har Klima og Forurensingsdirektoratet estimert at det kan utvinnes ca. 240 kWh biodrivstoff, tilsvarende energiinnholdet i ca. 20 kg MGO (Klif, 2011).

Ved forbrenning har biogass/diesel omtrent de samme egenskapene som naturgass/diesel og tilsvarende dannelse av forbrenningsprodukter. Imidlertid tilskrives biodrivstoff et langt lavere CO<sub>2</sub>-utslipp siden CO<sub>2</sub> fra forbrenning av gass fra biologisk materiale i utgangspunktet ikke medfører en økning av CO<sub>2</sub> mengden i atmosfæren; det regnes som del av det CO<sub>2</sub> som ellers ville vært i omløp, i motsetning til CO<sub>2</sub> fra fossile energikilder. Inkludering av utslipp i forbindelse med produksjon og transport gjør at biodrivstoff likevel ikke kan tilskrives null CO<sub>2</sub>-utslipp. For biodrivstoff er altså begrepet "korttreist energi" viktig for å holde assosierte utslipp av CO<sub>2</sub> nede.

Biodrivstoff kan utvinnes fra tre hovedkilder:

- Spiselig avling
- Ikke-spiselig avling (søppel eller marginal avling som ikke konkurrerer med matproduksjon)
- Alger (Eksperimentell produksjon)

Ved rett produksjon kan det være store klimabesparelser knyttet til drivstoffet. Det er også et fleksibelt drivstoff som kan benyttes iblandet oljebasert drivstoff og på vanlige maskiner med minimale justeringer. Drivstoffet vil således kunne benyttes av alle konvensjonelle skipstyper og i de fleste typer operasjon såfremt leverandørsituasjonen er ivaretatt. Det er skip tilpasset biodrivstoff i operasjon i dag, og utviklingen vil i stor grad være avhengig av prisutviklingen av tradisjonelle drivstoff.

Oppgradert flytende biodrivstoff (LBG) kan fullstendig erstatte eller blandes ut med LNG for bruk i marine gassmotorer uten behov for modifikasjoner. Det er svært usikkert hva den faktiske prisen på LBG levert til Skip i Norge vil være, men Klif har estimert 125 øre/kWh for LBG til ferjefremdrift (Klif, 2011). Ved et slikt prisnivå, som er i størrelsesorden 3-4 ganger så høyt som for LNG, vil de høye operasjonskostnadene for LBG gjøre dette til en lite attraktiv energibærer. Prisen vil imidlertid være sterkt avhengig av forhold slik som kapasitet på produksjonsanlegg og tilgang på biomasse.

Biodrivstoff som energibærer for skip vil sannsynligvis være mest aktuelt som et produkt hvor en mindre andel blandes i LNG/diesel. Denne blandingen vil være dyrere enn LNG/MGO, men samtidig vil ha bedre klimaregnskapet. Per i dag finnes det ingen kryogeniske oppgraderingsanlegg i Norge. Høye kostnader for den totale verdikjeden ved småskala produksjon, gjør at biodrivstoff per i dag er mindre aktuell som primær energibærer for skip i Norge. Storskalaproduksjon kan endre dette bildet.

**Tabell 4-5 – Evaluering av biodrivstoff**

Tilgjengelighet	Flytende biodrivstoff er ikke lett tilgjengelig i dag. Utbygging av lokal produksjon og opprettelse av kryogeniske oppgraderingsanlegg vil være en forutsetning for fremtidig bruk. Et produksjonsanlegg i Rådalen basert på kloakkslam fra Bergen er under bygging, men produksjonen er først og fremst tiltenkt lokal busstransport og kun komprimert biogass vil være tilgjengelig.
Miljøpåvirkning i livssyklusperspektiv	Generelt sett er biodrivstoff en fornybar energibærer som reduserer NOX, SOX og partikkelutslipp på lik linje med LNG, men med et vesentlig bedre CO2 regnskap. Additivt CO2 -utslipp avhenger av produksjonsmetode og transport til brukersted. Ved bruk til utblanding av LNG vil CO2-utslippet ligge mellom disse.
Utbygging av infrastruktur på land/kai	For flytende biogass vil bunkring foregå direkte fra tankbil eller via lagertanker på kai. Dagens distribusjons nett/system vil kunne brukes.
Kostnad per energienhet [øre/kWh]	Usikker på reelle priser på flytende biodrivstoff i dag, men Klif estimerer 125 øre/kWh.
Miljøpåvirkning under produksjon	Produksjon av biodrivstoff krever energi og utslipp er avhengig av hvilken kilde som brukes. Avfall og tremasse har lave utslipp, mens for eksempel rapsolje har høyt utslipp. 29-250 g CO2eq/kWh. Statens Vegvesen bruker 55 g/kWh (StatensVegvesen, 2011).
Miljøpåvirkning under forbrenning	Biodrivstoff regnes som CO2-nøytralt under forbrenning. Ingen utslipp av SOx. 8-14 g NOx/kWh. Utslipp av PM.

## 4.6 Batteri/elektrisk

Strengere miljøkrav for transportsektorene som har gjort batterier mer aktuell og da spesielt i bilsektoren. Nøkkelindustrier, som bilindustrien og kraftsektoren, driver nå en teknologiutvikling med økt energitetthet og kostnadsreduksjoner av battericeller og systemer. På cellenivå har det vært en

prisreduksjon på ca. 75 % de siste 4 år. Bilbatterier kan falle fra 3-400\$ i dag til 125\$/kWh i 2022. Da er elbiler konkurransedyktig med bensinbiler i innkjøp.

Batteri- og hybriddrift med optimalisert kraftkontroll kan gi betydelige reduksjoner i drivstofforbruk, vedlikehold og forurensning, samt forbedre skipets reaksjonsevne, regularitet og sikkerhet i kritiske situasjoner. Batteriet kan også være en lagringsplattform for energigjenvinning og bruk av fornybar energi.

Bruk av elektrisitet som eneste energibærer til skip krever robuste batteriløsninger og utbygging av infrastruktur på land. Kapasiteten på dagens batteriløsninger er allerede god, og det forventes ytterligere forbedringer i årene som kommer. Ladeprosessen er effektkrevende og i de fleste tilfeller vil det lavspente forsyningsnettet på kai måtte bygges ut for å levere tilstrekkelig effekt til lading. Det er også mulig med stasjonære landbaserte batteripakker, som enten kan byttes ut med pakken på skipet, eller benyttes som buffer for lading av pakken om bord. Dette vil redusere behovet for et oppgradert strømnett.

Miljømessig er elektrisitet et meget godt alternativ sammenlignet med andre energibærere, med ingen direkte utslipp. Utslipp fra produksjon av elektrisiteten bør imidlertid også tas hensyn til. Selv om norskprodusert strøm er svært "grønn", gjør internasjonal krafthandel at strømmen som brukes i Norge generelt sett ikke kan tilskrives null utslipp. CO2-bidraget fra norskkonsumert kraft er omdiskutert, men i denne rapporten har vi valgt å legge til grunn en CO2-faktor på 75 g/kWh basert på den nordiske el-miksen (StatensVegvesen, 2011). Utslipp av lokale forurensere fra produksjonen av norskkonsumert strøm ansees som neglisjerbare. Kilowattimeprisen på strøm, alle avgifter inkludert, ligger noe over andre aktuelle drivstoffløsninger. Imidlertid er virkningsgraden for et batteri-elektrisk system vesentlig høyere slik at "innkjøp" av antall kilowattimer vil være lavere.

Utviklingen i fremtidig strømpris er en kompleks parameter som vanskelig kan estimeres her. Det er likevel viktig å presisere viktigheten av dette aspektet ved valg av teknologi.

Når det gjelder batteridrift på skip ligger utviklingen omtrent der LNG var for 10 år siden. Det er 2 kjente rene batteriskip og rundt 21 hybridskip under bygging eller i drift i dag. Under 50 % er norske.

Alle skipssegmenter er relevant for elektrifisering, men omfang og effekt av tiltak vil variere basert på motorenes operasjonsprofil. Operasjoner med store variasjoner i effektuttak eller skip med periodisk lav motorutnyttelse, vil være de som har mest å hente på hel eller delvis elektrifisering. Typiske eksempler på skip med store variasjoner i effektuttak er offshore fartøy, taubåter, og ferger. Eksempler på skip med periodisk lav motorutnyttelse er skip som ofte er i ventesituasjoner for å laste og losse, fiskebåter under fiske, og vindmølle servicefartøy som venter.

Rene batteriskip er typisk:

- Skip med begrenset energibehov med regelmessig havneligge
- Typisk bil- og godsferger, passasjerfartøy og annen nærskipfart kan klare seg med ladetid på 5-10 minutter
- Maks 60 minutter overfart og maks 20 knop

Maritime hybridløsninger har et større bruksområde og vil typisk kunne først og fremst favne:

- Ferger
- Offshore fartøy
- Slepebåter

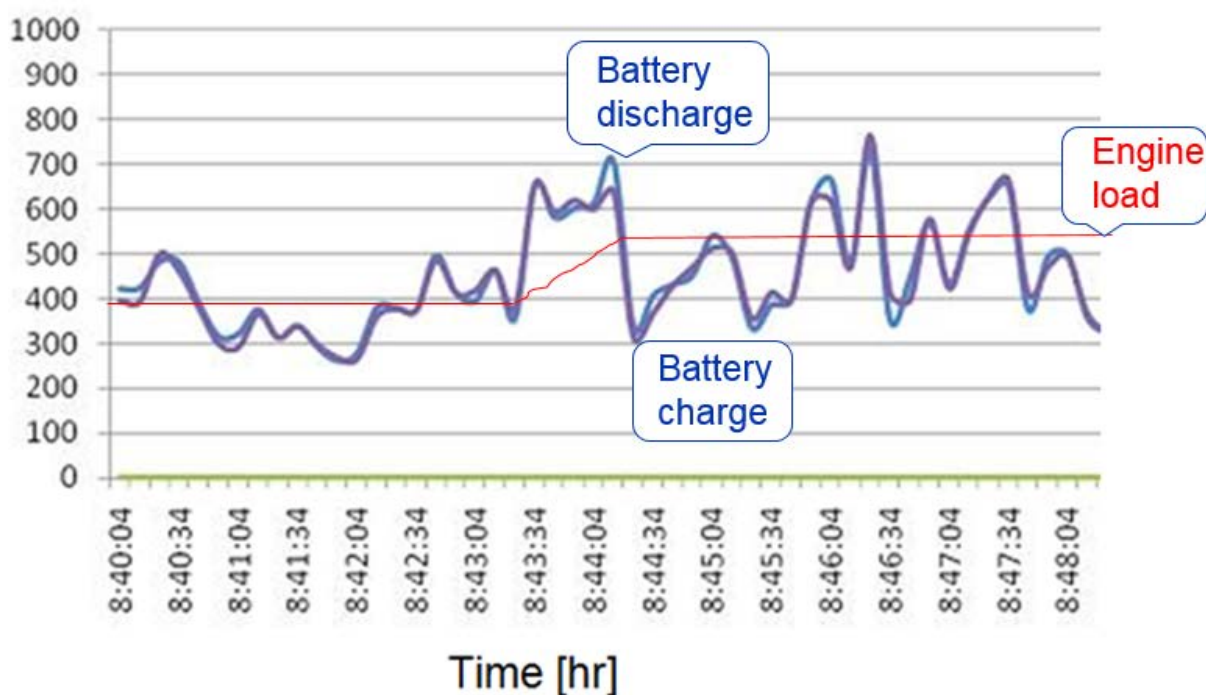
Men også:

- isbrytere
- passasjerbåter
- hurtigbåter

- forskningsfartøy
- vind fartøy
- spesialskip
- offshore plattformer
- skytteltankere
- tørrlast med kraner

Det er så langt gjort svært lite for å identifisere potensialet for hybridisering av fartøy som går over lengre stekninger, f.eks. internasjonal fart.

Hybridløsninger er særlig egnet der det er store svingninger i effektuttak der batteribanken kan stå for effekttoppene mens motorene hele tiden opererer jevnt innenfor optimalt område som illustrert i **Figur 4-1** under (hentet fra operasjon med hybridskipet «Viking Lady»).



**Figur 4-1 – Hybridløsning for skip – hvordan batteriene avlaster motorene ved å gi effekt når det er behov for mye kraft**

**Tabell 4-6 – Evaluering av elektrisitet**

Tilgjengelighet	Meget god. Norge har generelt et overskudd av elkraft.
Miljøpåvirkning i livssyklusperspektiv	Internasjonal krafthandel gjør at den norske strømmen vil være assosiert med et visst CO2 utslipp. Andre utslipp til luft som følge av storskala el-produksjon av norskkonsumert strøm regnes som neglisjerbare.
Utbygging av infrastruktur på land/kai	Krever ladestasjoner på kai som er koblet opp mot det lokale fordelingsnettet.
Kostnad per energienhet [øre/kWh]	Norske industrielle kunder betalte ca. 60 øre/kWh første halvår 2011 (Eurostat, 2011).

Miljøpåvirkning under produksjon	Miljøpåvirkningen vil være avhengig av hvordan batteriene blir ladet opp. I Norge er CO2 utslippet 75 g/kWh basert på den nordiske el-miksen (StatensVegvesen, 2011)
Miljøpåvirkning i drift	Batterier har ingen utslipp i drift. Over 90 % av energien i batteriet kan utnyttes. Forbrenningsmotorer utnytter kun 40-50 % av energien i diesel.

## 4.7 Andre drivstoff

**Tabell 4-7** gir en oversikt over de energibærerne som ikke er prioritert i denne sammenhengen. Dette skyldes at de ikke anses å kunne erstatte noen vesentlig del av de tidligere nevnte energibærerne innen 2040. De er likevel diskutert siden de fungerer teknologisk og vil kunne spille en større rolle lenger fram i tid.

**Tabell 4-7 Ikke-prioriterte energibærere**

Ikke-prioriterte energibærere	Begrunnelse
LPG	LNG vil gi mindre utslipp til luft og vil generelt sett foretrekkes fremfor LPG for det relevante formålet.
Gas To Liquids (GTL)	Dyrt og begrenset tilgjengelighet. Miljøfordelene sannsynligvis større eller like store ved bruk av andre fossile brensler som LNG.
Dimetyleter (DME)	Begrenset tilgjengelighet. Miljøfordelene sannsynligvis større eller like store ved bruk av andre LNG.
Komprimert gass (CNG)	Plasskrevende og økte sikkerhetsutfordringer. Samme miljøfordeler som LNG men mindre hensiktsmessig så lenge infrastruktur ikke eksisterer.
Vind	Uaktuell som primær energikilde for skip med driftsprofil med høye krav til punktlighet.
Sol	Solforhold og Norges geografiske plassering (breddegrad) gjør solenergi uegnet til fremdrift av skip.
Metanol	Kan brukes som hydrogenbærer i brenselceller (se hydrogen), men ansees ikke å gi tilstrekkelige miljøfordeler ved bruk i forbrenningsmotor.
Etanol	Kan brukes som hydrogenbærer i brenselceller (se hydrogen), men ansees ikke å gi tilstrekkelige miljøfordeler ved bruk i forbrenningsmotor.
Kjernekraft	Politisk lite aktuelt og økonomisk ugunstig.
Bølgekraft	Lite forskning har blitt gjort her

## 5 BUNKRINGSSTASJONER OG ANVENDELSE AV MARINT DRIVSTOFF I NORGE

Dette kapitlet beskriver distribusjon og bruk av marine drivstoff i Norge samt en diskusjon av hvilke vurderinger som gjøres bak skipsredernes valg av drivstoffløsning for et nybygg

### 5.1 Bunkringsstasjoner i Norske havner

Oversikt over de største bunkringshavnene er tabulert i Tabell 5-1, samt vist i kartet i Figur 5-1.

Oversikten viser om marine destillater, tungolje eller LNG er tilgjengelig i dag, samt om det er planlagt LNG-bunkring fra den gitte havnen. I tillegg indikeres det om bunkringen utelukkende skjer fra land (kaianlegg) eller om bunkring også er mulig fra en bunkringsbåt. I tillegg kommer bunkring fra tankbil, som i prinsippet er tilgjengelig ved enhver kai langs kysten (ikke vist i tabellen)

Oversikten er basert på informasjon innhentet fra de tre store leverandørene av marint drivstoff i dag; Shell, Exxon/Esso og Bergen Bunkers. Det kan i tillegg til disse være mindre, lokale leverandører, men det antas at leverte volumer fra disse er av mindre betydning.

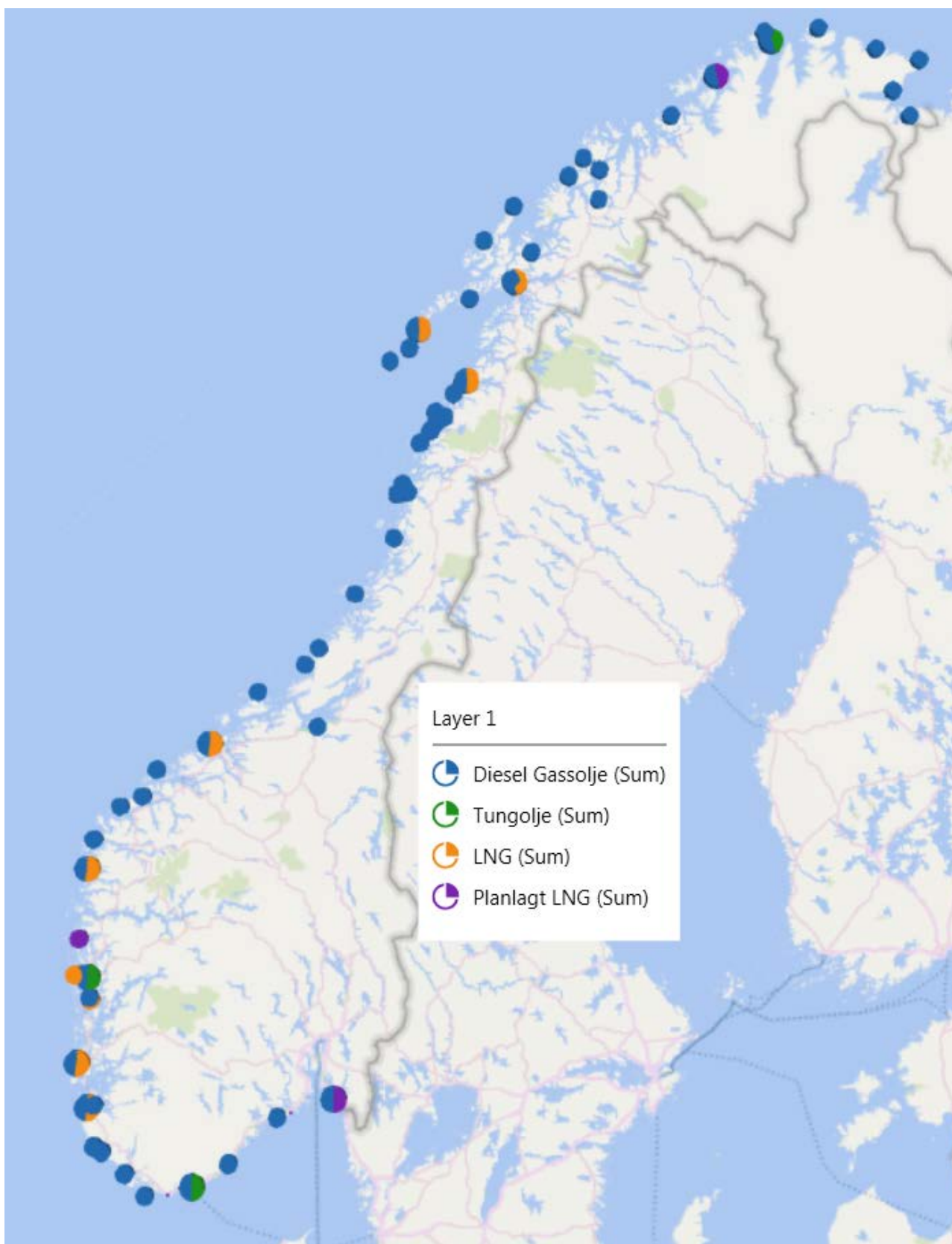
Fra oversikten er det tydelig at det i hovedsak er marine destillater som er tilgjengelig langs kysten. Tungolje og LNG leveres kun fra et fåtall større anlegg. Merk også at i tillegg til de oppgitte havnene er det omfattende distribusjon av drivstoff via tankbiler til adskillig flere havner.

**Tabell 5-1 - Bunkringsstasjoner langs Norges kyst – inkludert type drivstoff de leverer**

Sted	Bunkringsbåt	Diesel Gas	Tungolje	LNG	Planlagt LNG
Andenes	✗	✓	✗	✗	✗
Arendal	✗	✓	✗	✗	✗
Bergen, Norway	✓	✓	✓	✗	✗
Bergsfjord	✗	✓	✗	✗	✗
Bessaker	✗	✓	✗	✗	✗
Bodø	✗	✓	✗	✓	✗
Borgheim	✗	✗	✗	✗	✗
Brønnøysund	✗	✓	✗	✗	✗
Bukta	✗	✓	✗	✗	✗
Båtsfjord	✗	✓	✗	✗	✗
Egersund	✗	✓	✗	✗	✗
Flekkerøy	✗	✗	✗	✗	✗
Florø	✗	✓	✗	✓	✗
Fosnavåg	✗	✓	✗	✗	✗
Fredrikstad	✓	✓	✗	✗	✓
Grønøy	✗	✓	✗	✗	✗
Halhjem	✗	✗	✗	✓	✗
Hammerfest	✗	✓	✗	✗	✓
Hamreplass	✗	✓	✗	✗	✗
Harstad	✗	✓	✗	✗	✗
Hatlestrand Gjermundshamn	✗	✗	✗	✗	✗
Haugesund	✗	✓	✗	✓	✗
Honningsvåg	✗	✓	✓	✗	✗
Karmsund Fiskerihavn	✗	✓	✗	✗	✗
Kirkehamn Hidra	✗	✓	✗	✗	✗
Kirkenes	✗	✓	✗	✗	✗
Kristiansand	✗	✓	✓	✗	✗
Kristiansund	✓	✓	✗	✓	✗
Langesund	✗	✓	✗	✗	✗
Larvik	✗	✗	✗	✗	✗
Lødingen	✗	✓	✗	✓	✗
Mandal	✗	✗	✗	✗	✗
Mehamn	✗	✓	✗	✗	✗
Mestervik	✗	✓	✗	✗	✗
Mongstad	✗	✗	✗	✗	✓
Moskenes i Lofoten	✗	✓	✗	✓	✗
Myre	✗	✓	✗	✗	✗
Måløy	✓	✓	✗	✗	✗
Nord Herøy	✗	✓	✗	✗	✗
Risør	✗	✗	✗	✗	✗
Rørvik	✗	✓	✗	✗	✗

Sted	Bunkringsbåt	Diesel Gas	Tungolje	LNG	Planlagt LNG
Røst	✗	✓	✗	✗	✗
Sagavik	✓	✓	✗	✗	✗
Sandnessjøen	✗	✓	✗	✗	✗
Selsøyvik	✗	✓	✗	✗	✗
Seløy	✗	✓	✗	✗	✗
Sirevåg	✗	✓	✗	✗	✗
Sistranda	✗	✓	✗	✗	✗
Skarsvåg	✗	✓	✗	✗	✗
Skudeneshavn	✗	✗	✗	✗	✗
Slagen	✓	✓	✗	✗	✗
Solfjellsjøen	✗	✓	✗	✗	✗
Sommarøy	✗	✓	✗	✗	✗
Stavanger	✗	✓	✗	✗	✗
Steinshamn	✗	✓	✗	✗	✗
Stokkøy	✗	✓	✗	✗	✗
Støtt	✗	✓	✗	✗	✗
Longyearbyen	✗	✓	✗	✗	✗
Svolvær	✗	✓	✗	✗	✗
Søgne	✗	✗	✗	✗	✗
Sørarnøy	✗	✓	✗	✗	✗
Tanager, Norway	✗	✓	✗	✓	✗
Tromsø	✗	✓	✗	✗	✗
Trondheim	✗	✓	✗	✗	✗
Vadsø	✗	✓	✗	✗	✗
Vardø	✗	✓	✗	✗	✗
Vengsøy	✗	✓	✗	✗	✗
Værøy	✗	✓	✗	✗	✗
Vågaholmen	✗	✓	✗	✗	✗
Ørnes	✗	✓	✗	✗	✗
Ågåtnes, Norway	✗	✗	✗	✓	✗
Ålesund	✓	✓	✗	✗	✗





Figur 5-1 – Bunkringsstasjoner langs Norges kyst – inkludert type drivstoff de leverer

## 5.2 Anvendt drivstoff fordelt på skipstype

Innenfor en type og størrelseskategorier skip blir det typisk benyttet ulike drivstofftyper. Basert på resultatene fra koplingene Veritas Petroleum Services® databasen og AIS registrert skipstrafikk, er det gitt en fordeling mellom de ulike typene som er identifisert. Resultatene kan benyttes for å diskutere hvilke hovedtype bunkersolje som sannsynligvis blir benyttet av de ulike typer og størrelseskategorier skip.

Merk at det er også er skip med LNG som drivstoff i operasjon i norske farvann i dag. Tabellen nedenfor oppsummerer bruken av LNG i 2013. I volum utgjør LNG-bruken mindre enn 4% av totalen. I det følgende oppsettet i Tabell 5-3 er derfor bruken av LNG ikke ytterligere detaljert.

**Tabell 5-2 – LNG drevne skip med operasjon i norske farvann i 2013**

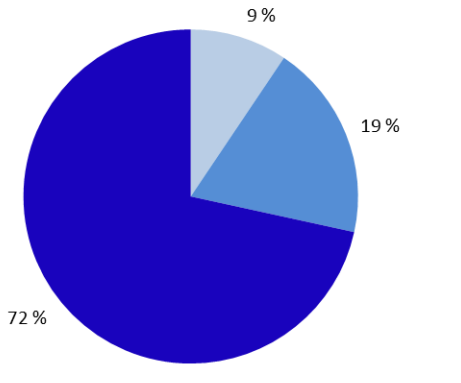
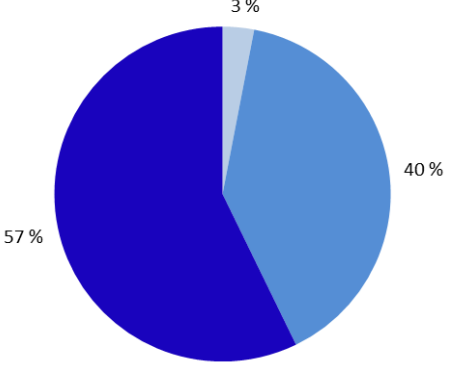
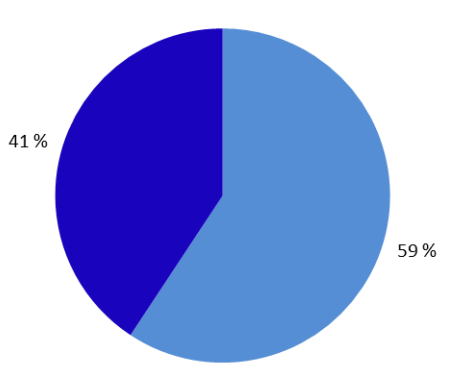
LNG-skip i NØS	Antall skip	Drivstoff (tonn oljeekvivalenter)
02 Kjemikalie-/produkttankere	1	6582
05 Stykkgodsskip	1	1029
09 Passasjer	22	52681
10 Offshore supply skip	12	23315
12 Andre aktiviteter	4	4877
<b>Grand Total</b>	<b>40</b>	<b>88484</b>

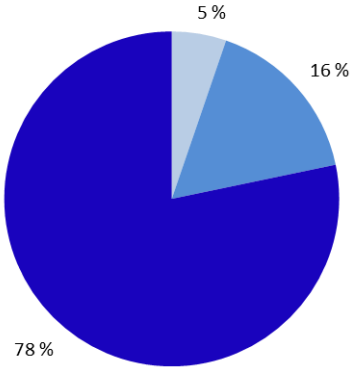
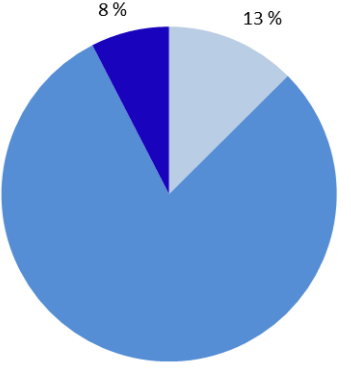
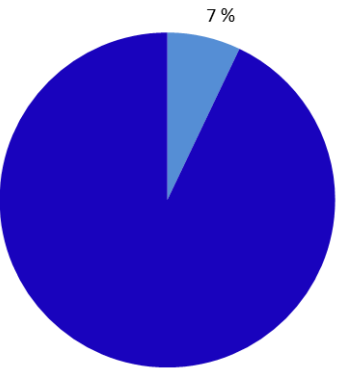
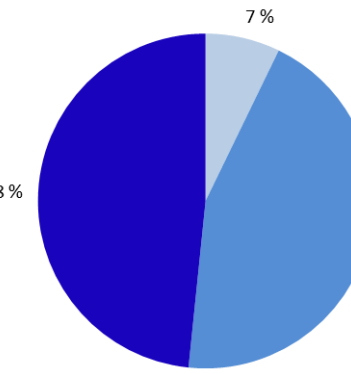
I Tabell 5-3 det foretatt en vurdering av de ulike viskositetsgruppene for drivstofforbruket til de ulike skipstypene/størrelsene. Andel drivstofforbruk på lettere produkter som diesel/gassolje er markert i lys blått, andel drivstofforbruk i en overgangssone (der man vil finne skip som bruker både lettere og tyngre produkter) er markert i mellomblått og drivstofforbruk på tyngre produkter er markert i mørkeblått.

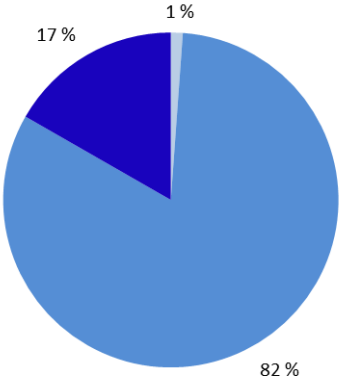
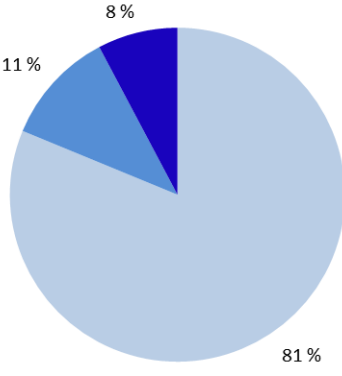
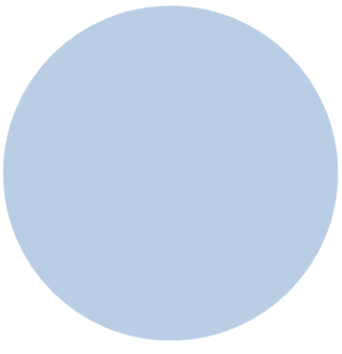
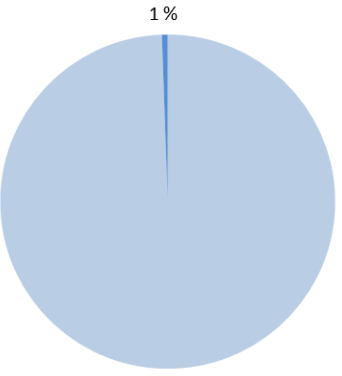
**Tabell 5-3 – Drivstofforbruk (tonn) og type fordelt på skips/størrelseskategorier**

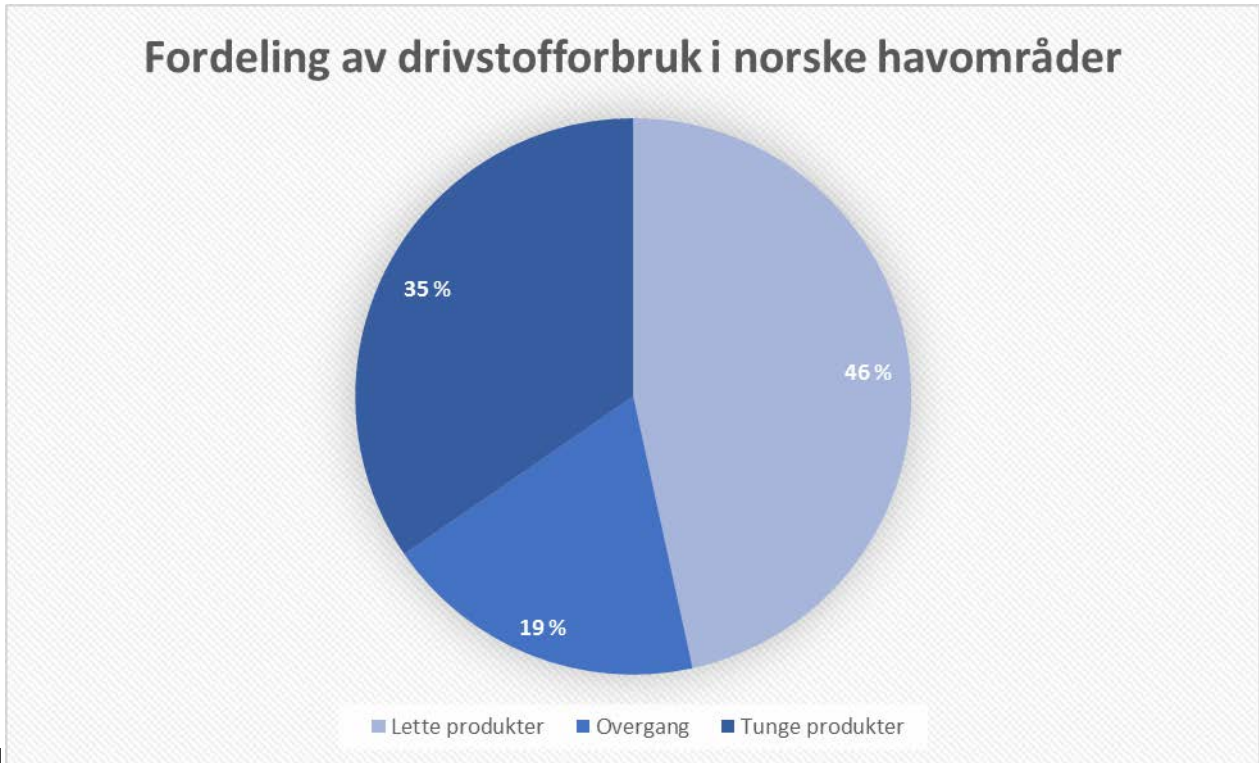
	Bruttotonn							Grand Total
	1. < 1000 BT	2. 1000 - 4999 BT	3. 5000 - 9999 BT	4. 10000 - 24999 BT	5. 25000 - 49999 BT	6. 50000 - 99999 BT	7. >= 100000 BT	
01 Oljetankere	2833	7812	1293	6814	25446	115103	1801	161102
02 Kjemikalie-/produkttankere	1116	35724	21897	68272	14180			141189
03 Gasstankere	37	13205	6550	13728	7830	1414	24707	67470
04 Bulkskip	1127	12683	10793	51213	75989	35723	128	187657
05 Stykkgodsskip	9589	162726	31348	12154	2139			217956
06 Kontainerskip		777	26184	5777	1345	362	12	34458
07 Ro Ro last	620	6605	11570	3775	3156	2667		28393
08 Kjøle-/fryseskip	45	26487	9027	301				35861
09 Passasjer	59040	81880	59849	112086	85071	74854	25179	497959
10 Offshore supply skip	2009	191518	159122					352649
11 Andre offshore service skip	3326	16786	19530	36929	4482	5419	7	86478
12 Andre aktiviteter	37540	52694	21189	8753	24519	842	2556	148093
13 Fiskefartøy	69328	182716	9315					261360
<b>Grand Total</b>	<b>186609</b>	<b>791613</b>	<b>387668</b>	<b>319803</b>	<b>244157</b>	<b>236385</b>	<b>54389</b>	<b>2220625</b>

**Tabell 5-4 – fordeling mellom drivstofftyper for de forskjellige skipskategoriene**

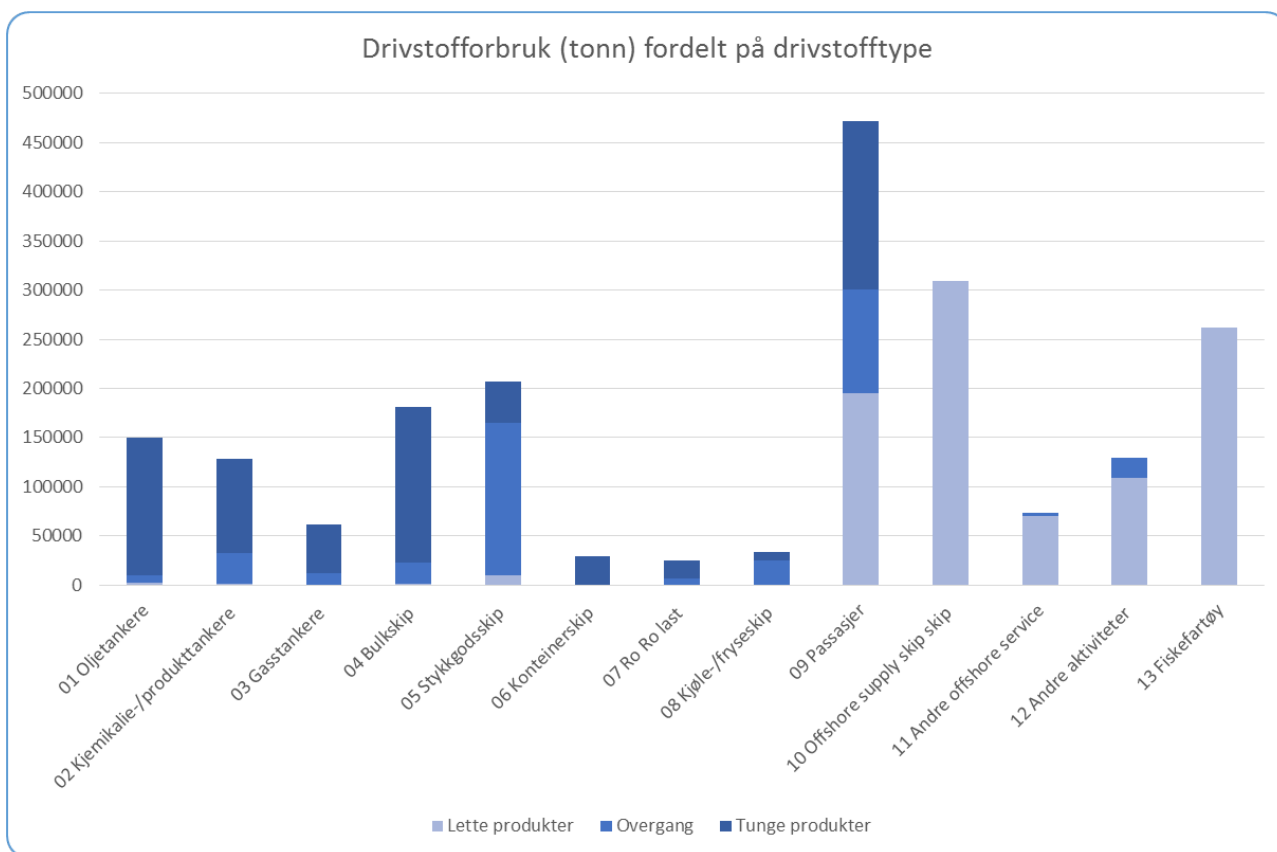
<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: #ADD8E6;">■</span> Lette produkter</li> <li><span style="color: #4682B4;">■</span> Overgang</li> <li><span style="color: #0000CD;">■</span> Tunge produkter</li> </ul>									
 <table border="1" data-bbox="167 481 630 862"> <caption>Data for Oljetankere</caption> <thead> <tr> <th>Drivstofftype</th> <th>Andel (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lette produkter</td> <td>9%</td> </tr> <tr> <td>Overgang</td> <td>19%</td> </tr> <tr> <td>Tunge produkter</td> <td>72%</td> </tr> </tbody> </table>	Drivstofftype	Andel (%)	Lette produkter	9%	Overgang	19%	Tunge produkter	72%	<p><b>Oljetankere</b></p> <p>Oljetankere som står for ca. 3 % av totalt utseilt distanse i Norske havområder. Skip i størrelseskategorien 1000 – 5000 bruttotonn har en mindre andel treff i lettere produktene og en større andel blant de tyngre, mens de større skipene nesten uten unntak tester for tyngre oljer. Hoveddelen av trafikken blir foretatt av skip større enn 25000 bruttotonn.</p>
Drivstofftype	Andel (%)								
Lette produkter	9%								
Overgang	19%								
Tunge produkter	72%								
 <table border="1" data-bbox="167 918 630 1299"> <caption>Data for Kjemikalie-Produkttanker</caption> <thead> <tr> <th>Drivstofftype</th> <th>Andel (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lette produkter</td> <td>3%</td> </tr> <tr> <td>Overgang</td> <td>40%</td> </tr> <tr> <td>Tunge produkter</td> <td>57%</td> </tr> </tbody> </table>	Drivstofftype	Andel (%)	Lette produkter	3%	Overgang	40%	Tunge produkter	57%	<p><b>Kjemikalie-Produkttanker</b></p> <p>Det er identifisert 689 unike kjemikalie-/produkttankere som står for ca. 5 % av totalt utseilt distanse i Norske havområder. Hoveddelen av trafikken blir foretatt av skip i størrelsessegmentet 1000 – 25000 bruttotonn.</p>
Drivstofftype	Andel (%)								
Lette produkter	3%								
Overgang	40%								
Tunge produkter	57%								
 <table border="1" data-bbox="167 1355 630 1736"> <caption>Data for Gasstankere</caption> <thead> <tr> <th>Drivstofftype</th> <th>Andel (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lette produkter</td> <td>41%</td> </tr> <tr> <td>Overgang</td> <td>59%</td> </tr> <tr> <td>Tunge produkter</td> <td>0%</td> </tr> </tbody> </table>	Drivstofftype	Andel (%)	Lette produkter	41%	Overgang	59%	Tunge produkter	0%	<p><b>Gasstankere</b></p> <p>Gasstankere som står for ca. 2 % av totalt utseilt distanse i Norske havområder. Det at det er en overgang til høyere viskositet for skip mellom 1000 – 10000 bruttotonn, mens skip over 10000 bruttotonn hovedsakelig benytter tungoljer med viskositet over 180 cSt. Hoveddelen av trafikken blir foretatt av skip i størrelsessegmentet 1000 – 5000 bruttotonn.</p>
Drivstofftype	Andel (%)								
Lette produkter	41%								
Overgang	59%								
Tunge produkter	0%								

 <p>78 %</p> <p>16 %</p> <p>5 %</p>	<p><b>Bulkskip</b></p> <p>Bulkskip som står for ca. 5 % av totalt utseilt distanse i Norske havområder. Fordeling av drivstofftyper er vurdert å være noenlunde lik som for oljetankere. Hoveddelen av trafikken blir foretatt av skip større enn 10000 bruttotonn.</p>
 <p>80 %</p> <p>13 %</p> <p>8 %</p>	<p><b>Stykkgodsskip</b></p> <p>Stykkgodsskip står for ca. 21 % av totalt utseilt distanse i Norske havområder. Hoveddelen av trafikken foretas av skip i størrelseskategorien 1000 – 5000 bruttotonn hvilket gjør at dette er en svært viktig kategori med hensyn på hvilke kvalitet som benyttes ombord.</p>
 <p>93 %</p> <p>7 %</p>	<p><b>Containerskip</b></p> <p>Containerskip som står kun for ca. 1 % av totalt utseilt distanse i Norske havområder. For disse skipene er det hovedsakelig foretatt testet i de tyngre oljegruppene. Hoveddelen av trafikken er foretatt av skip større enn 5000 bruttotonn som i stor grad tester drivstoff den tyngste viskositetsklassen.</p>
 <p>48 %</p> <p>44 %</p> <p>7 %</p>	<p><b>Ro ro lasteskip</b></p> <p>RoRo lasteskip står for ca. 1 % av totalt utseilt distanse i Norske havområder. Hoveddelen av trafikken blir foretatt av skip i størrelsessegmentet 1000 – 10000 bruttotonn.</p>

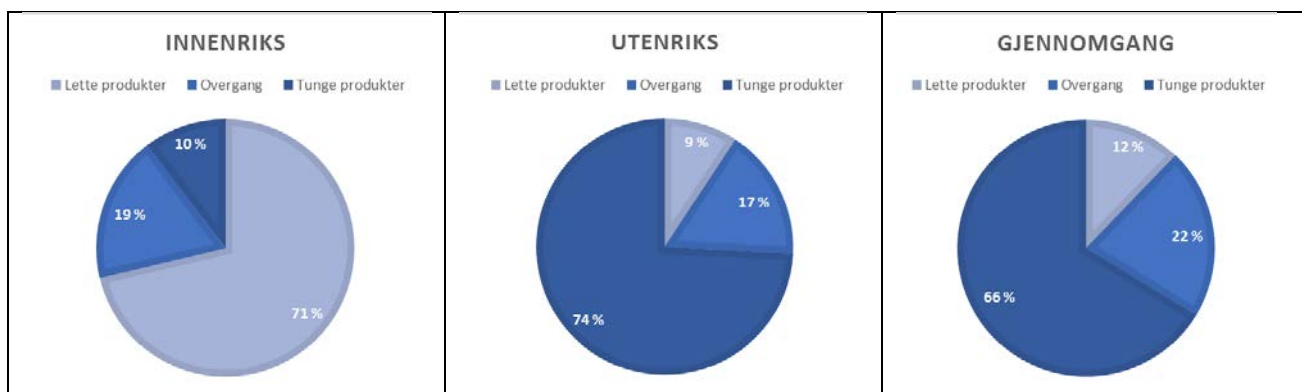
 <p>17 % 1 % 82 %</p>	<p><b>Kjøle- /fryseskip</b></p> <p>Kjøle-/fryseskip står for ca. 2 % av totalt utseilt distanse i Norske havområder. For disse skipene er det foretatt tester i mellomtunge til tunge viskositetsgruppene. Hoveddelen av trafikk foretas av skip i størrelseskategorien 1000 – 10000 bruttotonn hvor den største andelen tester i tyngste klasse.</p>
 <p>8 % 11 % 81 %</p>	<p><b>Passasjerskip</b></p> <p>Passasjerskip står for ca. 23 % av total utseilt distanse i Norske havområder. Skip som er mindre enn 10000 bruttotonn benytter lette produkter som diesel/gassoljer og at det er en overgang til høyere viskositet for skip over 10000 bruttotonn. Største andel trafikk foretas av skip mindre enn 5000 bruttotonn hvilket gjør at marin gassolje vil være dominerende for passasjerskip.</p>
 <p>100 %</p>	<p><b>Offshore (supply &amp; service) og fiskefartøyer</b></p> <p>Offshore fartøyer og fiskefartøyer står for ca. 28 % av totalt utseilt distanse i Norske havområder. Tester utført på offshore fartøyer viser en stor overvekt av gassolje (opp mot 90 %), mens det for fiskefartøyer er foretatt få tester. Med stor sannsynlighet antas det at disse fartøystypene i hovedsak benytter lette produkter som diesel/gassolje.</p>
 <p>1 % 99 %</p>	<p><b>Andre aktiviteter</b></p> <p>Kategorien «Andre aktiviteter» står for ca. 9 % av totalt utseilt distanse i Norske havområder. For skip mindre enn 10000 bruttotonn er det registrert en stor andel tester av gassolje, og det for større skip blir en større andel i tyngste viskositetsgruppe. Hoveddelen av trafikken blir foretatt av skip mindre enn 5000 bruttotonn, som med stor sannsynlighet benytter lette produkter som diesel/gassolje.</p>



Figur 5-2 – Estimert samlet drivstofforbruk i Norske havområder fordelt mellom drivstofftyper



**Figur 5-3 – Drivstofforbruk i norske havområder fordelt mellom skipstyper og drivstofftyper**



**Figur 5-4 – Fordeling mellom drivstofftyper for de tre trafikkategoriene**

Vi ser av figurene at det går et skille i drivstoffbruken mellom typiske lasteskip, slik som bulkskip og tankskip, og andre skip som offshore supply og fiskefartøy. Den første kategorien bruker i overveiende grad tungolje som bunkers, mens den andre kategorien i hovedsak bruker lette destillater. Passasjerskip og stykkgodsskip viser noe mer variasjon innad.

### 5.3 Kriterier for valg av drivstoff

I dette kapittelet presenteres en rekke faktorer som danner kjernen i en skipsreders vurdering ved valg av drivstoffløsninger for et skip. Dette danner et utgangspunkt for videre arbeid med å finne virkemidler

for en effektiv omlegging til miljøvennlige drivstoff. I utgangspunktet vil det i hovedsak være tre ting som kommer til å bestemme hvilke drivstofftyper som blir valgt av næringen:

- Tilgjengelighet
- Pris
- Regelverk

Et kraftig skille er også tydelig når en ser på trafikktypene; innenriks, utenriks og gjennomgangstrafikk. Her går innenrikstrafikken i hovedsak på lette produkter, mens utenriks og gjennomgangstrafikken er dominert av tungoljebruk

For alternativene som presenteres diskuteres egenskaper forbundet med utslipp, tekniske problemstillinger knyttet til bruk, tilgjengelighet og pris. Alle tre må oppfylles i en eller annen form for at et gitt drivstoff skal velges. Det hjelper lite at et drivstoff er billig hvis den ikke er tilgjengelig. Hvis prisen på et drivstoff er for høy så kan det være økonomisk for en reder å buksere sitt fartøy til steder der drivstoffet er billigere eller valg av andre drivstoff er fordelaktig. Regelverket danner rammeverket av hva slags løsning som vil være tilgjengelig som typisk innførelsen av ECA områder etc.

Et skip blir normalt designet og optimalisert for et gitt drivstoff, eller ved innførelsen av ECA, to typer drivstoff (Gjerne tungolje og lav-svovel olje). Normalt vil skipet så operere med denne konfigurasjonen gjennom hele sin operasjonstid (20-30 år). Det skal relativt store insentiver til for at en reder er villig til å bygge om sitt fartøy for andre typer drivstoff. Den lange levetiden for et fartøy kombinert med høy investerings kost medfører at redere ofte er tilbakeholdne med å prøve ut ny teknologi. Spørsmålet er ikke bare om det er lønnsomt i dag, men om det også er lønnsomt om 15 til 20 år og om det er tilgjengelig der hvor skipet opererer.

Videre vil en reder måtte vurdere hvor omsettelig fartøyet er i annenhåndsmarkedet. Kan fartøyet kun operere innenfor et gitt geografisk område så vil dette få stor betydning for skipets annenhåndsverdi og redere vil søke å velge en teknisk/drivstoff-løsning som gjør at fartøyet også er attraktivt på annenhåndsmarkedet 20 år framover.

For å eksemplifisere dette; Norge har et relativt godt utbygget LNG distribusjonsnett, i motsetning til resten av EU. Dette reduserer mulighetene for en reder som ønsker seg den sikkerhet at hvis han ikke får oppdrag for sitt skip på norskekysten så kan han seile sitt skip i andre farvann der LNG-distribusjon ikke er like utviklet. Redere vil dermed vegre seg for å binde seg til ny teknologi/drivstoff, selv om det tilsynelatende er lønnsomt i Norge og skipet har oppdrag i dette området.

Denne tilbakeholdenheten fra forbrukernes side skaper igjen et problem for utviklingen av distribusjonsnettet da dette normalt sett ikke blir bygd ut før det er identifisert et behov. Dette skaper et såkalt uløselig dilemma, som best kan løses med insentiver. NOX-fondet har i Norge bidratt sterkt til å løse opp knuten i Norge.

Den nye ultra lavsvovel tungoljen som lanseres i disse dager åpner for en ny dimensjon i debatten om alternative drivstoff. Hvis den holder hva som er forespeilet så er det grunn til å anta at svært mange eksisterende fartøyer velge denne drivstofftypen, da det ser ut til at den vil kreve relativt små endringer i skipets drivstoffsystem.

Tabell 5-4 under sammenfatter tilgjengelighet og noen av hovedegenskapene til de typiske drivstoffalternativene.



**Tabell 5-5 – Evaluering av drivstoffalternativer**

	IFO/HFO	MDO/MGO	LNG	Biodrivstoff	Batteri/elektirsk (lade- muligheter)	Andre
Tilgjengelighet	Svært god	Svært god	Begrenset	Dårlig	Svært god	
Utbygging av infrastruktur på land/kai	Svært god	Svært god	Begrenset	God (biodiesel) Begrenset (biogass)	Begrenset	
Kostnad per energienhet (øre/kWh)*	33	50	35	125	60	
Miljøpåvirkning under produksjon (gCO <sub>2</sub> eq/kWh)*	36	43	36	29-250	75	
Miljøpåvirkning under forbrenning (gCO <sub>2</sub> eq/kWh)*	279	271	250	0	0	
(g SO <sub>x</sub> /kWh)*	18	0,4	0	0	0	
(g NO <sub>x</sub> /kWh)*	12-14	8-14	<3,4	8-14	0	
PM-utslipp	Ja	Ja	Nei	Ja	Nei	

\*Indikativ verdi

**Tabell 5-6 – Samlet vurdering av egnetheten til drivstoffalternativer opp mot noen tekniske parametere**

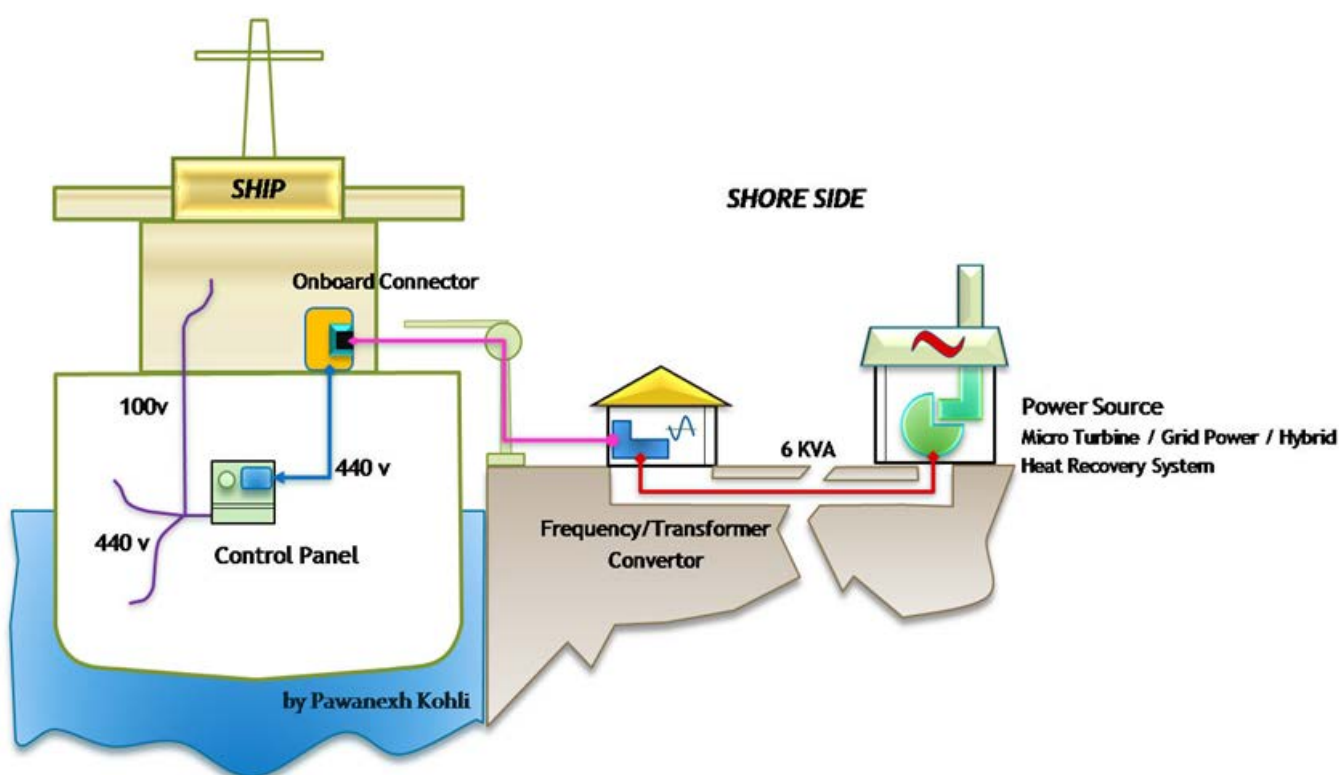
Energibærere	Mest relevante maskinerikonfigurasjon	Mest relevante skipstype	Mest relevante operasjonsprofil	Kommentar
IFO/HFO	Direkte og giret drev, medium og saktegående maskin	Alle lasteskip, store passasjerskip	Internasjonal fart	
MDO/MGO	Giret drev og diesel-elektrisk, hurtiggående, medium og saktegående maskin	Medium, små skip	Nasjonal og internasjonal fart	
LNG	Giret drev og gass-elektrisk, medium og hurtiggående maskin, men direkte drevet saktegående maskineri er på vei inn	Alle	Mye tid i ECA Nasjonal fart Tiltagende internasjonal fart	Kan erstatte både HFO og MDO/MGO
Biodiesel	Giret drev og diesel-elektrisk, hurtiggående, medium og saktegående maskin	Medium, små skip	Avhengig av infrastruktur	Kan erstatte MDO/MGO. Dyr løsning
Bioolje	Direkte og giret drev,	Alle lasteskip, store	Avhengig av	Kan erstatte

	medium og saktegående maskin	passasjerskip	infrastruktur	IFO/HFO Dyr løsning
Bio-gass	Giret drev og diesel-elektrisk, medium og hurtiggående maskin	Alle	Avhengig av infrastruktur	Kan erstatte både IFO/HFO, MDO/MGO og LNG
Hel-elektrisk fremdrift	Elektrisk	Ferger	Kun korte distanser, hyppige anløp	Kan erstatte MDO/MGO
Hybridisering	Alle hjelpemaskineri konfigurasjoner	Alle typer fartøy; men med forskjellig bruk og konfigurasjon	Store motorlast-variasjoner	Kan supplere både IFO/HFO og MDO/MGO og LNG/Bio
Landstrøm	Alle	Ferger, offshore, passasjer, shuttletank	Regelmessige anløp i få havner	Kan erstatte/supplere alle typer drivstoff

## 6 LANDSTRØM

Når et skip legger til kai trenger det ikke lengre energi til fremdrift, likevel er det fortsatt behov for energi om bord i skipet så lenge det ligger i kai, blant annet til belysning, varme, kjøling mm.

Å trekke strøm fra ledningsnettets på land om bord i mindre skip og båter som ligger ved kai er ikke et nytt fenomen. Landstrøm har lenge vært benyttet til lys, varme og til å lade av batterier, på blant annet ferger og taubåter som ligger i ro over natten. Den leverte strømmen gir mulighet til å stenge av motorene, uten at båten blir strømløs. Det har stort sett dreid seg om noen kilowatt, kanskje opp til 50 – 100 kW. Dette er strøm med den samme spenningen og frekvens som finnes på det ordinære



strømnettet.

**Figur 6-1 – Typisk skjematisk oppsett for et litt større landstrømsanlegg (Pawanexh Kohli)**

Energibehov utover dette dekkes i dag stort sett av eget hjelpemaskineri, noe som fører til lite effektiv energiutnyttelse, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og partikkelutslipp, ofte i områder der befolkning blir direkte eksponert til dette. Mens de aller fleste havner kan formidle strøm til skip i en eller annen form (stort sett 220V opp til 440V fra det offentlige strømnettet) er det kun en håndfull som har systemer som kan erstatte generatorkjøring for de litt større skipene i havn.

En utfordring er at enkelte skip trenger store strømmengder for å fullt ut kunne erstatte generatorene. Dette krever mange og kraftige kabler dersom det skal leveres med lavspenning (230/440V). Ved å benytte høyspenning derimot, kan denne strømmen leveres gjennom en kabel av håndterbar dimensjon. Bruken av høyspent skaper imidlertid nye utfordringer og strenge krav til sikkerhet. Skipene må ha, eller installere utstyr for å ta imot høyspent og transformere spenningen før den kan benyttes om bord. Dette innebærer potensielt store investeringer både for havnene og for de større skipene.

Et skips evne til å benytte landstrøm er naturligvis like viktig som en havns mulighet til å levere strøm. De aller fleste lasteskip og eldre skip av alle typer har kun kapasitet til å motta strøm i begrenset grad. Tilkoblingen har normalt sett vært dimensjonert med tanke på skipet er på verksted eller i opplag, og dekker stort sett skipets behov for lys og kokemuligheter. De har heller ikke mulighet å supplere sitt eget strømbehov med å få strøm fra land samkjørt med sine egne hjelpemaskineri. Skal skipets EL-anlegg og landstrøms-mottagelighet dimensjoneres for dekke hele behovet når de er i havn, må de fleste skip i denne kategorien bygges om eller oppgraderes. Standardisering av koblingssystemer vil bli av betydning i så måte og implementeringen av IEC/ISO/IEEE 80005-1/2/3 standarden er viktig i så måte.

Skip som ofte ligger lengre tid i havn, som fiskefartøyer, offshore fartøyer o.l. er som oftest bedre utstyrt til å motta strøm fra land. Disse har ofte dedikerte kaianlegg hvor landstrøm er lagt opp og dimensjonert for det forbruket som trengs.

Skal skipet kun bruke landstrøm ved landligge, så må man ta to moduser i betraktning:

- Skipet ligger ved kai og lossing/laster  
Her bruker skipet ofte mye energi da de skal drive kraner, pumper og andre systemer i tilknytning til lossingen/lastingen. Et batteri på land eller om bord kan avhjelpe behovet for å ta effektopper.
- Skipet ligger ved havn (uten lasting/lossing)  
Dette kan være fordi fartøyet venter eller at havnas egne kraner brukes. I dette tilfellet må skipets «hotell» forbruk dekkes (i.e. lys, varme, ventilasjon, bysse, o.l.). Spesielt for passasjerskip kan dette være et betydelig bidrag.

Forbruksbehovet for de to modusene kan til dels være svært forskjellige.

## 6.1 Effektbehov knyttet til skipstype og størrelse

Effektuttaket fra landstrømsystemer er bestemt av spenning (Volt) og strømstyrke (Ampere). Det er mulig å dekke store effektbehov med relativt lave spenninger (400-440V) men det krever store strømstyrker som igjen krever store/mange kabler. Resultatet er at systemene blir kostbare og krevende å koble opp (opp mot 30 individuelle koblinger som må gjøres i en nøye definert rekkefølge). Alternativet er å benytte høyspennsystemer (typisk 6600-11000V) som muliggjør kun én kabelkobling selv ved store effektuttak. Tabell 6-1 (DNV-GL, 2014) viser hvilke systemer som er mest relevant gitt de forskjellige effektbehovene men merk at det vil finnes systemer som faller utenfor denne grupperingen.

**Tabell 6-1 – Typiske systemparametre for forskjellige effektgrenser**

Systemkategori	Systemeffekt	Typiske systemparametre
1	<100kW	230/400/440V - 50/60hz
2	100 - 500kW	400/440/690V - 50/60hz
3	500-1000kW	690V/6.6/11kV - 50/60hz
4	>1MW	6.6/11kV - 50/60hz

Gitt oppsettet i Tabell 6-1, så vil følgende systemer være mest relevante for de forskjellige skips kategorier og størrelser.

**Tabell 6-2 – Systemgrupper mest relevante for de forskjellige skip/størrelse-kategoriene (DNV-GL, 2014)**

Skipstyper	<= 999	1000 - 4999 GT	5000 - 9999 GT	10000 - 24999 GT	25000 - 49999 GT	50000 - 99999 GT	>= 100000 GT
Oljetankere	230/400/440V - 50/60hz	400/440/690V - 50/60hz	690V/6.6/11kVV - 50/60hz	690V/6.6/11kVV - 50/60hz	690V/6.6/11kVV - 50/60hz	6.6/11kV - 50/60hz	6.6/11kV - 50/60hz
Kjemikalie-/produkttankere	400/440/690V - 50/60hz	400/440/690V - 50/60hz	690V/6.6/11kVV - 50/60hz	6.6/11kV - 50/60hz	6.6/11kV - 50/60hz		
Gasstankere	400/440/690V - 50/60hz	400/440/690V - 50/60hz	6.6/11kV - 50/60hz	6.6/11kV - 50/60hz	6.6/11kV - 50/60hz	6.6/11kV - 50/60hz	6.6/11kV - 50/60hz
Bulkskip	230/400/440V - 50/60hz	400/440/690V - 50/60hz	400/440/690V - 50/60hz	400/440/690V - 50/60hz	400/440/690V - 50/60hz	690V/6.6/11kVV - 50/60hz	
Stykkogdsskip	230/400/440V - 50/60hz	400/440/690V - 50/60hz	400/440/690V - 50/60hz	400/440/690V - 50/60hz	690V/6.6/11kVV - 50/60hz		
Konteinerskip		400/440/690V - 50/60hz	400/440/690V - 50/60hz	690V/6.6/11kVV - 50/60hz	6.6/11kV - 50/60hz	6.6/11kV - 50/60hz	6.6/11kV - 50/60hz
Ro Ro last	230/400/440V - 50/60hz	400/440/690V - 50/60hz	400/440/690V - 50/60hz	690V/6.6/11kVV - 50/60hz	690V/6.6/11kVV - 50/60hz	6.6/11kV - 50/60hz	
Kjøle-/fryseskip	230/400/440V - 50/60hz	400/440/690V - 50/60hz	400/440/690V - 50/60hz	690V/6.6/11kVV - 50/60hz			
Passasjer	230/400/440V - 50/60hz	400/440/690V - 50/60hz	400/440/690V - 50/60hz	690V/6.6/11kVV - 50/60hz	6.6/11kV - 50/60hz	6.6/11kV - 50/60hz	6.6/11kV - 50/60hz
Offshore supply skip	230/400/440V - 50/60hz	400/440/690V - 50/60hz	6.6/11kV - 50/60hz				
Andre offshore service skip	230/400/440V - 50/60hz	400/440/690V - 50/60hz	690V/6.6/11kVV - 50/60hz	690V/6.6/11kVV - 50/60hz	690V/6.6/11kVV - 50/60hz	690V/6.6/11kVV - 50/60hz	690V/6.6/11kVV - 50/60hz
Andre aktiviteter	230/400/440V - 50/60hz	400/440/690V - 50/60hz	690V/6.6/11kVV - 50/60hz	6.6/11kV - 50/60hz	6.6/11kV - 50/60hz	6.6/11kV - 50/60hz	6.6/11kV - 50/60hz
Fiskefartøy	230/400/440V - 50/60hz	400/440/690V - 50/60hz	6.6/11kV - 50/60hz				

Gitt de nominelle effektbehovene som skissert i Tabell 6-2, viser Tabell 6-3 det totale drivstofforbruket i norske havner i 2013 og hvilke kapasiteter landstrømsanlegg mest sannsynlig vil måtte ha for å erstatte forbruket. I tabellen er kun noen av skipstypene som er vurdert som mest aktuelle for landstrømssystemer i Norge inkludert. Det er imidlertid mulig å benytte landstrøm på nesten alle skipstyper gitt de rette forholdene.

**Tabell 6-3 – Drivstoffforbruk (tonn) i norske havner for**

Skipstyper	1. < 1000 GT	2. 1000 - 4999 GT	3. 5000 - 9999 GT	4. 10000 - 24999 GT	5. 25000 - 49999 GT	6. 50000 - 99999 GT	7. >= 100000 GT
Passasjer	2256	5825	1932	7183	11694	6755	1147
Offshore supply skip	544	47310	45272				
Andre offshore service skip	1351	4265	4506	4275	1546	3177	6
Andre aktiviteter	6946	6949	3806	17808	127	66	203
Fiskefartøy	14961	19530	2059				

## 6.2 Nå-situasjon for norske havner

Det er relativt stor forskjell på havners evne til å levere landstrøm med litt større kapasitet. Nesten all havner har mulighet til å levere strøm på noen av sine kaier, men i hovedsak er dette lavstrømsanlegg med begrenset kapasitet. Flere av havnene har planer, eller som i Oslo, der de har lagt høyspentkabler fram til dedikerte kaianlegg (da sort sett til Cruise og stor-ferge kaiene), men de er ikke tatt i bruk. Dette har med mangel av standarder for oppkobling til fartøyer og i noen grad fartøyenes evne til å motta strøm fra land. Prising av tjenesten er også et usikkerhetsmoment.

Tilnærmet alle skip i norske farvann har installert landstrøm i form av at de er i stand til å koble seg til nettspenning og motta strøm til å drive lys og enkelte funksjoner. Imidlertid er det kun en håndfull skip som har fasiliteter for å kunne drive skipet kun basert på landstrøm uten bidrag fra generatorene om bord.

## 6.3 Utbyggingsplaner

Det ser ut til at de fleste havnene i utvalget har noen planer om videre utbygging av landstrømstilbud, men de fleste er avventende og følger utviklingen både teknologisk og ikke minst hva som kan komme av incentiver og pålegg.

## 6.4 Kartlegging av norske havner

Som en del av dette prosjektet har DNV GL kartlagt nåsituasjonen for landstrøm samt planer for videre utvikling av landstrøm for et utvalg av hovedhavner. Aktuelle havner ble valgt i samarbeid med oppdragsgiver. Kartleggingen ble gjennomført ved å kontakte havnene direkte samt ved å gjennomgå tilgjengelig offentlig informasjon for havnene. Selv om det finnes en del private havner i disse områdene er det lite offentlig tilgjengelig informasjon om disse, og dette reflekteres også av resultatene fra kartleggingen. Hovedresultatene er oppsummert i Tabell 6-4.

Nesten ingen av de kartlagte havnene har frekvensomformere fra 50-60 Hz. De stedene der dette er identifisert er det nevnt spesifikt i tabellen Tabell 6-4.

**Tabell 6-4 – Oversikt over landstrømstilbud i et utvalg større Norske havner**

Havn	Antall kaier (kommunale)	Antall kaier m. landstrøm	Tilgjengelig spenning (Volt)	Tilgjengelig strømstyrke (Ampere)	Høyspent til kai?
<b>Bergen og Omland</b>	ca 30	0	-	-	Første høyspent ferdig mai 2015. 440, 690, 6.6.-11kV
<b>Havnevesen</b> (exkl. Mongstad)	10 havner aktuelle. 600 A og omformer til 60Hz er planlagt. Første tilkoplingspunkt for landstrøm for offshore fartøy skal settes i drift i desember 2014.				
<b>Bodø Havn KF</b>	10-11	4	220, 440, 440	80 125 (LNG fergen)	-
	Ikke erfart begrensninger mht tilgjengelig kapasitet. Brukes av mindre fraktestartøy, fiskefartøy, små bulk, og ferger. Jobber med lavspentskap (400, 220). Gjennomføring 2015.				
<b>Borg Havn IKS</b>	9	0	Noe 230 - 690	-	690 V - Øra. 3.3 kV - elektrisk kran, Nykai.
	De fleste har kaiene har ingen tilførsel. Høyspentkapasiteten brukes til utstyr for lossing, eks. kraner. Har kun info om offentlige kaier.				
<b>Brønnøy Havn KF</b>	2	2	440 V	125 A en kai. 80A andre kai.	-
	Benyttes hovedsakelig av Kystverket, oppdrettsnæringen og lokale ferger. Sistnevnte kun til lys. P.g.a. begrenset kapasitet, må båtene ofte bruke hjelpemotorer i tillegg. Ingen planer for elektrifisering under havneligge.				
<b>Drammen-regionens Interkommunale Havnevesen</b>	?	0			Ingen planer i nær framtid.
<b>Eigersund Havnevesen KF</b>	14	6	400	Ikke kjent	-
	Kapasitet til at alle kaiene kan bruke landstrøm samtidig. Dette har hittil ikke vært aktuelt. Hovedanvendelse er fiskebåter i forbindelse med reparasjon. Ingen planer for elektrifisering under havneligge.				
<b>Flora Hamn KF</b> (exkl. Fjordbase)	4	4	440 V	115 A	-
	Ingen planer for elektrifisering under havneligge da supplyskip kun bruker Flora som ventekai før de går til Fjordbase.				

<b>Grenland Havn IKS</b>	34	0			
	Både private og offentlige kaier inkludert. Ingen konkrete planer for elektrifisering under havneligge siden bruker (DFDS er største) ikke ønsker tilrettelegging. Dersom Fjordline blir liggende til kai over natten, kan dette endre seg.				
<b>Hammerfest Havn KF (valgt pga Melkøya og Polarbase)</b>	17	14	220 og 380 – 3 fase	16 og 125	Ikke framført høyspent til kai.
	Fiskefartøy og rutegående lokalfartøy, godsbåt. Kapasitet avhenger av forbruk/størrelse men 6-8 fartøy på den største piren, ellers 2-3 fartøy. Landstrømanlegg planlagt på Fuglenes 2015, ikke påbegynt. To frekvensomformere (fra 50 Hz til 60 Hz).				
<b>Karmsund Interkommunale Havnevesen IKS</b>	7	7	220/440		
	Alle 10 kaiene kan brukes. Dagens bruk er fiskefartøy og hotellbarge. Store planer for elektrifisering for offshore terminalen. Hovedutfordringene er investeringskostnaden på terminalen og lite strøm tilgjengelig fra kraftleverandør frem til offshore terminalen. Dette gjør det veldig dyrt å få til. Støtte nødvendig for å gjennomføre prosjektet. Gjennomføringsdato er ikke satt.				
<b>Kristiansand Havn KF</b>	16	ca 12	200/400 på de fleste. 11 kV for Colorline.		Ønsker høyspent ut til den nye cruisekaien.
	Dagens bruk er mindre skip som fiskefartøy, kystverket, losbåten etc, i tillegg til Color line. Høye investeringskostander. Legger til rette med rørfremføringer frem til kaikant. Problem at kraftleverandør ikke har nok kraft tilgjengelig.				
<b>Kristiansund og Nordmøre Havn IKS</b>	20 talls	3 med 440. 7-8 med 220	220/440	125	Planer for elektrifisering opp til 780V.
	Strøm brukes til nattlige for ferger, for mindre fiske- og fraktefartøy og for noen båter som opererer i havnebassenget. Jobbet med planer for elektrifisering i prosjekt et par år, så kom kostandene på bordet, og planene ble lagt på is. Ventekaien for supplyskip som skal til Vestbase eller spotmarkedet er første prioritet. Vestbase er privat base.				
<b>Larvik Havn KF</b>	5	0	-	-	Color Line 11kV landstrøm, planlagt på plass 2015/16.
	Color Line sitter i førerretet mht utvikling av landstrøm i Larvik havn. De gjennomfører og finansierer sine prosjekter selv. Nye kaier forberedes for landstrøm (trekkerør). Ellers ingen planer.				
<b>Mo i Rana Havn KF</b>	2 kommunale, 3 private	0	220		-



	440 V tilgjengelig ved bruk av lang skjøteledning, dvs vanskelig å bruke grunnet trafikk på kaiene. Landstrøm brukes ikke. Økonomisk ugunstig. Ingen planer foreløpig.				
<b>Molde og Romsdal Havn IKS</b>	Ikke mottatt info.				
<b>Moss Havn KF</b>	4	1	400 V, 230 V	125 A ved 400 V	God tilgang på kraft i havna. Har høyspent, 6000 V eller 10 000 V.
	Støy og lokal forurensning for naboer til kaiene gir ønske om å begrense bruk av hjelpemotorer og forurense mindre. Mye faste anløp, 7 g/uke for containerskip, bulkskip mer sporadisk, men bulkskip kan få strøm. Har toårsperspektiv mht utvikling av havna. Undersøker hva som er aktuelt. Problem at det ikke finnes standardløsninger. Samarbeide med Borg, undersøker med Oslo. Det finnes i tillegg ca 6 private kaier i området som ikke er underlagt Moss Havn KF.				
<b>Narvik Havn KF (gr. Mulig EU krav om LNG skip)</b>	15 (private og offentlige)	Tilgang på de fleste kaiene	220	Hovedsakelig 80 og 25. Hovedkai 125.	
	Landstrøm brukes av mindre fartøy, slepebåter. Ikke planer nå. Har lagt opp nytt anlegg til slepebåtene 125A.				
<b>Oslo Havn KF</b>	39	Hjortnes til Color Line.	Lavspent er tilgjengelig langs alle kaiene.		Kabler er trukket frem til Vippetangen, men ingen brukere per i dag (jobber mot DFDS og Stena).
	For eksempel Kongeskipert bruker tilgjengelig landstrøm. Med unntak av Colorline, brukes landstrøm av mindre fartøy til lys og varme. Det vurderes å tilby landstrøm til Cruiseskip, men det blir lenger frem i tid.				
<b>Sandefjord Havnevesen</b>		1 til Fjordline	400 V	1500 A	Kun Fjordline bruker landstrøm. Colorline skal bygges om til landstrøm.
<b>Stavanger Interkommunale Havn IKS</b>	ca 17				
	Ikke mottatt info				
<b>Tromsø Havn KF</b>	22	3	220-400V	125A, 600 A	

	Fiskefartøy utgjør 1/3 av anløpene. Cruiseskip feb, mars og sommermnd. Hurtigruten 2g/døgn, hurtigbåter.				
<b>Trondheim Havn</b>	90 (68 i Trondheim)	38 (33 i Trondheim)	Mest 220 V. 2-3 punkter med 400 V	16, 32, noe 64, noe 128	Ikke kjent om høyspentkabler er fremført til kai.
	Ikke høyspent tilgjengelig. Kun strømuttak /levering til småbåter, flytebrygger ol. Ikke kjente planer. Reserveferge Flakk-Rørvik har nattligge m strøm tilkople i Trondheim.				
<b>Tønsberg Havnevesen (ønsket gr petroleums-transportene, Slagentangen)</b>	7	5	240-400 V, tilgang til 400 V på alle.	16 A, 32 A, 64 A (kun Kanalkaiene)	Høyspent til Kanalkaiene (eget gjestebygg).
	Begrenset kapasitet. Landstrøm brukes til egen bruk på havnens egne båter og utstyr, 32A brukes jevnt av 2 båter, etter forespørsel. Bruk krever strekking av ledninger. Planer, kun for gjestehavna. Ikke landstrøm på de to kaiene på Slagentangen.				
<b>Ålesundregionens Havnevesen</b>	42	17	Lavspent 220/440 på mange. Skateflua, hurtigbåtterminal med høyspent.	250 A	15000 V høyspenning inn til kai fra bynett. Planer om 20 000 V bynett. Bygd stort tavlerom vsa trafo. 5 nye kaianlegg siste år med høyspent trafostasjoner fra bynettet inkl flere fiskekaier. Nye fiskekaia har 4 trafostasjoner med 2 pluggere i hver trafo, forberedt for 5. stasjon.
	Selger mest strøm til fiskebåter på landtørke, bruker landstrøm slik at de kan stoppe generatorer, en del strøm til fryseanlegg. Landstrøm på mange kaier, men ikke høyspent. Høyest bruk utenom sesong, da 15-20 havgående fiskebåter på landstrøm. Nettselskapene er pliktige å føre fram strømmen, men havnene må ta kostnadene med trafostasjoner og framføring av strøm, og må betale store anleggsbidrag til kraftleverandøren. Mer strømlevering vil kreve større trafostasjoner, dvs økt kost. Dersom havnene velger å finansiere dette ved høyere strømpris, vil ingen betale for strømmen. Økte havneavgifter kan føre til at transport blir flyttet til vei. Dermed blir finansiering vanskelig. Høyspent er vanskelig pga manglende standardisering (også på sjøsiden). Dårlig utnyttelse av kaikapasitet er en utfordring. Kun info om offentlige kaier. Det vil være ca 4 ganger så mange kaier dersom private kaier inkluderes.				

## 6.5 Status – Norsk landstrøm

Det er flere barrierer som begrenser spredningen av landstrøm i norske havner. Barrierer er hovedsakelig økonomisk knyttet til infrastruktur og påkrevet utstyr, men mangel på standardisering er også en utfordring (Arduino, Giulia; Murillo, David Carrillo; Ferrari, Claudio, 2011).

Elektrisitetskostnadene representerer en første barriere mot spredning av landstrøm. Imidlertid vil krav til bruk av marine gassoljer i havner i EU potensielt gjøre landstrøm mere attraktivt på grunn av økte drivstoffkostnader.

Skipssystemene er sårbare for spenningsvariasjoner og stabile leveranser havna vil være en forutsetning.

En ytterligere barriere er manglende standardisering. Frekvenser varierer mellom 50 og 60 Hz mens spenninger varierer mellom 230 volt helt opp til 11 kilovolt. Effektbehov kan variere fra kun noen kW for mindre fiskefartøy til et dusin eller flere MW i tilfelle av passasjerskip eller kjøleskip. IEC (International Electrotechnical Committee) har på bakgrunn av et forslag fra FNs maritime organisasjon IMO og fra EU-kommisjonen, utviklet et forslag til en standard for høyspent landstrømsanlegg (High Voltage Shore Connection). Denne ISO-standarden ble innført i august 2012. Standarden angir hvordan et anlegg for levering av høyspent strøm (HVSC) til skip skal bygges. Den gjelder anlegg som leverer strøm med spenning høyere enn 1000 volt (Oslo Havn KF, 2012).

En ytterligere barriere ligger i mangel på internasjonalt/nasjonalt lov og regelverk: spredningen av landstrøm ved havnene i USA er en konsekvens av en strengere lovgivning (i forhold til Europa).

## 7 REFERENCES

- Arduino, Giulia; Murillo, David Carrillo; Ferrari, Claudio. (2011). *KEY FACTORS AND BARRIERS TO THE ADOPTION*. Dipartimento di Economia e Metodi Quantitativi, Università degli Studi di Genova, Italy.
- Bengtsson, S., Andersson, K., & Fridell, E. (2011). *A comparative life cycle assessment of marine fuels : liquefied natural gas and three other fossil fuels*.
- DNV. (2011). *Prognoser for skipstrafikk Nordsjøen, DNV ref. 13NBY1D-2*. Kystverket.
- DNV. (2013). *Analyse av drivstofftyper og fordeling av skipstrafikk langs norskekysten*. Ålesund: Kystverket.
- DNV GL. (2014). *The Future of Shipping*. DNV GL.
- DNV-GL. (2014). *Landstrøm på skip i Norge*. Oslo: Transnova.
- Eurostat. (2011). Hentet fra <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>
- IPCC. (2014). *Fifth Assessment Report, WG3, Summary for policy-makers*.
- Klif. (2011, 04 27). *Biogass fra sambehandling av husdyrgjødsel og våtorganisk avfall. Kostnader og reduksjon av klimagassutslipp gjennom verdikjeden*. Hentet fra <http://www.klif.no/publikasjoner/2704/ta2704.pdf>
- Oslo Havn KF, O. (2012). *HANDLINGSPLAN FOR LANDSTRØM I OSLO HAVN*. Oslo: Oslo Kommune.
- StatensVegvesen. (2011). *Rammer for gjennomføring av dialog og etterfølgende konkurranse*.
- TNO. (2011). *Environmental and economic aspects of using LNG as fuel for shipping in the Netherlands*.