

## RAPPORT

### Miljøregnskap for landstrømanlegg i Oslo havn

Eivind Selvig, Rolv Lea, Rolf Gillebo  
14. november 2008



Foto: Rolv Lea

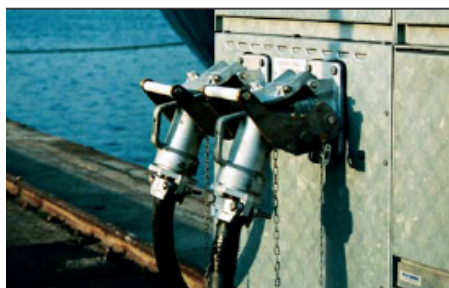


Foto: Cavotec



Foto: Cavotec

# Innhold

---

## **Sammendrag og konklusjoner 3**

### **Summary 6**

#### **1 Bakgrunn, formål og avgrensning 9**

- 1.1 Bakgrunn 9
- 1.2 Formål 9
- 1.3 Avgrensning - to trinn 10

#### **2 Dagens situasjon 11**

- 2.1 Luftforurensning fra skip i havn 11
- 2.2 Fergetrafikken – anløpstider og landligge 13

#### **3 Internasjonal lovgiving 15**

#### **4 Landstrømanlegg - internasjonale erfaringer og problemstillinger 16**

#### **5 Elektrisitetsproduksjon ved landligge i Oslo havn 19**

- 5.1 Elektrisitetsbehov 19
- 5.2 Landstrømløsning i Oslo havn– beskrivelse og forutsetninger for videre beregninger 20

#### **6 Utslippsendringer 22**

- 6.1 Utslipp fra elektrisitet produsert ved hjelp av skipsmotorer 22
- 6.2 Utslipp ved elektrisitetsproduksjon på land 22

#### **7 Forutsetninger for de økonomiske beregningene 25**

- 7.1 Forskjellig avgiftsregime for bunkersolje og landstrøm 30
- 7.2 Den geografiske avgrensningen av tiltaket 25
- 7.3 Investeringer og forbruk ombord 25
- 7.4 Investeringer i landanlegg 29
- 7.5 Miljøkostnader 30
- 7.6 Øvrige forutsetninger 31

#### **8 Resultater 32**

- 8.1 Nytte-kostnad 32
- 8.2 Miljøregnskapet 34
- 8.3 Hva med landstrøm også for cruiseskip? 36

#### **9 Referanser 37**

## Sammendrag og konklusjoner

---

Det er utredet miljøeffekter, kostnader og nytte-kostnader for etablering av landstrømanlegg for skip ved landligge i Oslo havn. Utredningen omfatter fire ferger om går i rutetrafikk. Miljø og kostnadsforhold er vurdert i forhold til en situasjon ved bruk av skipsmotorer ved landligge og et drivstoff med <0,1% svovelinnhold, som vil være gjeldende regelverk fra 1. januar 2010.

### Hovedkonklusjon

Landstrøm til 4 ferger i Oslo havn er utvilsomt miljømessig lønnsomt. Tiltaket er også samfunnsøkonomisk lønnsomt. Bedriftsøkonomisk kommer også rederiene ut med et lite overskudd, selv når det tas hensyn til at disse, etter det avgiftsvedtaket som gjelder i dag, må betale avgift på elektrisk kraft.

### Anbefaling

**Ferger 1:** Forhandle og bli enige med fergenes andre anløpshavner om valg av løsning.

**Ferger 2:** Gå videre med å etablere landstrømanlegg for fergene fordi det gir vesentlige miljøgevinster, det er samfunnsøkonomisk lønnsomt og bedriftsøkonomisk i balanse.

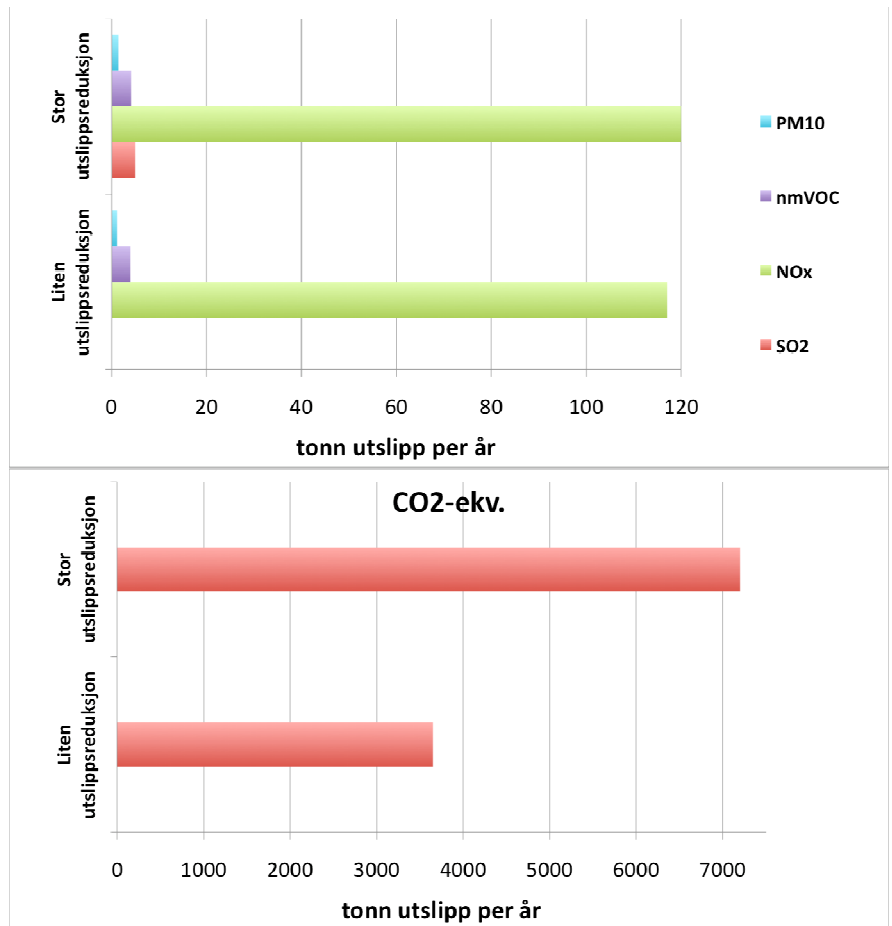
**Cruiseskip:** Avvente internasjonal standardisering av løsninger før man går videre med etablering av landstrømtilknytning for cruiseskip.

**Containerskip:** Gå videre med studier for containerskip. De foreløpige undersøkelser vi har gjort indikerer at en 400 V løsning er mest aktuell for den størrelsen av containerskip som trafikkerer Oslo havn. Løsningen er økonomisk rimelig og praktisk sett enkel å gjennomføre. Miljøgevinster og kostnader bør avklares før endelig beslutning tas.

### Resultater

**Utslippsreduksjonene og miljøgevinstene** ved en landstrømtilkobling for de fire fergene i Oslo havn, to på Vestre Hjørtneskai og to på Vippetangen, er betydelige. Reduksjonen er avhengig av hvilken strømmiks (produksjonssammensetning for elektrisitet) som forutsettes. Det er uenighet i fagmiljøer hvilken strømmiks og utslipp per kWh som bør forutsettes i slike beregninger, og det er ikke noe endelig eller riktig svar på spørsmålet. Det er imidlertid på det rene at produksjon av elektrisitet i Europa medfører CO<sub>2</sub>-utslipp. Til syvende og sist er det et energi- og klimapolitisk spørsmål, men det er foreløpig ikke tatt noe beslutninger om dette i Norge. I vår analysen har vi illustrert hvordan klimagevinsten av Landstrøm vil variere avhengig av produksjonsmåten for elektrisitet. Det er derfor beregnet utslippsreduksjoner både i forhold til en europeisk gjennomsnittsmiks (som gir "Liten utslippsreduksjon") og en norsk strømmiks (som gir "Stor utslippsreduksjon").

Klimagassreduksjonene ved overgang til landstrøm tilsvarer (avhengig av alternativ) det årlige utslipp fra mellom 1.700 og 3.400 diesel personbiler som kjører ca 15.000 km per år og har et forbruk på 0,55 l/mil.

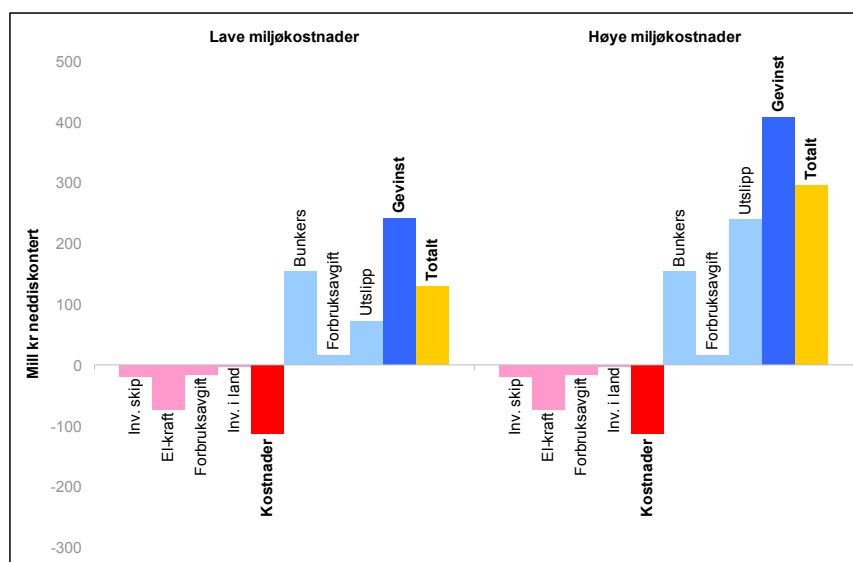


Endring i utslipp til luft fra fire ferger ved kai i Oslo, beregnet per år.

**Nytte-kostnadsberegning indikerer at tiltaket er samfunnsøkonomisk lønnsomt.**

Samfunnsøkonomisk sett vil tiltaket gi et (netto) overskudd på mellom 0,34 kroner og 2,06 kroner per krone brukt til investeringer og løpende kostnader. Nyttens størrelse er særlig avhengig av om miljøforhold verdsettes høyt eller lavt, men også hvilken utslippsreduksjon som kan forventes av tiltaket, dvs. ”Hvilken strømmiks og tilhørende utslipp skal man sammenligne med?”.

Det laveste samfunnsøkonomiske overskuddet (0,34 kroner per krone brukt) får vi når vi regner produksjon av landstrøm som relativt forurensende (europeisk OECD-gjennomsnitt) og samtidig bruker lave kalkulasjonspriser på reduserte utslipp. Det høyeste samfunnsøkonomiske overskuddet (2,06 kroner per krone brukt) får vi når vi regner produksjon av landstrøm som svært lite forurensende (norsk gjennomsnitt) og samtidig bruker høye kalkulasjonspriser på reduserte utslipp.



Gevinster og kostnader ved overgang til landstrøm for to alternative utslippsreduksjoner og miljøkostnader.

**Tiltaket går i bedriftsøkonomisk balanse.** Disse beregningene er avhengig av hvordan en del faktorer vurderes, bla avgifter på bunkers og elektrisitet, avskrivningstid og miljøgevinster. Med de valgte forutsetninger om blant annet prisdifferansene og avskrivningstid, går tiltaket i bedriftsøkonomisk balanse. Ved større prisdifferanser vil tiltaket være bedriftsøkonomisk lønnsomt. Med vesentlig kortere avskrivningstid vil tiltaket ikke være lønnsomt.

**Landstrømanlegg i flere havner,** København, Kiel og Frederikshavn, vil kunne øke lønnsomheten for fergerederiene (bedriftsøkonomisk) og også øke den samfunnsøkonomiske lønnsomheten.

## Summary

---

Environmental effects, costs and cost-benefit ratios associated with shore-side electricity in the port of Oslo are investigated in this report. The four ferries covered by the study regularly call at ports in Germany and Denmark. Comparisons are made in contrast to a situation where ship engines are used for producing electricity while berthed, running on fuel with a 0.1% sulphur content, consistent with regulations that will come into effect on the 1st of January, 2010.

### Conclusion

The use of shore side electricity will without doubt have positive effects on the environment. Such a project will also be economically profitable to the society. It will most likely result in a small profit to the shipping companies, even with the existing excise duty on electricity.

### Recommendations

**Ferries 1:** Negotiate an agreement with the other ports of call on a common concept for shore side electricity.

**Ferries 2:** Proceed with establishing a shore side electricity installation justified by its considerable and positive environmental effects, profit to the society and absence of economic loss to the shipping companies.

**Cruise vessels:** Wait for international standardisation for shore side electricity installations before extending this to cruise vessels.

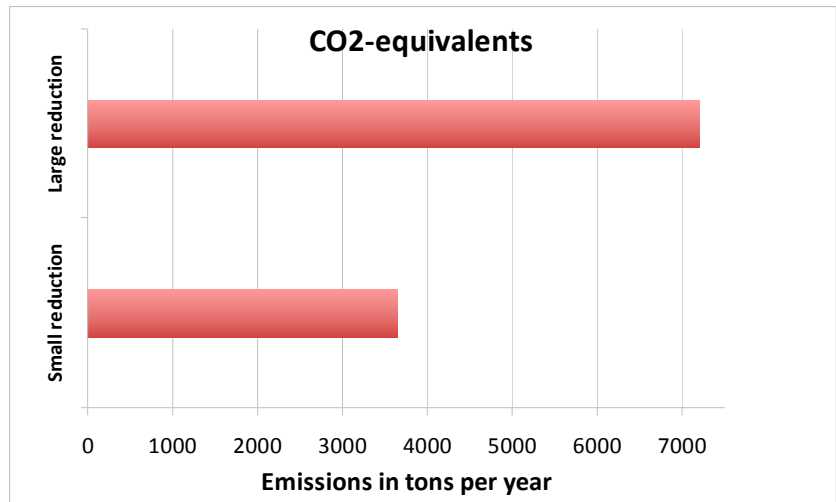
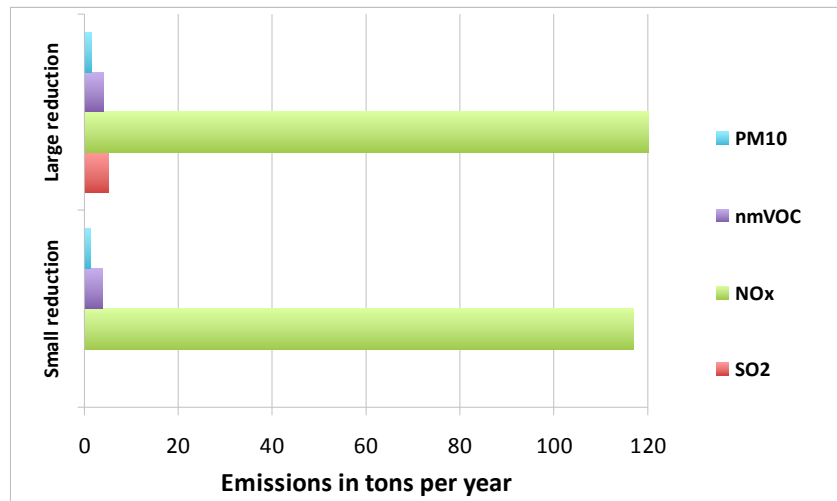
**Container vessels:** Carry on with studies of shore side electricity for container vessels. Preliminary investigations indicate that a 400V installation is probably best for the vessel size that calls at Oslo. This is economically advantageous, and relatively easy to implement. Environmental effects and costs should be studied further before a final decision is made.

### Results

**The reduction in emissions and the environmental gains** resulting from using shore side electricity aboard the four ferries calling at Oslo are considerable. The calculated reductions in emissions depend on the assumptions made about the technological mix of stationary hydroelectrical and fossil fuelled power plants. The research communities disagree on how this should be treated in calculations and consequently on how high the emissions per kWh electricity should be set. In this study we have illustrated how the environmental gain from shore side electricity varies with different assumptions about the production technology. Reductions in emissions are calculated both for a European average technological mix ("Small reduction in emissions") and a Norwegian technological mix ("Large reduction in emissions").

The calculated reduction in greenhouse gases corresponds to the annual emissions from between 1.700 and 3.400 private cars, assuming these run

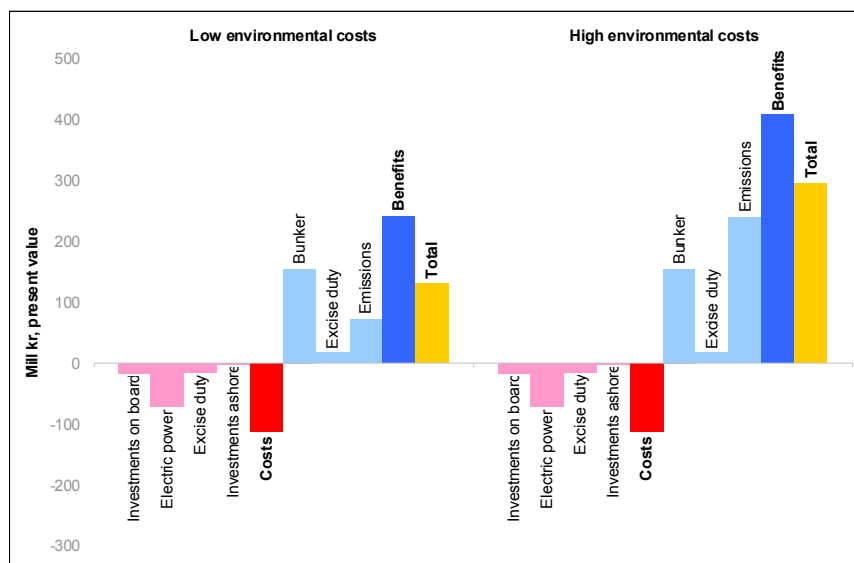
on diesel oil, on average running 15.000 km a year with a fuel consumption of 5.5 litres per 100 km.



Calculated reduction in emissions from four ferries berthed in Oslo harbour, per year.

**Calculations indicate that the project is profitable to the society.** The project will result in a (net) profit to society in the range 0.34 to 2.06 Norwegian crowns for every crown spent on investments and running costs. The magnitude of the benefits depends closely on whether we put a low or a high price on environmental effects. It also depends on the assumptions made about the technology that are being used to produce the extra electricity needed.

The project is least profitable to society (0,34 kroner per crown spent) when we regard the production of electricity as being relatively polluting (European OECD-average technological mix) and at the same time put a low price on reduced emissions. It is most profitable (2,06 kroner per crown spent) if we regard the production of electricity as being relatively less polluting (Norwegian average technological mix) and at the same time put a high price on reduced emissions.



Costs and benefits when converting to shore side electricity. Alternative reductions in emissions and environmental costs.

**Benefits balance out costs for the shipping companies.** The calculated costs and benefits to the shipping companies depend mainly on assumptions about tax on bunker oil and excise duty on electricity, as well as depreciation and environmental gains. Given our assumptions of differences in energy prices and depreciation, the project will carry its own costs. With energy prices that to a larger extent favour electricity, shore side electricity should be profitable also for the shipping companies. With considerably higher depreciation rate shore side electricity will be unprofitable.

**Shore side electricity also in other ports,** Copenhagen, Kiel and Frederikshavn, may increase the profits for shipping companies and may also increase profits for society.



# 1 Bakgrunn, formål og avgrensning

---

## 1.1 Bakgrunn

Bakgrunnen for at Oslo Havn KF nå utreder muligheten for å etablere landstrømstilkobling ved noen av våre kaier, er internasjonale så vel som nasjonale og lokale føringer. Skipsfarten har hittil hatt få restriksjoner på utslipp til luft. *Dette er i ferd med å forandres, i takt med at den globale enigheten om behov for tiltak for å begrense klimagassutslipp og klimaendringer øker.*

Luftforurensning fra ferger og cruiseskip som ligger i havn er en av flere utslippskilder som bidrar til dårlig lokal luftkvalitet i deler av Oslo sentrum og en rekke sentrumsnære havner i Europa. Motorer, lessing/lossing av varer og kjøretøy medfører også noe støy og bidrar dermed til støybelastning for de mest nærliggende boligområdene.

Ved kailigge brukes hjelpemotorer om bord blant annet til å produsere strøm for varme, kjøling, ventilasjon, belysning, mv.

Dårlig luftkvalitet som følge av utslipp av partikler, svoveldioksid og nitrogenoksid medfører økt risiko for helseskader (Luftkvalitet i Oslo, 2004; WHO, 2006; EU, 2007; m.fl.). Hjelpemotorene kan også ha et betydelig støynivå, men det er avhengig av graden av støydempning i skipene.

Flere tiltak kan være aktuelle for å redusere miljøbelastningen fra skip i havn. Et av disse er å forsyne skipene med strøm fra det landbaserte elektrisitetsnettet (landstrøm).

Skipsfarten står overfor en innskjerping av EU-regelverket som gjelder luftforurensning (forsuring og lokal luftkvalitet), og i 2010 må alle skip i EUs havner enten bruke drivstoff med maksimum 0,1 % svovelinhold eller koble seg til landstrøm [9]. EU oppfordrer sterkt til å legge til rette for bruk av landstrøm fordi dette også bidrar til å redusere klimagassutslippene.

Det foreligger flere internasjonale studier med beregninger av kostnad og nytteeffekt av landstrømanlegg. Imidlertid er det såvidt store lokale variasjoner i bla. trafikkmønster, type skipstrafikk, kaianlegg, kapasitet i elektrisitetsnettet, mv., at Oslo Havn KF har sett behovet for å en egen utredning av forholdene i Oslo havn.

## 1.2 Formål

Formålet med utredningen er å gi Oslo Havn KF et beslutningsgrunnlag om videre prosjektering og etablering av landstrømanlegg. Utredningen skal gi:

- Et miljøregnskap for utslipp til luft fra ferger som ligger ved kai i Oslo havn.
- En grov oversikt over tekniske løsninger, eventuelle hindringer og praktiske forhold ved etablering av landstrømanlegg.

- En kost-nytte beregning for landstrømanlegg for et utvalg av fergene i Oslo havn.

### **1.3 Avgrensning - to trinn**

Oslo Havn KF har avgrenset utredningen til å omfatte fergetrafikken og det er foretatt beregninger av utslipp til luft, investeringskostnader og driftsbesparelser.

Cruiseskip og containerskip kan også være aktuelle å knytte til landstrømanlegg, men disse skipene er ikke omfattet av beregningene. Det er kun foretatt korte kvalitative vurderinger for denne skipstrafikken.

Arbeidet har vært utført i to faser eller trinn. I trinn 1 ble hovedtrekkene i et opplegg for landstrøm analysert for å gi svar på om det var teknisk-økonomisk grunnlag for å gå videre med et trinn 2; en mer detaljert analyse.

**Trinn 1** omfattet:

- Kartlegging av fergenes effektbehov, maksimalt behov etter rutetid og liggetider (samtidighet og effekttopper).
- Vurdering av begrensninger og muligheter av slik strømleveranse fra land. Dagens kapasitet og de tekniske mulighetene for utvidelse.
- En grov oversikt over kostnader og forurensningseffekter ved landstrømsforsyning sett i forhold til elektrisitetsproduksjon ombord.

**Trinn 2** omfattet:

- Miljøregnskap – luftforurensninger som tonn utslipp og miljøskadeposter
- Kostnadsanalyse - investering og drift både på landsiden og om bord i skipene
- Nytte-kostnadsberegninger

## 2 Dagens situasjon

### 2.1 Luftforurensning fra skip i havn

Det er tidligere foretatt vurderinger og beregninger av utslipp til luft fra skip til/fra og ved landligge Oslo havn (Ecotraffic Norge AS, 1999). Rapporten viser at ferger og cruiseskip står for de største utslippene, og at utslippene er høyere ved landligge enn under seiling. Oslo Havn KF har selv beregnet utslipp fra tre ferger (2006-tall). Disse viste i overkant av 60 tonn NO<sub>x</sub>/år, 20-60 tonn SO<sub>2</sub>/år og ca 8 tonn partikler. Variasjonsbredden i svovelutslippene er avhengig av svovelinnholdet i drivstoffet som benyttes (1 % og 2,7 % S)

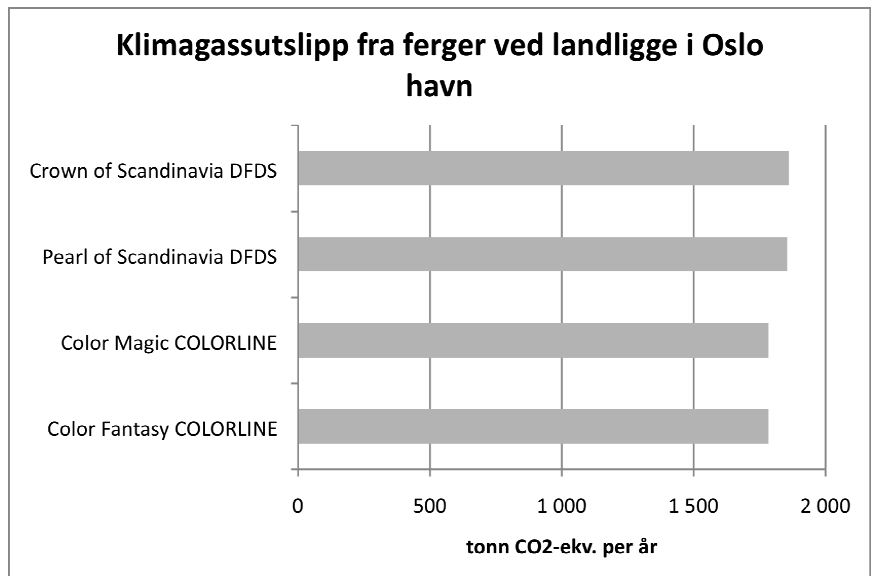
Vi har i den foreliggende analysen konsentrert oss om utslippene fra fire ferger (rutegående) og kun ved landligge. Det betyr at utslipp til inn/utmanøvrering og seiling ikke er inkludert. På grunn av Stena Sagas normalt sett korte liggetid ved kai, samt det forhold at Stena Saga ved lengre landligge ikke er stasjonær, holdes dette skipet utenfor den videre analysen. Rederiene har oppgitt drivstofforbruket per år (tabell 2).

Tabell 1: Dagens drivstofforbruk ved landligge

<b>Drivstofforbruk ved kai i Oslo</b>	
<b>tonn/år</b>	
<b>Colorline</b>	
Color Fantasy	555
Color Magic	555
<b>DFDS</b>	
Pearl of Scandinavia	577
Crown of Scandinavia	579
<b>Stena Line</b>	
Stena Saga	264

Opplysninger fra rederienes (2007) viser at de anvender drivstoff med ulik grad av svovelinnhold, fra lavere enn 1 % til opp til 1,5 %. Vi har i beregningene av utslippsgevinsten i forhold til dagens bruk forutsatt at svovelinnholdet i gjennomsnitt ligger rett under 1 %, noe som er i tråd med samlet utslipp som er rapportert fra rederiene. Andre utslipp er også beregnet på bakgrunn av opplysninger fra rederiene om forbruk av drivstoff og utslippsfaktorer. Faktorene er kontrollert opp mot internasjonal litteratur og vi har supplert utslippsberegningene med HC (nmVOC. nm=non methane) der faktoren er hentet fra Coopert, 2004.

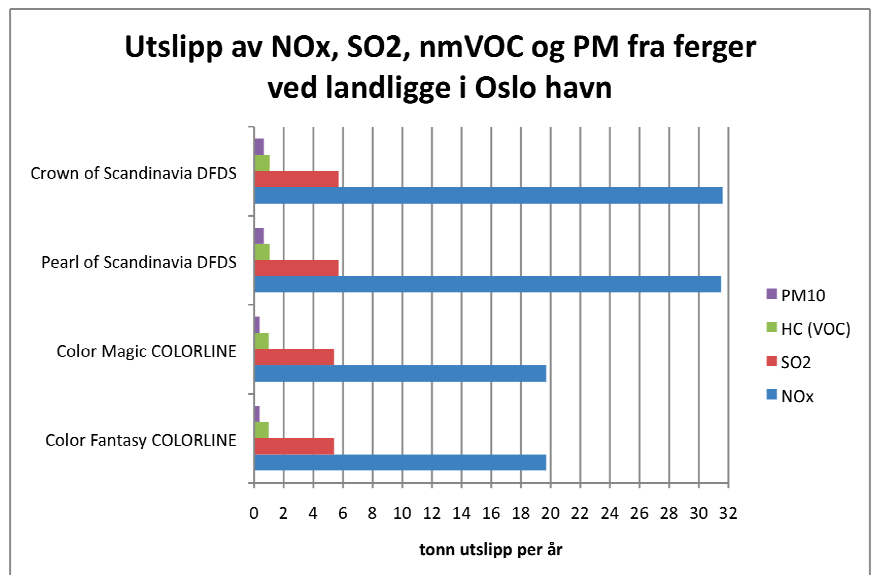
Resultatene viser at det er små forskjeller mellom de fire fergene på årsbasis, selv om de har ulik liggetid. Forskjellene i liggetid utjevnes med høyere eller lavere utslippsfaktorer. Klimagassutslippene summerer seg opp til ca 7.300 tonn CO<sub>2</sub>-ekv. per år, dvs. i underkant av 2.000 tonn per ferge (figur 1).



Figur 1: Klimagassutslipp til luft fra ferger ved kailigge i Oslo havn.

Andre utslipp summerer seg opp til ca 100 tonn NO<sub>x</sub>, 20 tonn SO<sub>2</sub>, 4 tonn nmVOC og 2 tonn PM<sub>10</sub> (figur 2).

Sammenlignet med tidligere beregninger er dette noe høyere NO<sub>x</sub> utslipp, omtrent likt SO<sub>2</sub>-utslipp og lavere PM<sub>10</sub> utslipp. Forskjellen henger sammen med at det i dag anvendes drivstoff med lavere svovelinnhold enn for noen år siden.



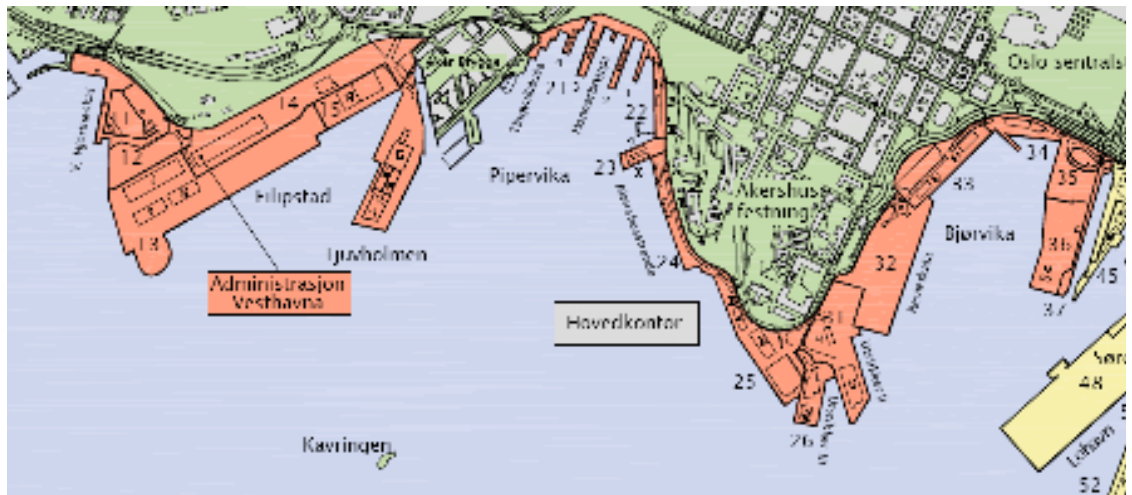
Figur 2: Utslipp til luft fra ferger ved kailigge i Oslo havn.

Spredningsberegninger for lokal luftkvalitet har tidligere vist at skipstrafikken bidrar til befolkningseksposeringen i Oslo sentrum (NILU og Civitas, 2004). Anslagsvis opp mot 10 prosent av konsentrasjonene i

de nærmeste områdene, for eksempel ved Hjortneskaia der utslipp fra veitrafikk er hovedkilden.

## 2.2 Fergetrafikken – anløpstider og landligge

De aktuelle fergene er Color Magic, Color Fantasy, Crow of Scandinavia og Pearl of Scandinavia. De anløper Oslo ved Hjortneskaia og ved Utstikker II ved Vippetangen (figur 3).



Figur 3: Colorline anløper Vestre Hjortneskai. Stena Line og DFDS Seaways anløper Vippetangen Utstikker II.  
Kilde: Oslo havnevesen

Fergene har et gitt anløpsmønster som er en viktig forutsetning for beregningene. Dette er oppsummert i tabell 2. Hovedtrekkene er at Color Fantasy og Color Magic som seiler mellom Oslo og Kiel, har to-døgns rundtur slik at hvert av skipene trafikkerer Oslo havn (Hjortnes) annen hver dag, og ligger da ved kai mellom klokken ti og fjorten. Ukentlig liggetid i Oslo havn er 28 timer for de to skipene samlet.

Pearl of Scandinavia og Crown of Scandinavia som seiler mellom Oslo og København, har også to-døgns rundtur. Hvert av skipene trafikkerer Oslo havn (Utstikker II) annenhver dag og ligger da ved kai mellom klokken halv ti og klokken sytten. Med unntak av en to-ukers periode i januar/februar da skipene normalt er i dokk, er daglig liggetid 7,5 timer.

Stena Line seiler Stena Saga mellom Oslo og Frederikshavn. Skipet ligger én time ved kai i Oslo daglig unntatt i perioden fra slutten av august til medio juni. I denne perioden er liggetid ved kai *på tirsdager* om lag åtte timer, de øvrige dagene én time.

Tabell 2: Liggetid ved kai etter rederi og skip. Mørk grå felt viser tider liggetid ved kai. Lys grå felt viser at et annet skip har samme liggetid, men på andre dager (henholdsvis Color Fantasy/Color Magic, og Pearl of Scandinavia/Crown of Scandinavia), eller at liggetiden varierer noe over året eller uka (Stena Saga).

		Time fra klokkeslett																							
		00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
<b>Colorline</b>																									
Color Fantasy																									
Color Magic																									
<b>DFDS</b>																									
Pearl of Scandinavia																									
Crown of Scandinavia																									
<b>Stena Line</b>																									
Stena Saga																									

### 3 Internasjonal lovgiving

---

Svovelinholdet i marine drivstoff er i dag regulert gjennom Rådskonklusjon 1999/32/EF (svoveldirektivet) [9]. Dette direktivet setter blant annet grense for innhold av svovel for marine gassoljer som benyttes av skip innenfor EUs territorialgrenser. Kommisjonen la 20.11.2002 fram en strategi for å redusere utslipp til luft fra skip, og dermed skipsfartens bidrag til virkninger på helse og miljø. Direktivet ble vedtatt 6.7.2005. Det omfatter endringer av enkelte av bestemmelsene i Rådskonklusjon 1999/32/EF, og inkludering av nye bestemmelser for innhold av svovel i marine tungoljer, som betyr en vesentlig skjerpelse av gjeldende bestemmelser.

Av særlig relevans for denne utredningen er at direktivet forbyr bruk av alt marint drivstoff med et svovelinhold høyere enn 0,1 prosent fra 1.1.2010, som benyttes av skip mens de ligger til kai i havner innenfor EU-området. Eventuell nødvendig overgang til svovelfattig drivstoff må skje fortst mulig etter havneanløp og overgangen tilbake senest mulig før avgang.

Fra forbudet gjøres unntak blant annet for:

- Fartøy som er i regulær trafikk og oppholder seg ved kaien mindre enn 2 timer.
- Fartøy som stanser alle maskiner og bruker elektrisitet fra land mens de ligger ved kai.

Direktivet åpner for forsøk med, og bruk av rensing av avgasser. Det forutsettes at dette omsøkes, at utslippene til luft av svovelforbindelser blir minst like lave som ville ha vært tilfelle ved å anvende de drivstofftyper som er påkrevd for det aktuelle området og at dette dokumenteres.

## 4 Landstrømanlegg - internasjonale erfaringer og problemstillinger

---

Følgende landstrøminstallasjoner er kjent fra litteraturen, se referansene [1], [4] og [11]:

- Gøteborg, 1989: Fergene Stena Germanica og Stena Scandinavica.
- Pittsburg, California: 4 tørrlasteskip.
- Gøteborg, 2003: 4 ro- ro-skip.
- Stockholm, 1985: mindre båter i trafikk i havnen, 2006: ferge i Østersjøtrafikk.
- Juneau, Alaska, 2002: 5 cruiseskip
- Los Angeles og Long Beach. Arbeid pågår: Store containerskip

Ingen av de aktuelle skipene i disse havnene har foreløpig landstrømforsyning i mer enn én havn. Flere andre havner arbeider med planer for landstrømforsyning, deriblant Bergen.

Det pågår et internasjonalt standardiseringsarbeid i regi av ISO (WG TC 8/SC 3 - ISO/WD 29501 Ships and marine technology - On shore Power supply, "Cold Ironing") hvor IEC spiller en avgjørende rolle. Arbeidet er ikke kommet så langt at man kan bygge direkte på dette når det gjelder valg av tekniske løsninger.

De fleste skip har 400/ 230 V nett ombord. Spenning i overføringskabler på land er på mellom 6 og 20 kV. Spenningen som leveres fra de aktuelle nettstasjonene i Oslo er 12 kV.

Det er nødvendig å transformere landstrøm til en spenning som skipene kan bruke. Dette kan gjøres på to alternative måter:

- Høyspent forsyning fra land med nedtransformering til 400 V (eller annen spenning) om bord.
- Nedtransformering på land og lavspenning kabelforbindelse til skipet. For alt annet enn mindre båter bør dette gjøres ved kaikant for å unngå for stort spenningsfall.

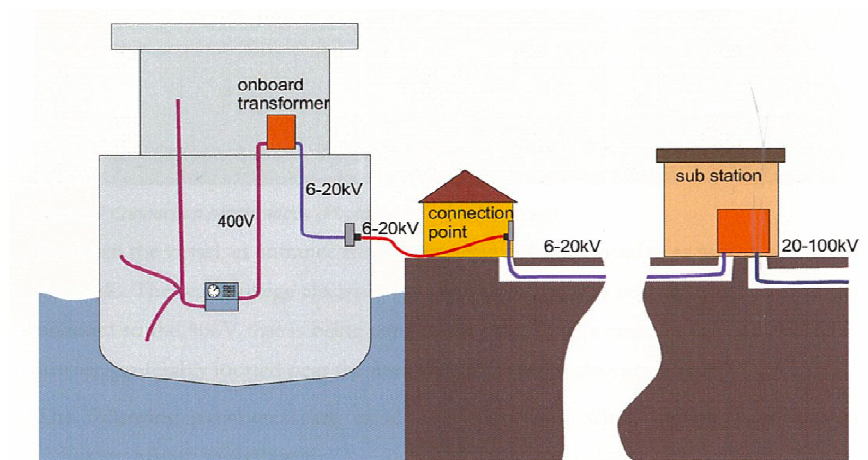
Av de eksisterende installasjonene nevnt foran er det bare Stena Germanica og Stena Scandinavica i Gøteborg havn samt mindre båter i trafikk i Stockholm havn, som har 400 V forsyning. De to fergene i Gøteborg er på om lag 38.000 bruttotonn hver.

En løsning med lavspenning forsyning medfører at man må ha flere kabler for overføring av energi til skipet. Forholdet mellom høyspent, f.eks. 12.000 V (12 kV) og lavspenning, 400 V, kabler er ca 1:20 (i samlet tverrsnitt). Lavspenning kabel vil som regel ha noe større tverrsnitt per kabel enn høyspent. Det betyr at én 12 kV kabel må erstattes med 7 til 15 stk. 400 V kabel, avhengig av effektbehovet.



I alle de øvrige installasjonene nevnt foran føres energien om bord med høyspenningskabler. Nedtransformering av spenningen skjer om bord i skipet. Det er de mange og tunge 400 V-kablene som er den viktigste grunnen til at en slik høyspentløsning er valgt. *Det ser ut til å være bred enighet om at høyspenning er den beste løsning for fremtiden unntatt for skip med lite effektbehov.*

Et høyspent forsyningssystem er illustrert i figur 4. For Oslo havn vil ”sub station” i figur 4 tilsvare kaiens nærmeste nettstasjon. For Vippetangen er for eksempel dette Pipervika nettstasjon. Fra nettstasjonen går høyspentkabler til den aktuelle kaien hvor ”connection point” vil være en koblingskiosk med bryter og kontakter for tilkobling av kabel om bord i skipet. For kabelføring om bord kan det være praktisk med en separat løfteanordning som for eksempel kan være en kran med kabeltrommel. Kabelen kan kobles til vegguttak i kiosken.



Figur 4: Generell design av et høyspent landstrømanlegg [1].

**Spenning** Ved høyspent forsyning til skipene er det billigst og best å bruke byens eller havnens høyspente fordelingsspenning direkte. Et hovedproblem når det gjelder internasjonal standardisering og kostnadene ved landstrømforsyning er at fordelingsspenningen i de forskjellige byene og havnene varierer. Som nevnt foran har byenes høyspente fordelingsnett stort sett en spenning på mellom 6 og 20 kV. Oslo har 12 kV fordelingsnett. Et skip som skal kobles til landstrøm i flere havner risikerer altså at det leveres forskjellig spenning i de ulike havnene hvilket fordyrer landstrømanleggene.

Problemet med forskjellige spenninger kan prinsipielt sett løses på to måter. Enten må skipene ha en transformator om bord som kan ta i mot flere nettspenninger, eller spenningen må transformeres til en standardisert høyspenning i havnene. Det siste alternativet er avhengig av en internasjonal standardspenning, noe som ennå ikke er bestemt..

Grovt sett kan man si at en transformator blir en halv gang dyrere dersom den skal kunne ta imot to, tre ulike spenninger. Dersom man må ha én transformator på land og én ombord dobles selvfølgelig

transformatorkostnaden. Man kunne teoretisk sett også løse standardiseringsproblemet ved alltid å bruke 400 V, men får da problemet med å håndtere mange og tunge kabler, særlig for de større skipene.

**Frekvens** Vekselstrømmen i Europa har en frekvens på 50 Hz. I USA benyttes 60 Hz.

De fleste skip som kun trafikkerer havner i Europa har 50 Hz, mens mange skip som går i internasjonal fart har 60 Hz. Således har fergene som går i fast rute til Oslo 50 Hz, mens mange av cruiseskipene som anløper mer sporadisk har 60 Hz. Landstrømforsyning til skip med 60 Hz forutsetter en frekvensomformer. Dette fordyrer landstrømforsyningen vesentlig.

## 5 Elektrisitetsbehov og -produksjon ved landligge i Oslo havn

### 5.1 Elektrisitetsbehov

Skipene har behov for elektrisitet til å drifte ventilasjon, varme, lys, mm. ved landligge. Skipsmotorene har en typisk virkningsgrad på 35% i forhold til innfyrt drivstoff (teoretisk energiinnhold). Drivstofforbruk (tonn), effektbehov(kW) og energibruk(kWh) er oppgitt fra rederiene (tabell 3).

Tabell 3: Energibruk ved landligge i Oslo, pr år.

	Drivstofforbruk ved kai i Oslo tonn/år	Effektbelastning kW	Energibruk ved kai i Oslo kWh/år
<b>Color Line</b>			
Color Fantasy	555	3 525	2 467 156
Color Magic	555	3 525	2 467 156
<b>DFDS</b>			
Pearl of Scandinavia	577	1 998	2 622 441
Crown of Scandinavia	579	2 004	2 630 381
<b>Stena Line</b>			
Stena Saga	264	2 200	1 210 323

Samtidighet i effektbehov er en vesentlig parameter ved dimensjonering av et eventuelt landstrøm anlegg.

Color Line sine skip kjører tre generatorer/hjelpemotorer når skipene ligger ved kai. Typisk effektbehov er da 1.175 kW fordelt likt på hver motor som gir et samlet effektbehov på 3.525 kW.

Det benyttes i dag bunkers med mindre enn én prosent svovel i Oslo havn (frivillig avtale mellom rederiene og Oslo havn). I tillegg benyttes en fyrkjel som har en maksimal ytelse på 5.300 kW, og som gir et maksimalt forbruk på cirka 2 m<sup>3</sup> drivstoff i løpet av fire timer ved kai ved full operasjon.

Strømmen om bord genereres av hjelpemotorer ved 690 V med frekvens 50 Hz. Dette transformeres ned til 400/ 230 V.

DFDS sine skip kjører ved kai to motorer med jevn fordeling av lasten mellom disse. Gjennomsnittsbetlastning ved kai er 1.900 kW. Det benyttes bunkers med 1,5 prosent svovel (her er det avvik mellom oppgitt svovelinnhold, 1,5 prosent, og oppgitt totalt utslipp som tilsvarer ca 1 prosent) . I tillegg benyttes en fyrkjel med ytelse henholdsvis 2 MW ved kai om sommeren, og 4 MW ved kai om vinteren. Dette gir et forbruk på cirka 1,5 m<sup>3</sup> drivstoff per 7,5 timers landligge om sommeren, og 3 m<sup>3</sup> drivstoff om vinteren.

Spenningsnivå ombord er 380/ 220 V, med frekvens 50 Hz.

Stena Saga har tre hjelpemotorer for kraftgenerering av typen Wärtsilä Vase 6R32. Hver av disse har en maksimal effekt på 2.250 kW. Det kjøres alltid to motorer når skipet ligger i havn. Typisk effektbehov ved

kai er 1.750 kW fordelt med henholdsvis 40 og 60 prosent på hver av de to motorene som er i drift. Sommerstid, det vil si i perioden juni – august, benyttes luftkondisjoneringsanlegget som øker samlet effektbehov til om lag 2.200 kW. Det benyttes bunkers med mindre enn 1 prosent svovel. I tillegg benyttes ved kai en fyrkjel som har et forbruk på henholdsvis 1 m<sup>3</sup> drivstoff om sommeren og 3 m<sup>3</sup> om vinteren.

Spenningsnivå/frekvens ombord er 380/230 V, med frekvens 50 Hz.

På grunn av Stena Sagas normalt sett korte liggetid ved kai, samt det forhold at Stena Saga ved lengre landligge ikke er stasjonær (veksler mellom minst to kaiplasser), holdes dette skipet utenfor den videre analysen.

## **5.2 Landstrømløsning i Oslo havn– beskrivelse og forutsetninger for videre beregninger**

**For DFDS** sine ferger, som anløper Vippetangen utstikker II, baserer vi de økonomiske beregningene på følgende forsyningssystem:

- Strømforsyning fra Pipervika nettstasjon. Stasjonen har tilstrekkelig kapasitet, men må få et nytt bryterfelt.
- 1.040 meter ny 12 kV kabel lagt i ny grøft i gateløp.
- Kiosk med bryterutstyr ved kaikant.
- 12 kV overføringskabel til skip.
- 12 kV/400 V transformator installert på to skip.
- Tilkoblings- og synkroniseringsutstyr på to skip.
- Gjennomsnittlig effektbehov 2.000 kW.

Vi har ikke regnet spesielt på et lavspent, 400 V forsyningssystem. I et slikt system må transformatoren plasseres på land, den har lengre levetid og dessuten være felles for de to skipene. Overføringskablene til skipet blir ca 12 stk. og vesentlig dyrere.

Vi har ikke sett et landstrømanlegg i Oslo i sammenheng med et tilsvarende anlegg i havnene i den andre enden av fergenes linjer – København, Frederikshavn eller Kiel. Dette bør vurderes, og det er en anbefaling at det oppnås en enighet med fergenes andre anløpshavner om hvilket om system for landstrøm som skal velges.

**For Color Line** sine ferger, som anløper Vestre Hjortneskai, baserer vi oss på et nesten identisk forsyningssystem, med følgende unntak:

- Forsyning fra Solli nettstasjon. Stasjonen vil få tilstrekkelig kapasitet, men må få et nytt bryterfelt.
- 900 meter ny 12 kV kabel lagt i ny grøft i gateløp.
- 12 kV/690 V transformator installert på to skip. Skipene produserer i dag strøm ved 690 V som nedtransformeres til 400/230 V.
- Tilkoblings- og synkroniseringsutstyr på to skip.
- Gjennomsnittlig effektbehov 3.525 kW.

**Cruiseskipenes** effektbehov vil variere med størrelse. Behovet kan komme opp i 8.000 kW per skip. Her vil en vesentlig andel av skipene ha behov for 60 Hz forsyning. Når det er flere enn ett skip inne brukes det også andre kaiplasser enn Akershuskaia, hvilket medfører flere forsyningskabler og kaikantinstallasjoner. Pipervika nettstasjon kan antagelig forsyne ett cruiseskip i tillegg til DFDS uten utvidelser. Flere cruisskip samtidig vil kreve kapasitetsutvidelser.

**Containerskipene** som anløper Oslo er relativt små og antas å ha et så lavt effektbehov at man bør bruke 400 V landstrømforsyning. I forbindelse med kaiutbygging på Kneppeskjær og ny containerterminal på Sjursøya er det tilrettelagt med trekkerør/grøft ut til kaikant for en fremtidig etablering av landstrømforbindelse.

## 6 Utslippsendringer

### 6.1 Utslipp fra elektrisitet produsert ved hjelpmotorer om bord

Utslipp til luft fra produksjon av elektrisk kraft ved hjelpmotorer, forbrenning av fossilt drivstoff, om bord avhenger i første rekke av hvor mye drivstoff (bunkers) som forbrukes, kvaliteten på drivstoffet, motorteknologi og eventuelt rensutstyr på avgassene.

I beregningene er energibehovet, effektbehovet og drivstofforbruket i fergene holdt uendret i forhold til det som er rapportert som dagens forbruk, osv.. Bunkersforbruket ved kai for hver ferge er oppgitt i tabell 1 og er samlet ca 2.530 tonn per år.

Fra og med 1. januar 2010 må alle fergene som i dag anløper Oslo havn benytte bunkers med maksimum 0,1 prosent svovelinnhold ved landligge. Utsliffsforskjellene mellom dagens situasjon og bruk av bunkers med 0,1 prosents svovelinnhold, er vist i tabell 4.

Tabell 4: Utslipp\* ved dagens svovelinnhold og svovelinnhold etter 2010.

	CO2-ekv.	NOx	SO2	HC (VOC)	PM10
	tonn utslipp per år				
Dagens situasjon: S<1%	7 283	102	22	4,1	2,1
2010-situasjon: S<0,1%	7 283	120	4,7	4,1	1,5

\* ekskl. Stena Saga

Utslippene beregnet med det framtidige krav til svovelinnhold (<0,1 % S) er grunnlaget for de samfunnsøkonomiske betraktningene av nyttevirkningene av landstrømtiltaket.

### 6.2 Utsliffsreduksjon ved overgang til landstrøm

**Produksjon av elektrisk kraft fra stasjonære anlegg på land,** landstrømmen, skjer med bruk av ulike teknologier. De forskjellige teknologiene medfører i forskjellig grad utslipp til luft. Produksjon av elektrisk kraft fra hydroelektriske anlegg (vannkraftverk) er fri for utslipp hvis vi ser bort fra utslipp ved bygging av selve produksjonsanlegget. Produksjon av elektrisk kraft fra stasjonære kullfyrte kraftverk har på den annen side utslipp som er nesten like store som når skipene produserer kraften selv. Hva slags anlegg som produserer landstrømmen som leveres til skipene er dermed en viktig forutsetning i miljøregnskapet.

Utslippene fra kraftproduksjonen, enten denne skjer om bord eller på land, dreier seg ikke bare om utslippsmengder, men også om utslippenes lokalisering. Klimagassutslippene har globale virkninger og hvor utslippet finner sted spiller da mindre rolle. Andre utslipp forårsaker en lokal forurensing, og utslippskildens lokalisering har stor betydning. Selv om utslippsmengdene eventuelt ikke skulle endre seg gjennom et tiltak som landstrøm til skip, kan derfor flytting av utslippskilden bort fra en

havn som gjerne ligger i tett befolkede områder være viktig. Vi har i våre beregninger ikke tatt hensyn til effekten av flytting av utslippene, men regnet samme miljøkostnad for utslippene som gir lokale forurensningsbelastninger (som utslipp i Oslo). Det medfører en overestimert av virkningene av kraftproduksjonen på land, og dermed en underestimert av miljøgevinsten.

Selv om produksjon av elektrisk kraft i Norge nesten utelukkende skjer på hydroelektriske anlegg betyr ikke dette at forbruk av elektrisk kraft i Norge er utslippsfri. Det norske elektrisitetsnettet er knyttet til nabolandene gjennom flere overføringskabler, og det er hele tiden en kraftutveksling mellom landene. I 2005 var Norge således nettoeksportør av elektrisk kraft, mens vi året etter importerte mer kraft enn vi eksporterte.

Det er uenighet i fagmiljøet med hensyn til hvilke utslipp det er korrekt å regne med ved forbruk av elektrisk kraft. Vi har derfor i våre beregninger benyttet både et høyt utslipp og et lavt utslipp ved elektrisitetsproduksjon på land. Dette innebærer at vi får ett beregningsalternativ som er basert på gjennomsnittlig utslipp fra stasjonære kraftverk i de europeiske OECD-landene, og ett alternativ som er basert på gjennomsnittlige utslipp fra produksjon av kraft i Norge (tabell 5). Sammenlignet med produksjon ved bruk av hjelpemotorer om bord i skip (tabell 4) er utslippene uansett alternativ for landstrømproduksjon, vesentlig lavere.

Tabell 5: Utslipp ved ulike elektrisitetsmikser – produksjon ved landbaserte kraftverk.

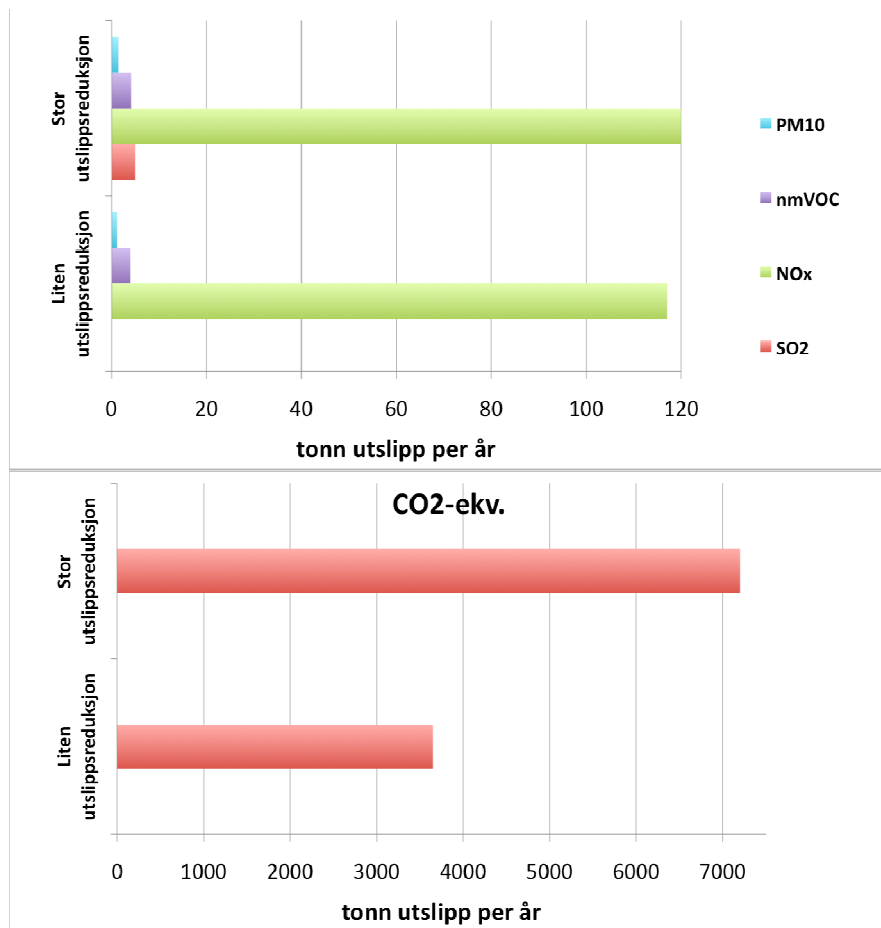
<b>Utslipp</b>	<b>CO<sub>2</sub>-ekv.</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>HC (VOC)</b>	<b>PM<sub>10</sub></b>
<b>Elektrisitetsproduksjon på land</b>					
	<b>tonn utslipp per år</b>				
OECD-Europa miks	3 637	3,6	4,7	0,20	0,31
Nordisk miks	2 150	2,1	2,8	0,12	0,18
Norsk miks	47	0,03	0,04	0,00	0,00

**Utslppsreduksjoner ved overgang til landstrøm** ved ulike produksjonssammensetninger for landstrøm er vist i tabell 6 og figur 5.

Klimagassreduksjonene ved overgang til landstrøm tilsvarende (avhengig av alternativ) det årlige utslipp fra mellom 1.700 og 3.400 diesel personbiler som kjører ca 15.000 km per år og har et forbruk på 0,55 l/mil.

Tabell 6: Endring i utslipp til luft fra fire ferger ved kai i Oslo, beregnet per år.

<b>Utslppsreduksjon ved bruk av landstrøm sammenlignet med elproduksjon fra skipsmotor med &lt;0,1% S</b>	<b>CO<sub>2</sub>-ekv.</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>HC (VOC)</b>	<b>PM<sub>10</sub></b>
<b>Landstrøm basert på:</b>					
	<b>tonn utslipp per år</b>				
OECD-Europa miks	3 646	117	-	3,9	1,2
Nordisk miks	5 134	118	1,9	4,0	1,3
Norsk miks	7 236	120	4,7	4,1	1,5



Figur 5: Endring i utslipp til luft fra fire ferger ved kai i Oslo, beregnet per år.



## 7 Forutsetninger for de økonomiske beregningene

---

### 7.1 Den geografiske avgrensingen av tiltaket

Landstrøminstallasjoner om bord vil også kunne nyttiggjøres i andre havner enn i Oslo. Et landstrømtiltak som omfatter flere havner som de samme skipene anløper vil medføre installasjonskostnader i alle havnene, men redusert forurensing i de samme havnene og at skipenes installasjoner kan nyttiggjøres i flere havner.

I forhold til en økonomisk analyse av et landstrømtiltak som omfatter flere havner knyttet sammen ved at de anløpes av de samme skipene, er det grunn til å tro at en analyse som omfatter kun en havn vil resultere i en noe lavere lønnsomhet. Dette skyldes at man i et slikt prosjekt ikke drar nytte av stordriftsfordeler: Deler av investeringene som uansett må gjøres på skipene kan utnyttes i flere havner, uten at kostnadene ville øke tilsvarende.

I tillegg er det også grunn til å tro at en avgrensing av prosjektet til kun én havn, vil få et landstrømanlegg hvor mest mulig av de nødvendige investeringene ligger på landsiden til å fremstå som forholdsmessig mer lønnsomt enn et anlegg hvor en større del av investeringene er om bord. Årsaken til dette er at investeringer om bord er dyrere enn investeringer i land.

Valg av geografisk avgrensing vil altså kunne påvirke både prosjektets samfunnsøkonomiske lønnsomhet, og en eventuell prioritering mellom ulike tekniske løsninger.

I denne utredningen har det vært et premiss at tiltaket kun omfatter Oslo havn.

### 7.2 Investeringer og forbruk ombord

Vi understreker at det er stor usikkerhet knyttet til tallene nedenfor, tabell 7. I kildematerialet er det tildels store avvik i kostnadsanslagene. Dette skyldes nok særlig at de tekniske forutsetningene kan være ganske forskjellige med nok også at prisene på utstyr og arbeid kan variere en god del mellom landene.

Kostnadsoverslagene i tabell 4 er basert på opplysninger i [2], [4], [5], [6] og [7]. Der kostnader har vært oppgitt i Euro er det benyttet en vekslingskurs på 8 NOK/Euro.

Tabell 7: Anslag på investeringskostnader om bord og i land.

	Investeringer, millioner kroner		
	Vippetangen utstikker II (2 skip)	Vestre Hjortneskai (2 skip)	Ref.
<b>Anlegg på land</b>			
Hafslunds understasjon, nytt bryterfelt	0,5	0,5	[7]
Kabel fra understasjon til kai	(1.040 m) 0,5	(900 m) 0,5	[5], [6]
Koblingskiosk på kai, med bryter	0,7	0,7	[5]
Kabel til skip, med løfteanordning	0,2	0,2	[5]
Sum landanlegg	1,9	1,9	
<b>Anlegg om bord</b>			
Transformator for én spenning, pr skip	0,5	0,6	[4], [5]
Utstyr og montasje på skip, pr skip	2,4	2,6	[4], [5]
Sum pr skip	2,9	3,2	
<b>Sum om bord for 2 skip</b>	<b>5,8</b>	<b>6,4</b>	
<b>Kostnader i alt</b>	<b>7,7</b>	<b>8,3</b>	

**Investeringskostnader ombord** er knyttet til ombygging, tilkoblingsutstyr, kabling og installasjon av transformator og kontakt for landstrømkabel. Entec [4] oppgir en kostnad på 1,3 millioner kroner (2005) for ettermontering av transformator i et ”middels” stort skip. Det oppgis i rapporten ikke hvor stort et ”middels” stort skip er. (Et lite skip har en tilsvarende kostnad på 0,9 millioner kroner, mens et stort skip har en kostnad på 2,3 millioner kroner). Dette bidrar til usikkerhet i beregningene.

Investeringens levetid settes til 13 år for skipsutstyr, også hentet fra Entec [4]. Transformatorer montert på skip har en levetid på 13 år, mens kablingen har en lengre levetid. Vi gjentar likevel investeringen hvert 13. år, og overdriver dermed antagelig kapitalkostnaden. For landanlegg regnes 40 års levetid.

**Økte vedlikeholdskostnader og drift av** ettermontert landstrømanlegg ombord ser vi bort fra. Det er av ett rederi anslått at denne kostnaden er mindre enn 1 prosent av investeringene, dvs. < 0,2 mill. kr i året, og vi gjør ingen stor feil ved å utelate denne. Denne posten har også sin motpost i redusert vedlikeholdsbehov av hjelpemotorer

**Reduserte kostnader** som følge redusert vedlikeholdsbehov av hjelpemotorer fordi driftstiden for disse blir betydelig redusert, er ikke beregnet eller inkludert. Det er antydning at denne vil være relativt liten/neglisjerbar sammenlignet med investeringene (< 1 %). Vi ser bort fra denne gevinsten i beregningen.

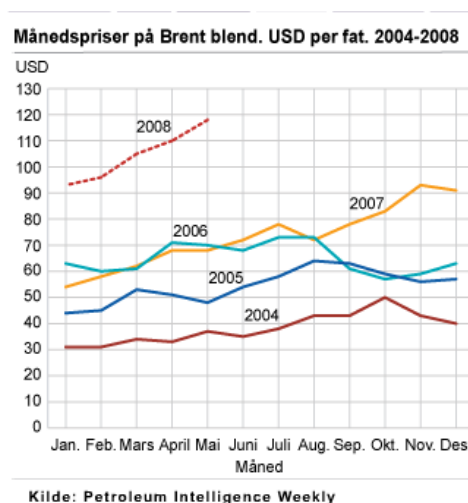
**Eventuelle reduserte inntekter** av fergedriften som følge av at landstrømanlegget tar opp plass og øker vekten ser vi bort fra. Ett rederi har oppgitt at det vil være nødvendig å fjerne to lugarer pr skip. Verdien

av dette er ikke tallfestet, og det er ikke oppgitt hvilke forutsetninger dette bygger på.

**Verdien av redusert forbruk av bunkers** ved kai er beregnet for hvert skip basert på forbruket i tabell 1 foran. I 2010 må alle skip i EUs havner begrense seg til å bruke drivstoff med maksimum 0,1% svovelinnhold, eller koble seg til landstrøm (EU-direktiv 2005/33/EC). Det er forutsatt at bunkers av en slik kvalitet vil være i bruk på fergene. Prisen på denne er for nyttekostnadsberegningen satt til 800 US dollar per tonn (BunkerWorld.com), med vekslingskurs 6 kroner per US dollar.

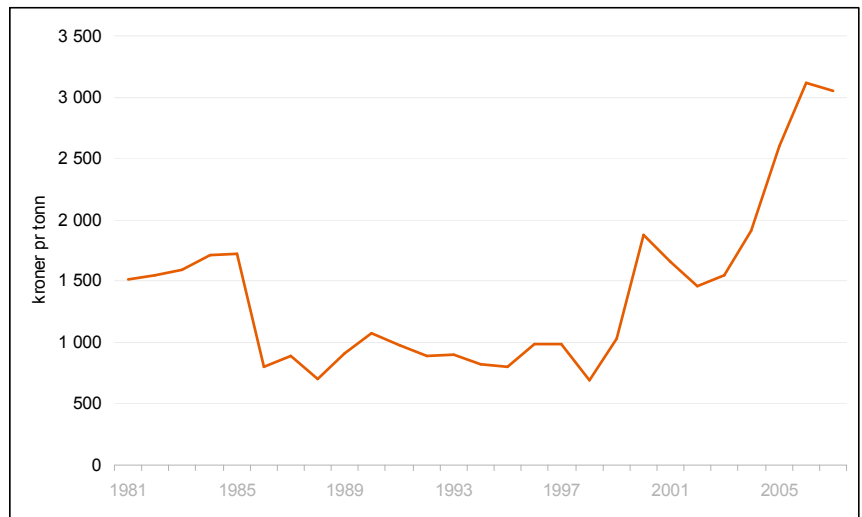
Dette er betydelig over dagens bunkerspriser. Over tid har prisvariasjonen på olje vært stor. Flere forhold peker imidlertid mot at anslaget kan være realistisk på lang sikt.

Figur 6 under viser månedsvise gjennomsnittspriser for oljekvaliteten brent blend, fra 2004 til mai 2008. Variasjonene er store og prisleiet er stigende over tid.



Figur 6: Gjennomsnittlige (løpende) priser for Brent blend oljekvalitet. Kilde: SSB.

Figur 7 under viser årlige gjennomsnittspriser for eksport av norskprodusert råolje og naturgass fra 1981 til 2007. Variasjonen er stor, og prisleiet har økt betydelig fra perioden 1987 – 1998 og til de siste årene.



Figur 7: Gjennomsnittlige (løpende) priser for eksport av norskprodusert råolje og naturgass. 1981-2007 (gjennomsnitt for 1. – 3. kvartal i 2007). Kilde: SSB.

Det internasjonale energibyrået (IEA) skriver i følge BBC i sin World Energy Outlook 2008 at *”the era of cheap oil is over and prices could soon be back up to \$100 a barrel. ... prices could soar as high as \$200 a barrel by 2030. ...The immediate risk to supply, it says, is not one of a lack of global resources. Instead, it points to a lack of investment where it is needed. ...The world, the report's authors conclude, is not running out of oil just yet - indeed, there is enough of it to supply the world for more than 40 years at current rates of consumption.”*

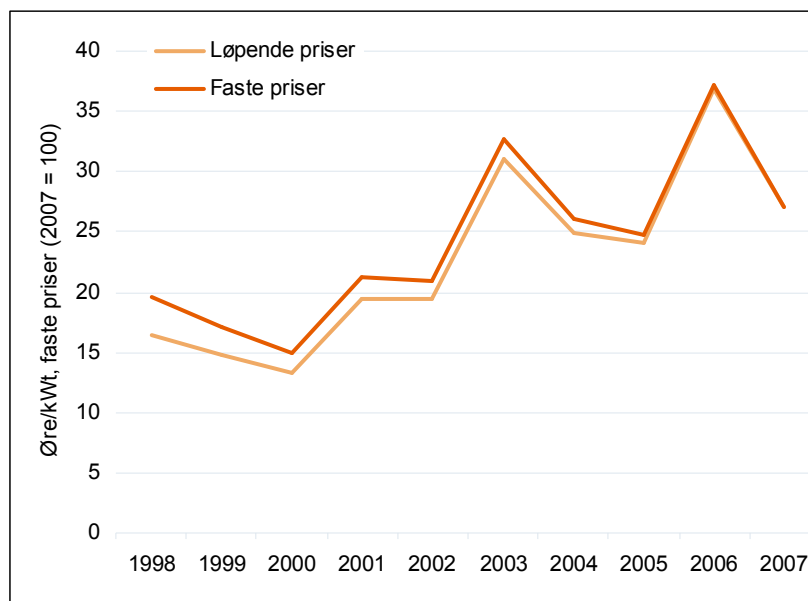
I tillegg antas kostnader ved fjerning og ”avhending” av svovel å øke når kravet til svovelfattig bunkers strammes inn.

**Forbruk av strøm levert fra land** er også beregnet for hvert skip.

**Energiprisen** er i nyttekostnadsberegningene satt lik gjennomsnittlig importpris eksklusive avgifter i perioden 2003 – 2007, 28 øre per kWh [7].

En alternativ tilnærming til en kalkulatorisk strømpris kan være pris til sluttbruker i tjenesteytende næringer, eksklusive avgifter. Denne prisen var for alle typer kontrakter i 2007 i gjennomsnitt 27 øre pr kWh. Prisutviklingen de siste 10 år er vist i figur 5, både i løpende priser og deflatert med konsumprisindeksen (2007 = 100).

Det prisleie vi har benyttet i beregningene kan kanskje på bakgrunn av disse tallene (figur 8) hevdes å være et høyt anslag på fremtidig strømpris. I den grad dette skulle være korrekt bidrar det til å gjøre et landstrømtiltak *mindre* lønnsomt. På den annen side er trenden i utviklingen en svakt stigende strømpris og det forventes at el-prisene vil stige ytterligere i årene som kommer.



Figur 8: Prisutvikling på elektrisk strøm levert til tjenesteytende næringer, eksklusive avgifter. "Faste priser" er deflatert med konsumprisindeksen.

**Nettleie** er beregnet ut fra Hafslunds standardtariffer [3].

Prisen for elektrisk kraft samlet er etter disse forutsetningene 48,3 øre per kWh. Vi har fra Oslo havn fått opplyst at erfaringstall for levering av høyspent strøm til Sjursøya er 62 øre per kWh inklusive påslag og merverdiavgift. Korrigeret for merverdiavgift tilsvarer dette 49,6 øre per kWh. Det er derfor god overensstemmelse mellom våre forutsetninger og dagens faktiske priser. Våre prisforutsetninger i bergningene heller noe lave enn for høye, tatt i betraktning internasjonale og nasjonale forventninger om økende energipriser.

**Verdien av å kunne markedsføre** sitt rederi som svært miljøvennlig er ikke inkludert. Det kan antas at denne verdien ikke er ubetydelig, men det finnes ingen studier som har tatt for seg akkurat dette aspektet.

### 7.3 Investeringer og drift av landanlegg

Investeringene består av:

- Nye bryterfelt Pipervika og Solli nettstasjoner.
- 12 kV kabel lagt i ny grøft i gateløp. Forutsatte lengder 1.040 meter til Vippetangen utstikker II (oppmålt til skur 42; 1.025 meter), og 900 meter til Vestre Hjortneskai (oppmålt 888 meter).
- Kiosk med bryterutstyr ved kaikant.
- 12 kV overføringskabel til skip.

**Pipervika og Solli nettstasjon** Utvidelse med ett bryterfelt og kabelavganger i hver av to nettstasjoner. Totalt cirka 1 million kroner.

Driftskostnader i form av ettersyn, inkl. personellkostnader, er ikke beregnet. Det antas at disse er neglisjerbare, < 1 prosent av investeringen.

**Kabel- og graveutgifter** er basert på erfaringstall fra Oslo Havn KF.

**Kabeltrommel med løfteanordning** for tilkobling om bord er for høyspent tilkobling anslått å koste 0,2 mill. kroner. For en 400 V tilkobling er denne kostnaden anslått til om lag 1,2 mill. kr pr terminal.

**Levetiden** for landdelen av anlegget er satt til 40 år.

#### 7.4 Miljøkostnader

I beregningen av endring av utslipp av klimagasser uttrykt i kroner er ett tonn CO<sub>2</sub> gitt en kalkulasjonspris på henholdsvis 200 kroner og 400 kroner, se kapittel 8.2 for nærmere omtale.

I de samfunnsøkonomiske beregningene er hensikten med å prissette miljøeffekter å kunne uttrykke samlet samfunnsmessig nytte og kostnad i sammenlignbare størrelser. Behovet for en kalkulatorisk pris oppstår i de tilfellene en ressurs som anvendes ikke allerede er prissatt, i et marked eller gjennom markedskorrigerende avgifter. I dag er man, verden, på vei fra en situasjon da utslipp av klimagasser var helt fritt, til en situasjon der tillatelse til slike utslipp omsettes i et marked. I denne overgangssituasjonen kan det være uklart om kostnadene ved klimagassutslipp er tatt hensyn til én og kun én gang.

Bunkers til skip i utenriks fart er fritatt for avgifter. Her er det klart at klimagassutslippene må verdsettes og inkluderes eksplisitt i de samfunnsøkonomiske beregningene.

Fossilt brennstoff som energikilde for elektrisitetsproduksjon fører til klimagassutslipp som forbrukeren – varmekraftverket – skal ha utslippstillatelse for. Det er omstridt i fagmiljøet om klimagassutslipp dermed er internalisert i prisene på elektrisk kraft i Norge, eller ikke. I våre beregninger har vi lagt til grunn en energipris uten avgifter i Norge, og lagt til miljøkostnaden. Vi har altså gått ut i fra at energiprisen *ikke* internaliserer klimautslippene.

For de øvrige utslipp er det lagt til miljøkostnader, dvs. at energiprisene ikke internaliserer utslipp av svoveloksider (SO<sub>x</sub>), nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>), partikler (PM) eller flyktige organiske forbindelser (HC/VOC).

#### 7.5 Forskjellig avgiftsregime for bunkersolje og landstrøm

Bunkersolje er fritatt for miljøavgifter og merverdiavgift. Elektrisk kraft produsert på land er pålagt merverdiavgift (25 prosent), forbruksavgift (10,5 øre per kWh) og avgift til energifondet (1 øre per kWh). I en lønnsomhetsberegning favoriserer dette isolert sett bruk av bunkersolje.

Stortingets avgiftsvedtak åpner ikke for at fergene kan bli innvilget fritak for avgifter på elektrisk kraft. Dette må eventuelt fremmes som en politisk sak. Det er grunn til å tro at det i vurderingen av en slik sak vil bli tillagt vekt hva EU gjør innenfor det samme området. Et avgiftsfritak i Norge vil kunne bli ansett som en skjult støtte og i strid med EØS-avtalen.

Finansdepartementet opplyser at det er mulig, men langt fra sikkert, at EFTA sine miljøretningslinjer [10] kan gi en åpning for redusert avgift.

Dette må eventuelt bli vurdert nærmere. I presentasjonen av disse retningslinjene vises det til at virksomheter ikke alltid tar hensyn til de fulle kostnadene (det vil si miljøkostnader mv) ved sin aktivitet. ”I slike tilfeller kan offentlig støtte gjøre det mulig for virksomhetene å endre atferd og ta i bruk mer miljøvennlige prosesser eller teknologier.” (Oversatt fra hjemmesiden til ESA, se [10].)

Eventuell merverdiavgift på bunkers eller på landstrøm er *ikke* en problemstilling. Etter merverdiavgiftsloven skal det ikke betales merverdiavgift av omsetning av varer og tjenester til bruk for skip i utenriks fart. For øvrig regnes ikke merverdiavgift med i nytte-kostnadsberegninger, uten at dette spiller noen rolle her.

#### **Kalkulasjonspriser for nytte-kostnadsberegning**

I fastsetting av kalkulasjonspriser for de samfunnsøkonomiske beregningene støtter vi oss her på Hervik-utvalgets utredning fra 1997 [8], kapittel 6, og konkluderer med at det korrekte i denne nytte-kostnadsanalysen er å prise elektrisitet og bunkers eksklusive både faktoravgifter og merverdiavgift. Det vil si at vi kan forholde oss til den bunkersprisen rederiene faktisk betaler, mens vi for pris på strøm må benytte en pris som er lavere enn det rederiene synes å måtte betale.

I beregningene gjør vi dette slik at vi belaster skipene med forbruksavgift og avgift til energifondet. Det samme beløpet lar vi være en gevinst på ”landsiden”. Dette innebærer at avgiftsbeløpet kun er en overføring mellom to sektorer, og påvirker ikke resultatet når vi ser hele samfunnet under ett.

### **7.6 Øvrige forutsetninger**

Øvrige forutsetninger i nyttekostnadsberegningen:

- Skipenes liggetid ved kai i Oslo, tilkoblet landstrøm, samsvarer med tabell 2.
- 40 års tidshorisont på landstrømtiltaket.
- Kalkulasjonsrente 6 prosent pr år.
- Ingen utskifting av skip.
- Alle priser er konstante over hele perioden.

## 8 Resultater

### 8.1 Nytte-kostnad

Landstrømtiltakets beregnede samfunnsøkonomiske (netto) overskudd ligger på mellom 0,34 kroner og 2,06 kroner per krone brukt til investeringer eller løpende kostnader, avhengig av om miljøforhold verdsettes høyt eller lavt (se kapittel om miljøregnskap under).

Det laveste samfunnsøkonomiske overskuddet (0,34 kroner per krone brukt) får vi når vi regner produksjon av landstrøm som relativt forurensende (europeisk OECD-gjennomsnitt) og samtidig bruker lave kalkulasjonspriser på reduserte utslipp (se kapittel 8.2 under). Det høyeste samfunnsøkonomiske overskuddet (2,06 kroner per krone brukt) får vi når vi regner produksjon av landstrøm som svært lite forurensende (norsk gjennomsnitt) og samtidig bruker høye kalkulasjonspriser på reduserte utslipp.

I tabell 8 under er de viktigste delresultatene i nyttekostnadsberegningen oppsummert. Noe kostnadskomponenter er ikke inkludert

Tabell 8: Sammenfatning av de viktigste delresultatene i nyttekostnadsberegningen. Laveste miljøgevinst er lagt til grunn.

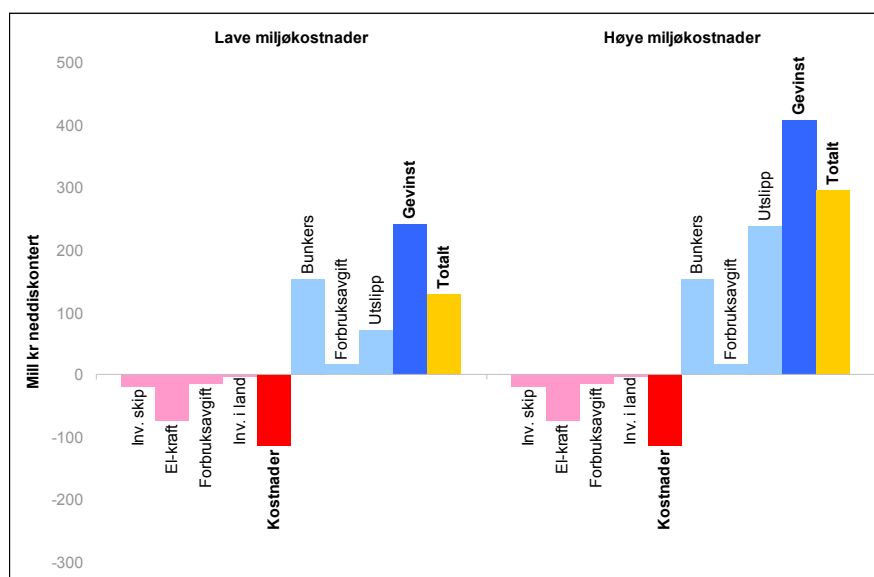
	Millioner kroner, neddiskontert til 2009
<b>OM BORD</b>	
<b>Kostnader</b>	
Investeringer - avskrivning og renter	- 19
Kjøp av elektrisk kraft	- 73
Forbruksavgift på elektrisk kraft (til Staten)	- 17
<b>Gevinst</b>	
Redusert bunkersforbruk	153
<b>Sum om bord</b>	<b>44</b>
<b>I LAND</b>	
<b>Kostnader</b>	
Forsyningsanlegg – avskrivning og renter (Oslo Havn KF)	- 4
<b>Gevinst</b>	
Forbruksavgift på elektrisk kraft (Staten)	17
<b>Sum i land</b>	<b>13</b>
<b>FELLES GODENE MILJØ/KLIMA</b>	
<b>Gevinst</b>	
Redusert utslipp	72
<b>Sum fellesgoder</b>	<b>72</b>
<b>SUM TOTALT</b>	<b>129</b>

Totalt sett er tiltaket samfunnsøkonomisk lønnsomt. Det er også utvilsomt miljømessig ”lønnsomt”.



Rederiene kommer også ut av beregningene med et lite overskudd, selv når det tas hensyn til at disse, etter det avgiftsvedtaket som gjelder i dag, må betale forbruksavgift på elektrisk kraft.

Hovedresultatene, gevinster og kostnader, er summert og vist i figur 9.



Figur 9: Hovedresultater. Gevinster og kostnader ved overgang til landstrøm for to alternative utslippsreduksjoner og miljøkostnader.

Resultatet av ulike forutsetninger med hensyn til utslipps- og verdsettelsesalternativer viser at hovedresultatet, som er at tiltaket er samfunnsøkonomisk lønnsomt, er robust og ikke er et resultat av strategiske valg av parameterverdier.

Forutsetninger i nyttekostnadsberegningen som er særlig usikre, eller hvor verdien kun kan stipuleres innenfor et intervall, gir likevel rom for å nyansere resultatet:

- 10 prosent økning i prisen på energi fra land (fra 28 øre per kWh) reduserer det samfunnsøkonomiske overskuddet med om lag 3 prosent.
- 10 prosent reduksjon i bunkersprisen regnet i norske kroner (fra 800 US dollar per tonn, kurs 6 kroner per US dollar) reduserer det samfunnsøkonomiske overskuddet med om lag 13 prosent.

I beregningsresultatene er det forskjellen i energikostnader ved henholdsvis bruk av fossilt drivstoff og elektrisk kraft som er viktig, fordi vi beregner lønnsomheten av det siste sett i forhold til det første. Det er derfor av mindre betydning om prisen på hver av disse energibærerne går opp eller ned. Det er viktigere om det er stor eller liten (negativ) samvariasjon mellom disse (prisdifferansen).

Lønnsomheten for rederiene er svært avhengig av hvilke forutsetninger som gjøres om prisen på bunkersolje. En bunkerspris høyere enn 3.430 kroner pr tonn (tilsvarende for eksempel 572 USD pr tonn med

vekslingskurs 6 NOK/USD) er tilstrekkelig til at tiltaket for skipenes del er lønnsomt. Alle andre forutsetninger i beregningene ligger da fast. I et slikt scenario er tiltaket også samfunnsøkonomisk lønnsomt, med et neddiskontert overskudd på 85 millioner kroner når miljøfordelene er regnet inn. For samfunnet sett under ett er tiltaket lønnsomt med en bunkerspris ned 770 kroner pr. tonn (128 USD).

Under tilsvarende forutsetninger finner vi at tiltaket er lønnsomt for skipene med en strømpris på inntil 58,8 øre pr kWh. Det neddiskonterte, samlede samfunnsmessige overskuddet blir da også 85 millioner kroner. For samfunnet sett under ett er tiltaket lønnsomt med en strømpris opp til 1,17 kroner pr kWh.

**Bedriftsøkonomisk lønnsomhet** for skipene er spesielt avhengig av prisforutsetninger på bunkers og landstrøm. Disse er det redegjort for foran.

Forbruksavgift på elektrisk kraft er regnet inn i den bedriftsøkonomiske delen av regnestykket. Det er for øyeblikket ikke aktuelle unntaksordninger fra denne, men det er mulig å ta opp dette spørsmålet som en politisk sak.

Avskrivningstiden for investeringer om bord i skipene er satt lik den antatte tekniske levetiden på 13 år. Rederiene benytter antagelig en avskrivningstid på om lag 3 år i sine kalkyler.

Under forutsetning av at den tekniske levetiden for landstrømutrustningen om bord er 13 år (og ikke 3) innebærer dette at den bedriftsøkonomiske lønnsomheten svekkes med vel 10 prosent (fra et neddiskontert overskudd på 44 millioner kroner til 39 millioner kroner).

I et ”ekstremscenario” hvor rederiene faktisk ville være nødt til å skifte ut landstrømkomponentene om bord hvert tredje år ville dette ha som økonomisk effekt at lønnsomheten av tiltaket for rederiene isolert ville være om lag null. Samfunnsøkonomisk ville tiltaket fortsatt være lønnsomt.

## 8.2 Miljøregnskapet

Miljøgevinsten i form av redusert utslipp til luft verdsettes delvis ved hjelp av skadekostnad (øvre estimat) og delvis ved hjelp av anslag på et langsiktig prisnivå for utslippskvoter og tiltakskostnader (nedre estimat).

Enhetskostnadene er hentet fra SFTs LEVE-prosjekt (SFT, 2005) og justert i forhold til konsumprisindeks og endring i realinntektsnivå (tabell 9).

Tabell 9: Miljøkostnader - enhetskostnader for utslipp. Kilde: SFT, 2005.

Miljøkostnader	Forurensningskomponenter				
	CO2-ekv.	NOx	SO2	HC (VOC)	PM10
kr/tonn (øvre estimat)	400	45 000	108 000	-	5 300 000
kr/tonn (nedre estimat)	200	25 000	15 000	-	1 200 000

Miljøgevinsten er beregnet som differansen mellom redusert utslipp fra skipene ved kai i Oslo og økt utslipp fra produksjon av energi ved kraftverk på land.

Det er valgt å holde miljøkostnadene per tonn utslippsreduksjon på samme nivå for utslippene som skjer i Oslo havn og de som skjer ved kraftverk på land. Det vil være ulike kostnader for utslippene av partikler, NO<sub>x</sub> (NO<sub>2</sub>) og SO<sub>x</sub> (SO<sub>2</sub>) avhengig lokalisering av utslippssted. Det kan imidlertid ikke angis konkret hvor kraftproduksjonen skjer slik at vi kun regner en gevinst av den reduksjon som skjer i Oslo, og ikke den eventuelt lavere eller høyere kostnad per utslippsenhet ved annet utslippssted.

Resultatet av beregningen viser at den samfunnsøkonomiske gevinsten av utslippsendringene (reduksjonene) er som et minimum ca 5 millioner kroner per år, og maksimum 20 millioner kroner per år. Variasjonen avhenger av sammenligningssituasjon (referansealternativet) og høy eller lav enhetskostnad. Vi har i den samfunnsøkonomiske nytte-kostnadsanalysen gått videre med miljøgevinsten av å gå fra ”2010-situasjon med svovelinnhold <0,1 %” og erstattet denne med ulike strømmikser for landstrøm (tabell 10).

Tabell 10: Miljøgevinster i mill. kr per år av ulike alternativer for referanseutslipp og for produksjonssammensetning for landstrøm (strømmiks).

Miljøkostnader/gevinster	CO <sub>2</sub> -ekv.	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	HC (VOC)	PM <sub>10</sub>	SUM
	mill. kr per år					
<b>Miljøgevinster ifht. dagens situasjon, høy miljøkostnad</b>						
Landstrøm OECD-Europa miks	1,46	4,45	1,89	-	9,27	17,07
Landstrøm Nordisk miks	2,05	4,52	2,10	-	9,93	18,60
Landstrøm Norsk miks	2,89	4,61	2,39	-	10,87	20,77
<b>Miljøgevinster ifht. dagens situasjon, lav miljøkostnad</b>						
Landstrøm OECD-Europa miks	0,73	2,47	0,26	-	2,10	5,56
Landstrøm Nordisk miks	1,03	2,51	0,29	-	2,25	6,08
Landstrøm Norsk miks	1,45	2,56	0,33	-	2,46	6,80
<b>Miljøgevinster ifht. 2010-situasjon, høy miljøkostnad</b>						
Landstrøm OECD-Europa miks	1,46	5,25	-	-	6,48	13,19
Landstrøm Nordisk miks	2,05	5,31	0,21	-	7,14	14,72
Landstrøm Norsk miks	2,89	5,41	0,50	-	8,09	16,89
<b>Miljøgevinster ifht. 2010-situasjon, lav miljøkostnad</b>						
Landstrøm OECD-Europa miks	0,73	2,92	-	-	1,47	5,11
Landstrøm Nordisk miks	1,03	2,95	0,03	-	1,62	5,62
Landstrøm Norsk miks	1,45	3,00	0,07	-	1,83	6,35

### 8.3 Hva med landstrøm også for cruiseskip?

**Samtidige anløp** Hvis det er aktuelt med to samtidige anløp som begge skal benytte landstrøm må det installeres et ekstra bryterfelt som også koster 0,4 – 0,5 mill kr. Dette er ikke inkludert i nyttekostnadsberegningene foran.

**Ulike frekvenser** Hvis det er behov for frekvensendring, det vil si hvis det er aktuelt å forsyne skip med frekvens på 60 Hz med landstrøm, må det brukes frekvensomformere. Disse vil, i følge [4], koste mellom 2,4 og 4, 0 mill. kroner. Installasjonskostnadene vil være mellom 1,8 og 3,0 mill. kroner. Det kan også være utfordrende, rent teknisk, å skaffe egnede omformere av denne størrelse (over 5 MW).

**Kabel til cruiseskip** kan løses på flere måter. Det aktuelle tilkoblingspunkt for cruiseskip er i første rekke Akershusstranda. Landstrømkabelen fra Pipervika nettstasjon til Vippetangen vil passere like forbi denne. Én løsning er å legge en parallell kabel fra Pipervika nettstasjon til Akershuskaia. Felles kabelgrøft kan da benyttes store deler av veien. Avstanden er om lag 400 meter. En annen løsning er å øke kabeldimensjonen mellom Pipervika og Akershusstranda.

Tabell 11 under oppsummerer de anslag som det på det nåværende tidspunkt er mulig å gjøre om et tilkoblingspunkt også for cruisskip.

Tabell 11: Anslag på investeringskostnader ved etablering av et tilkoblingspunkt for cruisskip på Akershusstranda.

	Investeringer, mill. kr.
<b>Anlegg på land</b>	
Hafslunds understasjon, nytt bryterfelt	0,5
Kabel fra understasjon til kai, i eksisterende kabelgrøft (400 m)	0,1
Koblingskiosk på kai, med bryter	0,7
Kabel til skip, med løfteanordning	0,2
Frekvensomformer	5,6
<b>Sum landanlegg</b>	<b>7,1</b>

## 9 Referanser

---

- [1] ”Shore-side electricity for ships in ports. Case studies with estimates of internal and external costs, prepared for the North Sea Commission”. Report 2004-08-23, Karl Jivén, Mariterm AB, Göteborg
- [2] ”Planleggingsbok for kraftnett”. Sintef energiforskning AS
- [3]  
[http://hafslund.no/bedrift/nettleie/artikler/les\\_artikkel.asp?artikkelid=239](http://hafslund.no/bedrift/nettleie/artikler/les_artikkel.asp?artikkelid=239)
- [4] Service Contract on Ship Emissions: Assignment, Abatement and Market-based Instruments. Task 2a – Shore-Side Electricity. August 2005. Entec UK Ltd.
- [5] Notat fra Color line til Oslo Havnevesen av 1.4.2008 med vedlegg.
- [6] Opplysninger fra Oslo Havn KF.
- [7] <http://www.ssb.no/elektrisitetaar/tab-2008-05-30-24.html>
- [8] NOU 1997 nr 27. Nytte-kostnadsanalyser
- [9] <http://www.regjeringen.no/nb/sub/europaportalen/eos-notatbasen/notatene/2005/sep/svovel-i-marine-drivstoff.html?id=523804>
- [10] <http://www.eftasurv.int/information/pressreleases/2008pr/dbaFile14423.html>
- [11] Stockholm Hamn. PM angående Elanslutning av fartyg, 2008-05-26.



© Rådgivergruppen AS Civitas 2008  
Prosjekt 07-114 Landstrøm OHV

Sluttversjon  
Datert 14.11.2008

Civitas  
Grubbegata 14  
0179 Oslo  
sentralbord 22 94 24 20  
faks 22 94 24 21