



Bacheloroppgave

SCM600 Logistikk

**En kost-nytte analyse av landstrøm implementering ved
Karmsund Havn**

Julie Leirvåg og Hanna Tveit

Totalt antall sider inkludert forsiden: 63

Molde, 20. mai 2021



Høgskolen i Molde
Vitenskapelig høgskole i logistikk



Høgskolen i Molde

STANDARD AGREEMENT

This agreement is between

..... Julie Leirvåg and Hanna Tveit(Student(s)).

..... Johan Holmgren (Faculty Advisor at Molde University College),

.....Karmsund Havn IKS..... (Company/Institution),

And Molde University College/Bachelor Logistics Program Coordinator, concerning the use of specifications and results reported in the Bachelor's degree thesis in accordance with the study plan for the Bachelor's degree program in SCM and Logistics at Molde University College.

1. The student will complete the work assigned for the Bachelor's degree thesis in cooperation with the company/institution (Optional):.....Karmsund Havn IKS.....

The title of the thesis is: ~~A cost-benefit analysis of shore power implementation at~~ Karmsund Havn

2. The student has copyrights to the thesis. Those copies of the thesis submitted for evaluation along with descriptions and models, such as computer software that is included as part of or as an attachment to the thesis, belongs to Molde University College. The thesis and its attachments can be used by the College for teaching and research purposes without charge. The thesis and its attachments must not be used for other purposes.

3. The student has the right to publish the thesis, or parts of it, as an independent study or as part of a larger work, or in popularized form in any publication.

4. The company/institution has the right to receive a copy of the thesis with attachments, and the College's evaluation of it. The company/institution will have three (3) months from the time the thesis is submitted to the College for censoring to determine whether a patent is possible and to apply for a patent for all or part of the results in the thesis. The specifications and results in the thesis can be used by the company/institution in its own activities.

5. An additional confidentiality agreement may be entered into between the parties, if the company/institution sees this as necessary.

6. Each part of the agreement should have one copy of the agreement. The final signature should be from the Program Coordinator/Dean validating the agreement.

Place..... Molde

Date of final signature..... 20.05.2021

Hanna Tveit & Julie Leirvåg
Student(s)

Johan Holmgren
Faculty Advisor

Olav Osmundsen
Company/Institution

Didrik E. Mjølhus
Program Coordinator / Dean

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.

<i>Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:</i>		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none">• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å betrakte som fusk og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høyskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§14 og 15.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i URKUND, se Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens retningslinjer for behandling av saker om fusk	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider	<input checked="" type="checkbox"/>

Personvern

Personopplysningsloven

Forskningsprosjekt som innebærer behandling av personopplysninger iht. Personopplysningsloven skal meldes til Norsk senter for forskningsdata, NSD, for vurdering.

Har oppgaven vært vurdert av NSD?

ja nei

- Hvis ja:

Referansenummer:

- Hvis nei:

Jeg/vi erklærer at oppgaven ikke omfattes av Personopplysningsloven:

Helseforskningsloven

Dersom prosjektet faller inn under Helseforskningsloven, skal det også søkes om forhåndsgodkjenning fra Regionale komiteer for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk, REK, i din region.

Har oppgaven vært til behandling hos REK?

ja nei

- Hvis ja:

Referansenummer:

Publiseringsavtale

Studiepoeng: 15

Veileder: Johan Holmgren

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten (Åndsverkloven. §2).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage HiM med forfatter(ne)s godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved Høgskolen i Molde en vederlagsfri rett til å

gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering: ja nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)? ja nei

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over? ja nei

Dato: 20. mai 2021

Antall ord: 14856

Forord

Denne bacheloroppgaven markerer en avslutning av bachelorstudiet i Logistikk og Supply Chain Management ved Høgskolen i Molde. Arbeidet med denne oppgaven har vært en utfordrende prosess, men det har også vært veldig spennende og lærerikt. Ikke bare har vi lært mye om temaet vi skriver om, men også om hvordan å skrive en så omfattende oppgave. Denne kunnskapen har stor verdi for videre studier og arbeidslivet.

Vi vil gjerne rette en stor takk til veilederen vår Johan Holmgren som har vært til stor hjelp underveis i skriveprosessen. Vi er veldig takknemlige for å ha fått deg som veileder.

Vi vil også takke samarbeidsbedriften vår Karmsund Havn som har holdt jevn kontakt med oss, og for å ha gitt oss nødvendig data for oppgaveløsingen. Takk for at vi også fikk muligheten til å besøke dere.

En stor takk rettes også til andre bedrifter som har vært behjelpelige med spørsmål og informasjon, og til familie og venner som har vært støttende underveis.

Molde, Norge 20.05.2021

Julie Leirvåg

Julie Leirvåg

Hanna Tveit

Hanna Tveit

Sammendrag

Oppgaven starter ved at vi danner det teoretiske grunnlaget, der kost-nytte analyse og landstrømanlegg er hovedpunktene. Dette hjelper leser å skape et bilde av hva oppgaven omfatter, og teorien er en rød tråd som gjennomgår i hele oppgaven.

Oppgaven tar for seg implementering av landstrøm ved Karmsund Havn sett fra et samfunnsøkonomisk syn, og i case-beskrivelsen fremstilles det hvordan oppgaven skal analysere dette prosjektet i en kost-nytte analyse. Videre i case-beskrivelsen presenteres samarbeidsbedriften og deres visjon. Etter å ha presentert caset kommer den metodiske fremgangsmåten, som beskriver hvilke verktøy vi har benyttet for å samle inn og behandle data. Her vil en få et overblikk over hvilken data vi har brukt, hvor den kommer fra og hvordan vi har valgt å behandle den.

Deretter vil kost-nytte analysen bli gjennomført hvor vi vil sammenligne alternative prosjekt, og fordelene og kostnadene knyttet til dem. Resultatet involverer prosessert data, der de eksterne og finansielle kostnadene vil bli delt opp for å gi bedre oversikt. For hver effekt som blir analysert vil vi presentere viktige funn fra analysen og grundig forklare hvordan denne verdien vil påvirke vårt resultat. For å vurdere robustheten til oppgavens resultat vil vi avslutte analysen med en sensitivitetsanalyse, der parameterne med størst usikkerhet blir analysert. Begrensninger og videre forskning er temaer som vi har reflektert over gjennom hele skriveprosessen, og vi vil gjennomgå og vise hvordan de kan kobles opp mot hverandre i diskusjonen.

Vi oppdager i resultatet at utbygging av landstrøm gir høy nytte for samfunnet da kost-nytte analysen kommer frem til et positivt resultat. Derfor konkluderer vi med at elleve av elleve kaier må implementere landstrøm for å gi størst nytte sett fra et samfunnsøkonomisk syn.

Innhold

Forord.....	7
Sammendrag.....	8
Innhold	9
1.0 Innledning	1
1.1 Bakgrunn for valg av tema.....	2
1.2 Formål	3
1.3 Problemstilling	4
1.3.1 Forskningsspørsmål	4
1.4 Oppgavens struktur	5
2.0 Teoretisk grunnlag.....	6
2.1 Kost-nytte analyse.....	6
2.1.1 Definisjon og ulike typer kost-nytte analyse.....	6
2.1.2 Trinnene innen en kost-nytte analyse.....	7
2.1.3 Verdisetting	10
2.2 Landstrøm	13
2.3 Utslippsfaktor for strøm	13
3.0 Case – Implementering av landstrøm ved Karmsund Havn	15
3.1 Karmsund Havn	15
3.1.1 Fremtidige planer	16
3.2 Beskrivelse av case	17
4.0 Metode	19
4.1 Samfunnsvitenskapelig metode.....	19
4.2 Kvantitativ metode	19
4.3 Datainnsamling	19
4.4 Forskningsprosess	20
4.5 Evaluering av metodisk fremgangsmåte	21
5.0 Resultater og analyse – Kost-nytte analyse av implementering av landstrøm ved Karmsund Havn.....	23
5.1 De identifiserte prosjektenes fordeler og kostnader, og hvem de berører	23
5.1.1 Eksterne effekter	24

5.1.2	Finansielle kostnader.....	25
5.1.3	Definere hvem fordelene og kostnadene tilhører	25
5.2	Estimere langtidseffektene av prosjektet	26
5.3	Sette monetær verdi på effektene	26
5.3.1	Alternativkostnad – Måling av finansielle kostnader.....	26
5.3.2	Privat	27
5.3.3	Offentlig	29
5.3.4	Betalingsvillighet – Måling av eksterne kostnader	31
5.4	Diskontering av effektene	34
5.5	Beregne netto nåverdi for alle alternativene	34
5.6	Utføre sensitivitetsanalyse	35
5.6.1	Støyreduksjon.....	35
5.6.2	NOx-reduksjon.....	36
5.6.3	Oppkoblingsmulighet til landstrøm	36
5.6.4	Diskonteringsrente	37
5.6.5	Privat investeringskostnad	38
5.6.6	Offentlig investeringskostnad	39
5.6.7	Støtte fra Enova.....	39
5.6.8	Vurdering av sensitivitetsanalyse.....	40
6.0	Diskusjon	41
6.1	Problemstilling diskusjon.....	41
6.2	Begrensninger	42
6.3	Anbefaling til fremtidig forskning	43
7.0	Konklusjon.....	44
8.0	Referanser	47
8.1	Kildereferanser	47
8.2	Figurreferanser	50
9.0	Vedlegg.....	51
	Vedlegg A: Utregning av CO ₂ -utslipp, NO _x -utslipp og drivstofforbruk.....	51
	Vedlegg B: Eksterne kostnader og finansielle kostnader.....	52

Figur-liste:

Figur 1: Oppgavens struktur	5
Figur 2: Trinnene innen en kost-nytte analyse	7
Figur 3: Negativ eksternalitet (Boardman, 2014).	11
Figur 4: Bilde av landstrømanlegg på Garpaskjær Karmsund Havn (privat foto)	13
Figur 5: Klimadeklarasjon for fysisk levert strøm 2019 (NVE, 2021)	14
Figur 6: Intelliport Karmsund Havn (Karmsund Havn, 2020).....	16

Tabell-liste:

Tabell 1: Alternative prosjekt.....	23
Tabell 2: Kostnader	24
Tabell 3: Estimerte langtidseffekter av eksterne fordeler	26
Tabell 4: Finansielle kostnader: Priser	27
Tabell 5: Monetær verdi finansielle kostnader.....	27
Tabell 6: Monetær verdi eksterne kostnader	31
Tabell 7: Diskontering av effektene	34
Tabell 8: Netto nåverdi for alle alternativene	35
Tabell 9: NNV med 80% støyreduksjon	35
Tabell 10: NNV med 90% NOx-reduksjon.....	36
Tabell 11: NNV når 20%, 40% og 60% skip har påkoblingsmulighet på landstrøm	37
Tabell 12: NNV når diskonteringsrente er 6%	38
Tabell 13: NNV med -20%, +20% og +50% privat investeringskostnad.....	38
Tabell 14: NNV med -20%, +20% og +50% offentlig investeringskostnad	39
Tabell 15: NNV med 0% og 50% Enova-støtte	40

Formel-liste:

Formel 1: Nåverdi fordel og kostnad	9
Formel 2: Netto nåverdi	9
Formel 3: Skattekostnad.....	26

1.0 Innledning

Fokus på grønn logistikk har vært en økende trend i takt med den økte kunnskapen om de globale klimaendringene som truer i dag. Store industrier kan utgjøre en betydelig forskjell for de globale klimaendringene ved å redusere klimaavtrykket sitt, og ved å ta grep i bedriftens forsyningskjede så kan man identifisere flere ledd som potensielt kan bli grønnere. En av de mest elementære delene av forsyningskjeden er transport, og dette kommer av at verden stadig blir mer globalisert som fører til at den deriverte etterspørselen av transport også øker.

I 2019 så forårsaket transport 30 prosent av det totale utslippet i Norge (Engedal et al., 2019). Denne andelen inkluderer både persontransport og godstransport, men gir likevel et bilde av hvor omfattende innvirkning transportsektoren har på klimaendringene. Vitende om denne virkningen, ser man en økende tendens innen transportsektoren at flere grønne tiltak blir implementert. En stor trend er elektrifisering av kjøretøyene, og andre alternative klimavennlige drivstoff som LNG og hydrogen. En annen metode for å redusere klimautslippet innen transportsektoren er å flytte transporten fra luft og vei til sjø og tog. I Norge så skjer dette transportskiftet i hovedsak til sjø på grunn av den langstrakte kysten og fjordene, og fordi tognettet ikke er landsomfattende.

Både tog- og skipstransport medfører miljøfordeler som ikke luft- og veitransport kan tilby, men vi skal videre fokusere på overføring av gods fra vei til sjø da dette er mest sentralt i Norge. En naturlig fordel ved å benytte skip som transportmiddel er stordriftsfordelene det genererer på grunn av skipets evne til å transportere store mengder gods om gangen. Et skip vil også i gjennomsnitt være mer energieffektivt enn andre luft- og veitransportmiddel, med unntak av skip som har for høy fart og RORO-skip som har dårlig lastutnyttelse.

Med en potensielt økende skipstrafikk vil det være naturlig for havner å videre tilrettelegge for grønne løsninger. Forurensing fra en havn kan foregå på selve havnen eller komme fra skipene som ligger fortøyd til havnen. Sistnevnte går ut på når et skip legger til en havn, må skipet holdes i gang med hjelpemotorene sine. Ved å kontinuerlig måtte ha hjelpemotorer i gang så fortsetter skipet å forurense selv om det står stille. En løsning på dette er å implementere landstrøm ved havnen. Dette er et initiativ som stadig blir mer utbredt blant

norske havner, og det er et tiltak som bidrar til å drastisk kutte ned på de negative eksterne effektene som kommer av skip som ligger til kai med hjelpemotorene i gang.

Ved å tilby landstrøm kan fortøye skip skru av dieseldrevne hjelpemotorer og heller holde skipet i gang med strøm fra landstrømanlegget. Dette bidrar til å kutte ned på negative eksternaliteter som CO₂-utslipp, NO_x-utslipp og støy. Reduksjon av CO₂-utslipp vil ha positiv innvirkning for den globale forurensingen, mens reduksjon av NO_x-utslipp og støy vil påvirke den lokale befolkningen i større grad. Enda et underbyggende argument er at 94 prosent av strømmen som blir brukt i Norge kommer fra fornybare kilder, som gjør at landstrøm utmerker seg ytterligere ved norske havner (NVE, 2021).

1.1 Bakgrunn for valg av tema

Valget av tema startet med en interesse for grønn logistikk og bærekraft ettersom det har vært et gjengående tema gjennom studiet, og det er et konsept som stadig blir mer utbredt. Deretter fikk en bedrift i Haugesund oppmerksomheten vår med denne påstanden: «Karmsund Havn skal bruke over én milliard kroner på å bli Norges største og mest miljøvennlige godshavn. Målet er å være så godt som klimanøytrale innen 2030» (Jørgensen, 2020). Tidligere fag som har undervist om grønn logistikk har i hovedsak vist til fordelene med å implementere miljøvennlige løsninger i forsyningskjeden, men har hatt lite fokus på kostnadene det medbringer. Vi ble nysgjerrige på hvor lønnsomt det faktisk er for et samfunn å investere i grønne, men kostbare, alternativer i forsyningskjeder.

For å analysere den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av dette prosjektet var det naturlig å velge kost-nytte analyse som et verktøy ettersom det er en mye anvendt analysemetode for å undersøke om et prosjekt er lønnsomt eller ikke for et samfunn. I forsyningskjeden bidrar en kost-nytte analyse til å danne et grunnlag for beslutningstaking ved å avdekke faktorer som påvirker et resultat av et prosjekt eller bestemmelse.

Etter å ha valgt Karmsund Havn som samarbeidsbedrift og kost-nytte analyse som analysemetode, måtte vi velge ut et prosjekt. Målet til Karmsund Havn om å bli Norges mest miljøvennlige havn besto av mange prosjekter. Det prosjektet som var mest appellerende var implementeringen av landstrøm ved havnene deres ettersom en havn har en åpenbar tilknytning til skipstransport, og med det grønne skiftet som skjer innen transportsektoren, er det naturlig for knutepunktene å gjøre det samme. Regjeringen har gitt Miljødirektoratet

og seks andre offentlige etater i oppgave å oppnå klimamål som står i Klimakur 2030, som går ut på å redusere utslippet for innenriks skipstrafikk med 50 prosent til 2030 sammenlignet med utslippet i 2005. I 2018 beregnet DNV GL at CO₂-utslippet fra norsk innenriks skipstrafikk var 4,2 millioner tonn (Eide, 2019). I tillegg til å redusere klimagassutslippet under selve skipstransporten vil implementeringen av landstrøm ytterligere bidra til denne reduksjonen.

1.2 Formål

Formålet med denne oppgaven er å analysere den samfunnsøkonomiske lønnsomheten ved å implementere landstrøm ved Karmsund Havn. Ved å benytte kost-nytte analyse som analyseverktøy, vil oppgaven avdekke fordeler og ulemper som kommer av dette prosjektet. Deretter skal det settes monetær verdi på alle effektene for å kunne beregne et sluttresultat. Resultatet fra analysen vil bli diskutert opp mot problemstilling, forskningsspørsmål og begrensninger for å til slutt komme med en konklusjon. Vi ønsker at oppgaven skal gi et klart bilde av hvordan kostnader blir veid opp mot fordeler, særlig for effekter som blir tildelt en monetær verdi, og hvordan det til slutt kan gi et konkret resultat.

1.3 Problemstilling

På bakgrunn av målet til Karmsund Havn og regjeringens mål om å redusere klimafotavtrykket til innenriks skipstrafikk har vi kommet frem til følgende problemstilling:

Hvor stor del av Karmsund Havn må implementere landstrøm for å gi størst nytte sett fra et samfunnsøkonomisk perspektiv?

1.3.1 Forskningsspørsmål

For å svare på problemstillingen har vi formulert tre forskningsspørsmål:

- 1. Hvilke fordeler og kostnader for samfunnet skaper implementering av landstrøm?*
- 2. Hvilke fordeler og kostnader i kost-nytte analysen har størst innvirkning på resultatet?*
- 3. Hvordan fungerer kost-nytte analyse som et verktøy for å vurdere lønnsomheten av landstrømutbygging?*

Forskningsspørsmålene går nærmere inn på hva en kost-nytte analyse innebærer og underbygger problemstillingen for oppgaven.

1.4 Oppgavens struktur

Figuren under er en presentasjon av hvordan oppgaven er bygd opp. Den tar for seg hva hvert kapittel handler om, og en kort beskrivelse til hver av dem.

Kapittel 1 Innledning	Innledende del av oppgaven som introduserer tema og problemstilling
Kapittel 2 Teoretisk grunnlag	Kapittel som danner det teoretiske grunnlaget for caseløsningen
Kapittel 3 Caseløsning	Beskrivelse av case og samarbeidsbedriften
Kapittel 4 Metode	Beskrivelse av hvordan data og informasjon ble innhentet
Kapittel 5 Resultat og analyse	Trinnvis gjennomgang caseløsning og resultatet oppgaven kommer frem til
Kapittel 6 Diskusjon	Drøfter resultatet opp mot problemstilling, begrensninger og anbefaling til videre forskning
Kapittel 7 Konklusjon	Konklusjon basert på funn i resultat og diskusjon
Kapittel 8 Referanser	
Kapittel 9 Vedlegg	

Figur 1: Oppgavens struktur

2.0 Teoretisk grunnlag

I det kommende kapittelet skal det teoretiske grunnlaget for oppgaven presenteres. Teorien danner grunnlaget for å kunne svare på problemstillingen og forskningsspørsmålene. Det hovedsakelige fokuset i den teoretiske delen vil være på teorien knyttet til kost-nytte analyse, men andre emner som har relevans for oppgaven vil også bli introdusert.

2.1 Kost-nytte analyse

En kost-nytte analyse er en metode som brukes for å avgjøre om et prosjekt er lønnsomt eller ikke sett fra et samfunnsøkonomisk perspektiv. Analysen bidrar til å danne et beslutningsgrunnlag ved å fremstille fordeler og ulemper på en systematisk måte. Formålet med analysen er å oppnå størst mulig nytte med de ressursene en har (Boardman, 2014).

Litteraturen beskriver hovedsakelig kost-nytte analyse som en metode for å evaluere lønnsomheten til offentlige prosjekt, men det er også en metode som kan brukes for alle typer prosjekt.

2.1.1 Definisjon og ulike typer kost-nytte analyse

Kost-nytte analyse er et verktøy som brukes for å veie kostnader mot fordeler. Analysen er satt opp som en systematisk katalogisering av fordeler og ulemper, som er verdisatt ut fra tildelte vektorer, og som til slutt bestemmer netto fordelene til et prosjekt eller bestemmelse (Boardman, 2014).

Kaldor-Hicks-kriteriet danner det grunnleggende prinsippet for kost-nytte analyse. Kaldor-Hicks-kriteriet handler om at en endring virker positivt for samfunnet, men som kan skape negative effekter for andre parter, så lenge summen av de positive effektene for alle berørte parter overstiger de negative. Vinnerne trenger ikke å kompensere taperne, men må ha muligheten til å gjøre det (Manning, 2014). Det er dette som også blir gjort i kost-nytte analyse – en veier fordelene og ulempene som kommer av en endring.

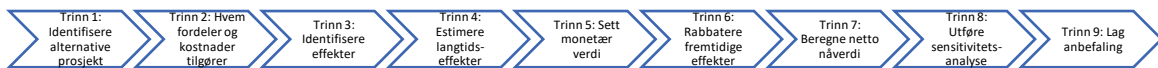
Ulike typer kost-nytte analyse

Det er to hovedtyper av kost-nytte analyse: Ex ante og ex post. Ex ante blir anvendt mens et prosjekt eller en bestemmelse er i vurderingsfasen, og er den type kost-nytte analyse som blir mest brukt. Ex post blir brukt etter et prosjekt er utført eller en bestemmelse er tatt, og

brukes gjerne til fremtidige lignende prosjekt for å vurdere lønnsomheten. I tillegg til de to hovedtypene så er det to typer til av kost-nytte analyse. In medias res er en metode av kost-nytte analyse som utføres underveis som et prosjekt pågår, hvor den kan velge å trekke elementer fra ex ante eller fra ex post. Den siste typen av kost-nytte analyse blir utført som en sammenligning av ex ante og ex post (eller in medias res). Denne metoden er mest nyttig for å lære hvordan kost-nytte analyse er et verktøy for å evaluere og ta beslutninger (Boardman, 2014). For denne oppgaven så vil det bli utført en Ex ante kost-nytte analyse.

2.1.2 Trinnene innen en kost-nytte analyse

Det er ikke en fastbestemt oppskrift på hvordan å utføre en kost-nytte analyse, og litteraturen presenterer et mangfold av ulike måter å gå frem på. I denne oppgaven presenterer vi kost-nytte analysen gjennom ni trinn (Boardman, 2014), som er presentert i figur 2:



Figur 2: Trinnene innen en kost-nytte analyse

Trinn 1: Identifisere alternative prosjekt

Det første steget i en kost-nytte analyse handler om å identifisere alternative prosjekter. Dette er et viktig steg i prosessen, og det er viktig å forsøke å ikke utelukke noen alternativer. Derfor kan det allerede oppstå problemer på dette steget ettersom antall potensielle prosjekt kan være mange. I praksis vil det være greit å inkludere fire til åtte alternativer. Å gjøre «ingenting» er ofte det alternativet som er grunnlinjen i denne prosessen – man beholder det som det er. Selv om man beholder det slik som det er, kan det oppstå endringer i fremtiden. En viktig del av dette steget er å passe på å ikke inkludere feil alternativer, ettersom dette vil bidra til å manipulere resultatene (Boardman, 2014).

Trinn 2: Hvem fordelene og kostnadene tilhører

Det neste steget i analysen er å bestemme hvems fordeler og kostnader som burde være inkludert i analysen. I teorien burde man inkludere hvordan hele verden og fremtidige generasjoner blir påvirket, men det er vanskelig å utføre i praksis, derfor setter man gjerne nasjonale grenser som avgrensning. Problemet med å gjøre dette er miljøeffekter som påvirker globalt og som har langvarige innvirkninger (Boardman, 2014).

Trinn 3: Identifisere effektene av de forskjellige alternativene

I det tredje steget av kost-nytte analysen så skal man identifisere effektene de ulike alternativene har og kategorisere dem som fordeler eller kostnader. En kost-nytte analyse er interessert i innvirkninger som påvirker menneskets velferd, men også dyr og natur som blir påvirket. Dette er fordi mennesker verdsetter eksistensen av natur og dyr, selv om det ikke nødvendigvis er noe som påvirker mennesket direkte. I mange tilfeller er dette en klar sammenheng, mens i andre tilfeller er det ikke like åpenbart, og da kan det kreves forskningsbevis for å begrunne effektene det har på mennesket (Boardman, 2014).

Trinn 4: Estimere langtidseffektene av prosjektet

Når man skal estimere langtidseffektene et prosjekt har, ser man på hvor store de identifiserte effektene er og hvor langt i fremtiden de strekker. For å enklere forutsi fremtidige effekter kan man bruke prognosemodeller. Hvis man skal benytte seg av dette er det viktig å bruke den samme modellen for alle alternativene (Boardman, 2014).

Trinn 5: Sette monetær verdi på effektene

I denne delen av analysen skal man sette monetære verdier på de ulike effektene som vi har identifisert. For å måle fordelene av et prosjekt benytter man seg av betalingsvillighet, mens når man skal måle kostnadene benytter man seg av alternativkostnad (Boardman, 2014). Dette skal vi komme nærmere inn på i neste delkapittel.

Trinn 6: Diskontere fremtidige effekter

Når prosjekter varer over mange år oppstår det nye effekter underveis. Da må man diskontere fremtidige fordeler og kostnader relative til nåtidens fordeler og kostnader for å overholde nåverdien. Grunnen til at dette blir gjort er fordi folk foretrekker å konsumere godene med en gang de kan og ikke senere (Boardman, 2014). Presentert i formel 1 er formelen for å finne nåverdien for en fordel (NV(F)) og for en kostnad (NV(K)):

Formel 1: Nåverdi fordel og kostnad

$$NV(F) = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+s)^t}$$
$$NV(K) = \sum_{t=0}^n \frac{K_t}{(1+s)^t}$$

Hvor n er antall år, t er året fordelene/ulempen inntreffer og s er samfunnets diskonteringsrate (Boardman, 2014).

Trinn 7: Beregne netto nåverdi for alle alternativene

Netto nåverdi tilsvarer differansen mellom nåverdien av fordelene og nåverdien av kostnadene. Et enkelt beslutningskriterium i analysen er at dersom netto nåverdi er positiv burde prosjektet gjennomføres. Dersom flere av alternativene har positiv netto nåverdi er «regelen» at man velger den med høyest verdi. Dette er dersom det kun er mulig å gjennomføre et av prosjektene, og ikke flere på en gang. Dersom ingen av alternativene har positiv netto nåverdi burde man bare la ting være som det var (Boardman, 2014). Presentert i formel 2 er formelen for netto nåverdi (NNV):

Formel 2: Netto nåverdi

$$NNV = NV(F) - NV(K)$$

Trinn 8: Utføre sensitivitetsanalyse

Underveis i analysen oppstår det gjerne usikkerheter om de prognostiserte påvirkningene og den passende monetære verdien som er satt. Med en sensitivitetsanalyse forsøker man å håndtere disse usikkerhetene ved å endre usikre parametere for å se hvordan dette påvirker netto nåverdi resultatet (Boardman, 2014).

Trinn 9: Lag en anbefaling

Som vi forklarte i trinn syv er det som regel netto nåverdien som bestemmer om et prosjekt skal utføres eller ikke, men dette er kun estimerte verdier. Flere alternativer kan få positiv netto nåverdi, men sensitivitetsanalyse kan også vise at det ikke nødvendigvis er alternativet med høyest netto nåverdi som er det beste alternativet. Det kan identifiseres effekter av et prosjekt som ikke kan måles, men som har stor betydning om prosjektet burde gjennomføres eller ikke. Dette kan for eksempel være tap av dyrearter. Kost-nytte analyse er kun en analysemetode som handler om hvordan ressurser til et prosjekt burde bli utnyttet – Analyser kommer med forslag, ikke avgjørelser (Boardman, 2014).

2.1.3 Verdisetting

I dette delkapitlet skal vi komme nærmere inn på trinn fem av kost-nytte analysen – sette monetære verdier på fordelene og kostnadene. Vi bruker betalingsvillighet for å måle fordelene av et prosjekt, og alternativkostnad for å måle kostnadene. Betalingsvilligheten baserer seg på hva forbrukerne er villige til å akseptere, mens alternativkostnad er hva verdien av ressursene ville vært i det beste alternativet (Boardman, 2014).

2.1.3.1 Betalingsvillighet

Betalingsvillighet handler ikke kun om positive påvirkninger som forbrukere er villige til å betale for, men også om det forbrukerne er villige å betale for å *unngå* effektene. Fordelene av et prosjekt er summen av det maksimale forbrukerne er villig til å betale for ønskede effekter, og det maksimale forbrukerne er villig til å betale for å unngå uønskede effekter (Boardman, 2014). Kost-nytte analyse bruker betalingsvillighet for alle som er påvirket av prosjektet. Uansett om den påvirkede personen er en forbruker, selger eller en skattebetaler, så blir deres betalingsvillighet inkludert i evalueringen (Brent, 2017).

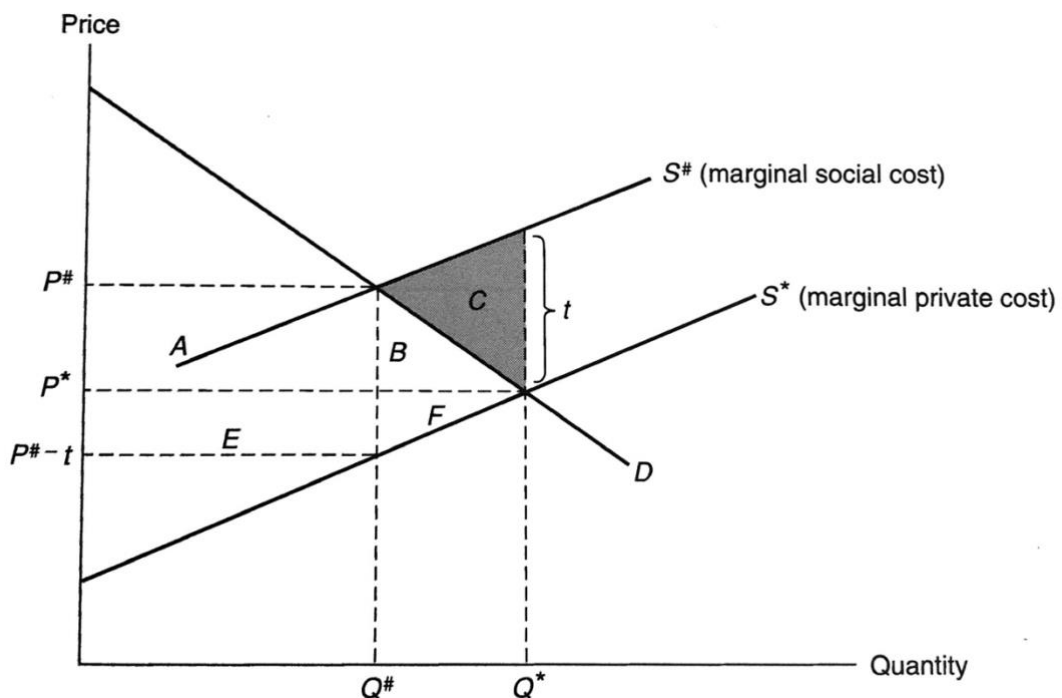
Negative eksternaliteter

For kost-nytte analysen i denne oppgaven vil negative eksternaliteter spille en viktig rolle, derfor vil det bli satt fokus på dette i det kommende kapitlet. Eksternaliteter av et prosjekt påvirker tredjepartfolk som ikke konsumerer eller produserer goden, og da vil man ikke kunne måle betalingsvilligheten på samme måte som når en konsument blir direkte påvirket. Figur 3 illustrerer et samfunn hvor et prosjekt resulterer i negative eksternaliteter. Tilbudskurven (S^*) representerer kun de marginale kostnadene som leverandørene pådrar seg, mens den andre tilbudskurven ($S^\#$) representerer samfunnets marginale kostnader som

tredjepartfolk pådrar seg, i tillegg til de private marginale kostnadene som leverandørene pådrar seg.

Den vertikale distansen mellom S^* og $S^\#$ tilsvarer det tredjepartsfolk er villige til å betale for å unngå de negative eksternalitetene. Denne distansen kan bli påvirket dersom de eksterne kostnadene internaliseres. Dette kan bli gjort ved å sette en skatt på det som forårsaker de negative eksternalitetene eller ved å subsidiere en alternativ løsning som ikke har negative eksternaliteter. På denne måten reduserer man de negative eksternalitetene.

Dersom det ikke blir innført noe regulering for markedet vil vi se at kostnaden knyttet til prosjektet er lavere enn kostnaden det koster samfunnet ($P^* < P^\#$). Dette gir en for stor produksjon ($Q^* > Q^\#$), som resulterer i et dødvektstap presentert under som den grå triangelen C. Vi kan forklare dødvektstapet slik: for hvert ytterligere produksjonsutbytte som overstiger $Q^\#$ vil den marginale sosiale kostnaden $S^\#$ stadig overstige den marginale sosiale fordelen D.



Figur 3: Negativ eksternalitet (Boardman, 2014).

2.1.3.2 Alternativkostnad

Det er begrenset hvor mye ressurser det er i et samfunn, og dette er et gjengående problem i samfunnsøkonomien. Dersom ressurser blir brukt til et prosjekt vil de ikke være tilgjengelig

for et annet. Det er derfor all konsum og produksjon har alternativkostnader knyttet til seg (Det store norske leksikon, 2014).

Den vanligste måten å måle verdien av ressursene som brukes i et prosjekt er ved å se på de direkte budsjettutgiftene som trengs for å anskaffe de. I noen tilfeller vil budsjettutgiftene være identiske med den korrekte alternativkostnaden, mens i andre tilfeller vil ikke dette gå (Boardman, 2014). For å bestemme om dette er mulig eller ikke kan vi se på tre ulike markedssituasjoner:

1. Når ressursmarkedet er effektivt og anskaffelse av ressursene for prosjektet vil ha en ubetydelig effekt på prisene. Her vil de direkte budsjettutgiftene være et korrekt mål på alternativkostnadene.
2. Når ressursmarkedet er effektivt, men anskaffelse av ressursene vil ha stor påvirkning på prisene. I denne situasjonen vil de direkte budsjettutgiftene være en overdrivelse av alternativkostnadene.
3. Når ressursmarkedet er ineffektivt. Her kan de direkte budsjettutgiftene både være vesentlig overdrevet eller underdrevet av de faktiske alternativkostnadene.

Verdien av alternativkostnadene vil også bli påvirket av om kost-nytte analysen er ex ante, ex post eller in medias res. Årsaken til at dette har en stor betydning er fordi alternativkostnadene omhandler verdien du kunne brukt på noe annet (Boardman, 2014). Et eksempel på dette er dersom en kost-nytte analyse blir gjort in medias res av et prosjekt i byggebransjen: Alternativkostnaden for metallet og betongen som blir brukt vil ikke være anskaffelsesprisen, men hva de er verdt i det øyeblikket analysen blir utført. I dette tilfellet ville nok verdien være skrapprisen de ville fått for materialene.

For denne oppgaven forutsetter vi at kost-nytte analysen blir utført for et prosjekt som anskaffer ressurser fra et effektivt marked hvor det ikke vil ha noe effekt på prisene, i tillegg til at mengden av ressurser som anskaffes er en uvesentlig mengde.

2.2 Landstrøm

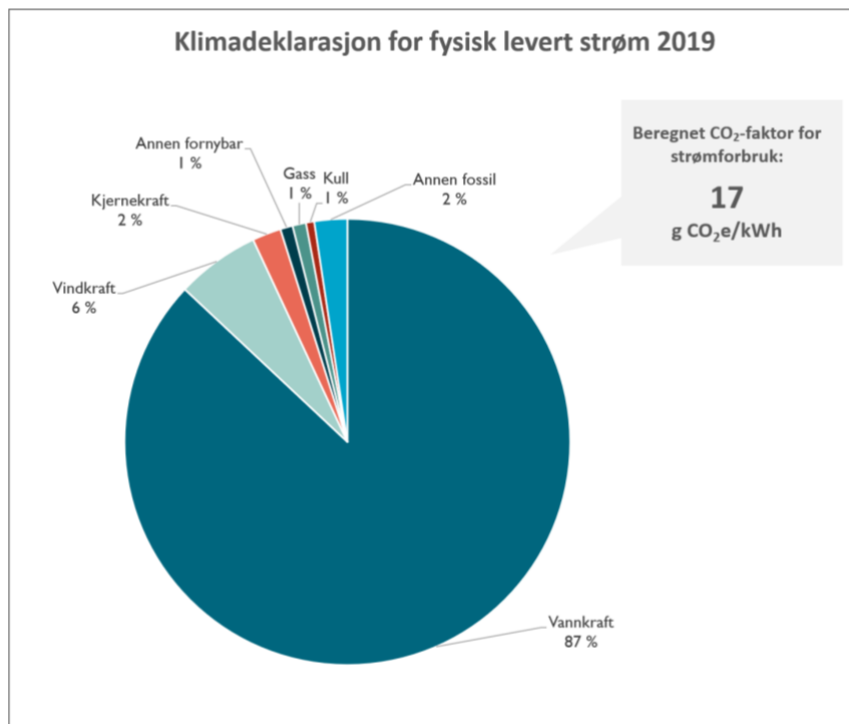
Landstrøm er elektrisk kraft som overføres fra strømanlegg på land til fartøy som ligger i havn. For å realisere målet om grønnere skipsfart i Norge kan landstrøm være et godt klimavennlig alternativ for å redusere karbonutslipp fra skip ved kai (Regjeringen, 2020). Når fartøy ligger til kai har det fortsatt behov for energi slik at det kan holde alle systemer gående, som varme, belysning og lignende. Det er i dag fortsatt mest vanlig å bruke fossilt drivstoff for å dekke dette energibehovet, men ved å bytte over til landstrøm kan fartøyene erstatte drivstofforbruket med elektrisitet fra havnen (Miljødirektoratet, 2021). Figur 4 viser et av landstrømanleggene til Karmsund Havn på Garpaskjær.



Figur 4: Bilde av landstrømanlegg på Garpaskjær Karmsund Havn (privat foto)

2.3 Utslippsfaktor for strøm

I denne oppgaven skal vi beregne det reduserte CO₂-utslippet ved å gå over til landstrøm, og derfor må vi vite utslippsfaktoren for kilowatt. For å regne ut gram CO₂-ekvivalenter per kilowatttime skal vi benytte oss av klimadeklarasjonen for fysisk levert strøm 2019 til Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). NVE (2021) beregnet at strømmen som ble brukt i 2019 hovedsakelig kom fra fornybare kilder, som resulterte i at klimautslippet som kom av den norske strømmen var lav – kun 17 gCO₂e/kWh. Figur 5 under viser hvilke metoder som produserer strøm i Norge:



Figur 5: Klimadeklarasjon for fysisk levert strøm 2019 (NVE, 2021)

NVEs beregning inkluderer også import og eksport av strøm. CO₂-faktoren i klimadeklarasjonen er basert på standardisert data over CO₂-utslipp for de ulike typene brenslene og ut ifra gjennomsnittlig virkningsgrad for ulike produksjonsteknologier (NVE, 2021). Klimadeklarasjonen er også basert på direkte utslipp fra produksjonen.

For å få et bilde av hvor lav CO₂-faktoren er for norsk strøm kan vi vise til CO₂-utslippet ved fossile brensel. Denne CO₂-faktoren er basert på fossilt brensel som brukes når skipet er fortoyed: 3,14 kg/CO₂/liter.

3.0 Case – Implementering av landstrøm ved Karmsund Havn

Case-beskrivelsen danner grunnlaget for selve kost-nytte analysen vi skal utføre for etableringen av landstrøm ved Karmsund Havn. Den inneholder en beskrivelse av bedriften Karmsund Havn og deres fremtidige planer, og til slutt en beskrivelse av case-studiet.

3.1 Karmsund Havn

Karmsund Havn ble stiftet i 1995 og det er et interkommunalt selskap som eies av kommunene Haugesund, Karmøy, Tysvær, Bømlo, Sveio og Bokn. Karmsund Havn består av tre ulike havner i Haugesund-regionen; Killingøy, Garpaskjær og Husøy (Karmsund Havn D, 2020). De tre havnene skaper sammen et maritimt knutepunkt på Vestlandet som stadig er i utvikling, både i form av ny teknologi, utvidelse av områder og et utvidet tilbud til sine klienter. Siden 1995 har Karmsund Havn hatt en kraftig vekst, men det er spesielt de siste fem årene at aktiviteten og likviditeten har økt. Årsresultatet var i 2019 på over 37 millioner kroner, som var en økning på over 25 millioner kroner fra året før (Proff, 2021). Karmsund Havn har bidratt til vekst i Haugesund-regionen og det har gjort området mer sentralisert og attraktivt. Karmsund Havn er i dag en av Norges største havner og det er en sentral nav innen sjøtransporten i Norge.

Havnene har ulike formål og bruksmetoder. Killingøy offshore and subseabase har til dags dato fem kaier, og det er et område med stor aktivitet for både Karmsund Havn, men også deres leietakere som består av store aktører som blant annet Equinor. Garpaskjær er regionens cruisehavn, der de også har langtidsleie til to ferjer (Karmsund Havn B, 2020). Havneområdene på Husøy er tilrettelagt for sjøtransport, prosjektlast, bulk og for fiskerisektoren, men det er hovedsakelig en omlastningsterminal der all overføring av gods skjer. Containerterminalen har høy håndteringskapasitet som gjør at de er i stand til å ta imot store laster og mulighet til å kunne langtidslagre gods ved havnen. Karmsund Havn tilrettelegger for at klientene deres skal ha tilgang til et utbredt tilbud og de tilbyr blant annet tilgang til naturgass og landstrøm ved noen av havnene (Karmsund Havn A, 2020).

Lokaliseringen til Karmsund Havn er ideell, da de ligger plassert ved vestkysten av Norge midt mellom Stavanger og Bergen. Denne sentrale beliggenheten gir dem fordelen ved å

være knutepunktet til byene langs vestkysten. Karmsund Havn ligger også bare fem kilometer unna Haugesund lufthavn, og de nye veiløsningene har gitt Karmsund Havn gode veiforbindelser til de nærliggende byene (Karmsund Havn A, 2020).

3.1.1 Fremtidige planer

Karmsund Havn har planer om å bli Norges grønneste havn, og de har allerede implementert mange innovative og klimavennlige løsninger i havnene sine. Det er spesielt Intelliport som de velger å ha fokuset på når de skal vise til bedriftens fremtidige planer. Intelliport er et konsept Karmsund Havn har utviklet der de har et høyt fokus på bærekraft når de legger frem planer for fremtidige tiltak og prosjekter som skal implementeres. «Lean, clean and green» er Intelliport sin visjon, som innebærer at selskapet skal ha fokus på miljøvennlige løsninger uten at det skal måtte gå utover den økonomiske og effektive driften av selskapet (Karmsund Havn, 2016). Intelliport ble satt i gang høsten 2016 og de har etter den tid implementert flere av leddene i dette prosjektet.



Figur 6: Intelliport Karmsund Havn (Karmsund Havn, 2020).

Modellen ovenfor viser et visuelt bilde av hva Karmsund Havn ønsker å oppnå i fremtiden. Havnekjeden inkluderer syv ulike elementer som skal implementeres. Noen av prosjektene har allerede blitt realisert, som for eksempel to el-kraner som har blitt implementert på Husøy og led-belysning er installert ved havnene på Killingøy og Husøy. Den automatiserte gaten er på plass, men er ikke enda ferdigstilt, da det ble forsinkelser grunnet covid-19. Når den nye ID-portalen er implementert vil den kunne gjøre at lastebiler og andre veitrafikanter som kommer inn til Husøy via vegtransport skal enkelt kunne registrere bil, fører og lasten de har med seg. Dette er ved hjelp av kameraer og et kort som skannes ved porten (Karmsund Havn, 2016). Dette fører til en effektiv på- og avlastning som sparer både kostnader, tid og dermed miljøpåvirkninger.

På Husøy har Karmsund Havn laget strømmuttak langs hele havnen da den ble bygget, slik at de i fremtiden har mulighet til å lettere implementere landstrøm når det er en mulighet. Det er allerede implementert to landstrømanlegg på Killingøy og Garpaskjær og de har planer om å utvide dette tilbudet i fremtiden. Innen 2022 skal landstrøm til cruiseskip på Garpaskjær stå ferdigstilt (Karmsund Havn, 2016). Vakumfortøyning og biodrivstoff er noe de gjerne vil implementere i fremtiden, men som det enda ikke er søkt støtte om eller laget en tidsfrist for.

Ettersom Karmsund Havn har hatt en stor vekst og mulighet til å kunne gjøre store deler av Intelliport til virkelighet, har de gått i gang med å utarbeide en Intelliport 2.0. Karmsund Havn har selv sagt at de vil gjøre det enklere for klientene som bruker deres havner ved å tilrettelegge for dem, slik at de kan være en pådriver for at aktøren i havnen skal ta mer miljøvennlige valg (Karmsund Havn C, 2020).

3.2 Beskrivelse av case

Det er viktig å skille lønnsomhet til landstrøm inn i to distinkte kategorier; den finansielle siden ved det og miljøpåvirkningene. Det er flere faktorer som må tas med i betraktning for å få et klart bilde over lønnsomheten til landstrøm, og det innebærer blant annet økonomiske investeringer, eksterne kostnader og miljøpåvirkninger som vil påvirke verdien landstrøm vil bringe. Naturligvis vil det være utslippsgevinster ved å implementere land-til-skip-strømforbindelse, men det er vanskeligere å se fordelene det bringer bedriftene som implementerer det. Det er svært kostbart å innføre landstrøm, både for fartøy og havner, og det er nettopp denne høye implementeringskostnaden som hindrer landstrøm i å utvikle seg raskere (Tseng et al., 2015).

I Norge kan en derimot søke om å få dekket opp til 50 prosent av investeringskostnadene ved landstrøm gjennom Enova, som hjelper å fremskynde veksten av landstrøm i Norge. Enova er et selskap som eies av Klima- og miljødepartementet, som ble opprettet for å bidra til omlegging av energibruk og energiproduksjon (Enova A, 2021). Det er viktig at regjeringer globalt tilrettelegger for at grønne alternativer skal være lettere å implementere. Ettersom Norge vil satse mer på grønnere skipsfart kommer det mest sannsynlig i fremtiden til å bli innført strengere krav og reguleringer, som gjør at fartøy og havner med landstrøm vil komme bedre ut (Miljødirektoratet, 2021). Det vil variere hvor lang tid det vil ta før det lønner seg rent økonomisk for både havner og fartøy å bytte over til landstrøm. Her er det

ulike faktorer som spiller en rolle i hvor lang tid det vil ta før en tjener på investeringen og hvor høy fortjenesten er (Enova A, 2021).

Vi skal i denne oppgaven skrive om landstrøm fra et kostnad-nytte perspektiv, der vi vil ta for oss alle de tre havnene i Karmsund Havn under ett. Dette gjør vi fordi selskapet selv har planer om å implementere flere landstrømanlegg på både Husøy, Garpaskjær og Killingøy. Det vil også gjøre resultatet vårt enklere for lesere å forstå da det skaper et helhetlig bilde av prosjektet i analysen. Vi bruker kost-nytte analyse for å evaluere lønnsomheten til Karmsund Havn dersom de velger å implementere landstrøm på alle sine fasiliteter, da den vil kunne vise til fordeler og ulemper dette vil bringe med seg.

Vi starter ved å identifisere alternative prosjekt og i dette tilfelle vil vi vurdere hvor mange landstrømanlegg som er mest lønnsomt. Grunnlinjen vår i dette prosjektet vil være ingen endring, som vil si at det er mest lønnsomt å ikke implementere flere landstrømanlegg enn de to landstrømanleggene som allerede er bygget. Derfra vil vi øke prosentvis frem til 100 prosent, som vil si at de har landstrømanlegg ved alle kaier i alle havnene. Kostnadene i denne oppgaven vil være de finansielle kostnadene og de eksterne kostnadene støy, CO₂-utslipp og NO_x-utslipp. Det er de som vi mener er mest sentrale i vår problemstilling og har størst innvirkning på hvordan resultatet vil bli påvirket både negativt og positivt. Disse eksterne effektene vil bli verdisatt ut fra tildelte vektorer som vil bidra til å evaluere hvor mange landstrømanlegg som gir mest nytte for samfunnet.

4.0 Metode

Metode er et hjelpemiddel for å gi en beskrivelse av virkeligheten hvor det handler om hvordan man samler inn informasjon og hvordan å analysere denne informasjonen (Johannesen, 2020). I dette delkapittelet skal det presenteres de metodene som er brukt for å besvare denne oppgavens problemstilling og forskningsspørsmål.

4.1 Samfunnsvitenskapelig metode

Samfunnsvitenskapelig metode dreier seg om å samle inn, analysere og tolke data. Samfunnsvitenskap er å få informasjon om den sosiale virkeligheten, hvordan den skal analyseres, og hva den forteller oss om samfunnsmessige forhold og prosesser (Johannesen, 2020). I vår oppgave setter vi verdier og vektninger på ulike faktorer i en kostnad-nytte analyse, som omfatter faktorer som ikke har en markedspris. Derfor har den samfunnsvitenskapelige metoden vært sentral i vår oppgave da prissatte og ikke-prissatte elementer vil spille en stor rolle.

4.2 Kvantitativ metode

Vi har brukt kvantitativ data da oppgaven er underbygget på tall som er gitt til oss fra Karmsund Havn. Kvantitativ metode er en analyse av data som anvender tall, og vår oppgave vil være en analyse av kvantitative data, utregninger og til slutt en tolkning av resultatene som også kommer i form av tall (Johannesen, 2020). Ved å bruke den kvantitative metoden har vi kunnet bearbeide og tallfeste data som gjorde det mulig å fastlegge sammenhengen til de ulike dataene. Vi har også en fordel med at mye av den kvantitative dataen er fra Karmsund Havn, da dataen som er gitt er samlet til et lignende formål. Ettersom informasjonen er blitt brukt i en lignende type problemstilling har vi vinklet og tatt videre utregninger slik at den blir relevant til vår oppgave.

4.3 Datainnsamling

I oppgaven er det brukt sekundærdata som hovedsakelig er innhentet fra Karmsund Havn. Mye av informasjonen vi etterspurte hadde Karmsund Havn tilgjengelig, og det ble gitt til oss i forbindelse med oppgaven. Ved å bruke eksisterende kunnskap og data gir det oss muligheten til å samle og bruke informasjonen mer effektivt. For vår oppgave er det mer relevant å bruke historisk- og samtidsdata for å gi analysen et tilnærmet realistisk resultat.

All annen sekundærdata som ble anvendt i oppgaven ble nøye undersøkt slik at kildene vi brukte var sikre og troverdige.

I tillegg til data vi fikk av Karmsund Havn og litteratur som ble hentet fra internett og bibliotek, så har vi forsøkt å kontakte flere bedrifter som kunne ha relevant informasjon til oppgaven vår. Bedrifter som vi forøkte å kontakte var Enova, Sjødirektoratet, Plug og NOx-Fondet. Vi kontaktet dem for å etterspør informasjon som ikke Karmsund Havn kunne forsyne oss med eller som vi ikke fant ellers. Vi forsøkte også å kontakte andre havner tilsvarende med Karmsund Havn for å høre om de hadde data vi manglet, for å da kunne sette estimat som kunne baseres på dette.

4.4 Forskningsprosess

Det finnes flere tilnæringer til hvordan å dele opp forskningsprosessen på. En av måtene er å dele opp prosessen i fire faser ifølge Johannesen (2020):

1. Forberedelse
2. Datainnsamling
3. Dataanalyse
4. Rapportering

Forberedelse

Det starter alltid med en idé eller et spørsmål som en ønsker et svar på. Deretter må man definere formålet med undersøkelsen, og da må det organiseres hvordan en skal svare på problemstillingen og forskningsspørsmålene (Johannesen, 2020). For denne oppgaven startet det med en interesse for grønn logistikk, og et ønske om å undersøke hvor lønnsomt det er å investere i miljøvennlige alternativer.

Med en tanke om hva oppgaven skulle handle om ble det tidlig bestemt at forskningsdesignet for oppgaven skulle være case-basert. Karmsund Havn sin visjon om å bli “Norges mest miljøvennlige havn” (Jørgensen, 2020) var appellerende og det besto av flere delprosjekter som passet bra til ideen med denne oppgaven. Etter nøyere undersøkelse av prosjektene til Karmsund Havn ble implementering av landstrøm valgt ut ettersom det var en av de mest omfattende delprosjektene.

Analysemetoden, kost-nytte analyse, ble valgt i samarbeid med veileder og problemstilling ble deretter utformet. Den viktigste målsetningen for oppgaven er å avdekke hvilke effekter implementering av landstrøm vil ha på samfunnet, og på tredjepartsfolk som blir påvirket av prosjektet.

Datainnsamling

Det som skiller forskning fra hverdagslige vurderinger, er at det må samles inn data om det som skal undersøkes (Johannesen, 2020). Som beskrevet tidligere i kapittel 4.4 benytter denne oppgaven seg av sekundærdata som er gitt av Karmsund Havn. Vi har etterspurt data som er nødvendig for å utføre de ulike utregningene i oppgaven. På grunn av dette har det ikke vært hensiktsmessig å hente egen data for å svare på problemstillingen, unntatt data for å beskrive den teoretiske delen og begrensinger som vi har i noen tilfeller måtte basere på andre lignende prosjekt.

Dataanalyse

Den innhentede dataen må analyseres og tolkes for å kunne forklare utregningene og resultatene som fremkommer i oppgaven. Dataen vi fikk tildelt av Karmsund Havn fremsto hovedsakelig i flere og omfattende Excel-ark, som førte til at mye tid gikk til å gjøre datareduksjoner ved å analysere hvilken data som var relevant og hvilken som ikke var det.

Rapportering

Resultater som kommer frem av studiet skal presenteres skriftlig (Johannesen, 2020). Denne oppgaven er avsluttet med en skriftlig rapport. Oppgaven skal ikke presenteres, men et eksemplar av oppgaven skal bli tildelt til samarbeidsbedriften Karmsund Havn.

4.5 Evaluering av metodisk fremgangsmåte

For å evaluere den metodiske fremgangsmåten for denne oppgaven så kan man se på reliabiliteten og validiteten. Svartdal (2020) definerer reliabilitet som målinger som er konsistens og/eller stabile. Ettersom oppgaven baserer seg på sekundærdata, som er gitt av samarbeidsbedriften og hentet fra troverdige kilder kan man vurdere den dataen som reliabel. At dataen fra samarbeidsbedriften er troverdig er en vurdering vi selv har tatt, ettersom som vi har ingen grunn til å tro at det ikke stemmer.

Validitet handler om hvor stor grad man kan trekke beslutninger av et resultat fra et studie (Dahlum, 2021). Det er en prosess som går på å analysere dataen som er samlet til oppgaven, og om den er troverdig. Vi kan dele validitet inn i intern og ekstern validitet: Intern validitet handler om studiets analyser gir et målbart resultat som en kan trekke konklusjoner fra, mens ekstern validitet handler om studiets resultat kan generaliseres og anvendes i andre situasjoner (Yin, 2018).

Ved at dette case-studiet benytter kost-nytte analyse som et verktøy kan man si at den interne validiteten er troverdig ettersom dette er et verktøy som gir et klart resultat om prosjektet bør gjennomføres eller ikke. For den eksterne validiteten kan man gjerne forestille seg flere norske havner som vil stå med samme problemstilling som denne oppgaven analyserer. Resultatet som analysen kommer frem til vil kunne generaliseres og tolkes for andre lignende prosjekt.

5.0 Resultater og analyse – Kost-nytte analyse av implementering av landstrøm ved Karmsund Havn

I det kommende kapittelet skal det utføres en kost-nytte-analyse av implementering av landstrøm ved Karmsund Havn. Analysen vil gå gjennom de ni stegene som ble presentert i kapittel 2.1.2 under den teoretiske delen.

5.1 De identifiserte prosjektenes fordeler og kostnader, og hvem de berører

Vi skal starte kost-nytte analysen med å definere oppgavens alternative prosjekter, hvor det er inkludert flere alternativer for å gi analysen et bredere omfang og for å sikre at vi ikke utelukker det best resulterte prosjektet. I denne oppgaven skal det vurderes hvor mange landstrømanlegg som er mest lønnsomt, og de alternative prosjektene vil derfor være en prosentvis økning av landstrømanlegg i Karmsund Havn. For å vise til flere ulike alternativer har vi valgt å inkludere fem alternative prosjekter der grunnlinjen vil være ingen endring, som vil si null prosent økning i landstrømanlegg. Derfra vil vi øke jevnt med to landstrømanlegg per alternativ prosjekt frem til 100 prosent av Karmsund Havn har landstrømanlegg. Det er viktig å presisere at 100 prosent landstrømanlegg ikke vil si at alle havnene har landstrømanlegg, men de som Karmsund Havn selv har uttrykt det er aktuelt å utbygge landstrømanlegg på. Ved å inkludere både ingen forandring og implementeringen av alle landstrømanleggene får vi vurdert og analysert flere alternative resultater og kan komme frem til det mest optimale antall landstrømanlegg. I tabell 1 ser vi de ulike alternativene som er inkludert i analysen, og antall etablerte landstrømanlegg for hver av dem.

Tabell 1: Alternative prosjekt

Alternative prosjekter				
Alternativ 0	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4
2/11 havner med landstrømanlegg	4/11 havner med landstrømanlegg	6/11 havner med landstrømanlegg	8/11 havner med landstrømanlegg	11/11 havner med landstrømanlegg

Å identifisere lønnsomheten til en økning av landstrøm vil tilsvare en reduksjon i den marginale samfunnskostnaden, som vil si at det ikke inkluderer direkte fordeler for noen

parter i dette prosjektet. Alle faktorene som er tatt med i betraktning er kostnader, og hovedformålet med analysen vil være å finne hvilken prosentandel landstrømanlegg som vil gi den største reduksjonen av disse kostnadene (Boardman, 2014).

Kostnadene som er inkludert i denne problemstillingen er finansielle kostnader, og de eksterne kostnadene støy, tid, CO₂ og NO_x er faktorer som vil bli påvirket av en økning i antall landstrømanlegg. Vi har valgt å ikke inkludere kostnaden tid videre i vår analyse ettersom tid er en ekstern faktor som kommer til å bli lite påvirket av endringen innen landstrøm. Med kostnaden tid i form av landstrømanlegg mener vi tiden det tar for fartøy å koble seg opp og av landstrømmen, som er estimert til å være 30 minutter per fartøy (Karmsund Havn, 2020). Det blir ikke tillegg i liggetiden, men redusert tid fartøyet er tilkoblet landstrømanlegget, og vi valgte dermed å ikke ta denne kostnaden videre i vår analyse. Tabell 2 viser en oversikt av kostnadene og fordelene som er inkludert i kost-nytte analysen, som vi skal forklare nærmere i kapittel 5.1.1 og 5.1.2, og til slutt vil 5.1.3 ta for seg hvem som blir påvirket av effektene.

Tabell 2: Kostnader

Kostnader	
<i>Finansielle effekter</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Offentlig • Privat
<i>Eksterne effekter</i>	<ul style="list-style-type: none"> • CO₂-reduksjon • Støy • NO_x-reduksjon

5.1.1 Eksterne effekter

Det er flere negative eksterne kostnader som blir redusert ved implementering av landstrøm. De eksterne effektene vi har valgt å inkludere kost-nytte analysen er CO₂-utslipp, NO_x-utslipp og støy ettersom dette er de eksterne effektene vi mener er mest relevante for dette prosjektet. Støy er en kostnad med større ringvirkninger da den, avhengig av hvor omfattende den er, kan påvirke eiendomsverdier og lokalbefolkningens velferd. Støy fra sjøfarten er forstyrrende og det kan føre til flere stressrelaterte helseeffekter for de pårørende, og derfor vil reduksjonen av denne negative eksternaliteten gi nytte for de som blir påvirket av det. CO₂-utslipp og NO_x-utslipp er to sentrale

utslippsformer som kommer av fortløyde skip ettersom de bruker fossile brennstoff også når de ligger til kai, og ved å gå over til landstrøm så blir disse negative eksternalitetene drastisk redusert, som gir nytte for samfunnet.

5.1.2 Finansielle kostnader

Implementering av flere landstrømanlegg vil føre til investeringskostnader og driftskostnader, der vi har valgt å dele kostnadene inn i privat og offentlig. Grunnen til at det er delt inn i offentlig og privat er fordi oppgaven er vinklet fra et samfunnsøkonomisk syn som vil si at ressursene som blir brukt på utbyggingen av landstrøm er ressurser som tilhører hele samfunnet. Karmsund Havn er en offentlig eid bedrift som vil si at deres kostnader er også samfunnets, men det er også koblet private finansielle kostnader fra deres aktørers side. Det er derfor viktig å undersøke hvor stor verdi landstrøm vil gi, da dette vil påvirke samfunnet.

5.1.3 Definere hvem fordelene og kostnadene tilhører

For å gå videre i analysen er det viktig å definere hvem fordelene og kostnadene tilhører som skal være med, og med det mener vi de som påvirkes mest av kostnadene og som vil merke størst forskjell i reduksjonen av den (Boardman, 2014). Dette er et viktig steg for å vite hvem som vil bli påvirket av eventuelle endringer i parameterne. Omfanget til kostnadene er avhengig av avgrensinger for å kunne analyseres, men kostnaden CO₂-utslipp er ikke mulig å avgrense. CO₂ er en klimagass som forårsaker miljøproblemer og det vil derfor ha langvarige innvirkninger som påvirker globalt. Det globale perspektivet inkluderer dermed fordeler og kostnader som påvirker alle (Boardman, 2014). Derfor burde vektingen av CO₂-utslipp være internasjonal og brukt verden over, men det er den ikke.

De andre effektene støy, NO_x-utslipp og finansielle kostnader er det derimot mulig å avgrense til å være hovedsakelig lokalbefolkningen, arbeidere om bord på fartøyene og ved havnen. Dette gir oss muligheten til å sette nasjonale grenser da det vil være mer relevant for vår oppgave. Hvis det hadde vært en mulighet å finne en vekting som hadde gjeldt lokalt hadde det vært ideelt, men ettersom det er vanskelig å finne korrekt data på dette bruker vi de nasjonale.

5.2 Estimere langtidseffektene av prosjektet

I den kommende delen av kost-nytte analysen skal vi estimere hvor store de indentifiserte effektene av prosjektet er om ti år. For dette steget så er det mest relevant å inkludere reduksjonen av CO₂- og NO_x-utslipp for å vise hvor stor reduksjon det er av disse eksterne kostnadene ti år frem i tid. Grunnen til at reduksjonen av støy ikke er inkludert i denne delen er fordi dette er en konstant reduksjon som ikke vil øke over tid slik som de andre eksterne kostnadene. I tabell 3 er differansen fra dagens situasjon og de fire andre alternativene presentert hvor størrelsen av effektene er estimert ti år frem:

Tabell 3: Estimerte langtidseffekter av eksterne fordeler

Eksterne kostnader	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4
Tonn CO ₂ -utslipp	74 590	149 180	223 769	335 654
Tonn NO _x -utslipp	3 029	6 057	9 086	13 629

5.3 Sette monetær verdi på effektene

For denne delen av analysen skal vi sette monetær verdi på de identifiserte effektene av de ulike alternativene. Vi deler dette delkapittelet opp i to deler; alternativkostnad og betalingsvillighet, slik som vi gjorde under kapittelet for det teoretiske grunnlaget.

5.3.1 Alternativkostnad – Måling av finansielle kostnader

For å måle fordelingen av effektiviteten til et prosjekt og beregne netto sosiale fordeler, bør offentlige prosjektutgifter og inntekter multipliseres den marginale meravgiften (Boardman, 2014). Skattekostnaden er i Norge satt til 20 prosent, og vi vil derfor multiplisere alle offentlige utgifter med 1,2 (Brembu et al., 2018). Dette vil også inkludere kostnader som er støttet av Enova ved de private kostnadene, da dette er dekket av staten. Formel 3 viser hvordan å beregne skattekostnaden for offentlige kostnader og inntekter, og tabell 4 viser en oversikt over de ulike prisene og kostnadene som er benyttet til beregninger av de finansielle kostnadene. Deretter skal vi gå nærmere inn på de private og offentlige finansielle kostnadene.

Formel 3: Skattekostnad

$$SO = KO + PS (1 + MMVA) OO$$

SO (samfunnsøkonomisk overskudd) = KO (konsument overskudd) + PS (Produsent overskudd) + (1 + Marginal merverdiavgift) OO (Offentlig overskudd)

Tabell 4: Finansielle kostnader: Priser

Finansielle kostnader: Priser	
Pris per landstrømanlegg: Fartøy	1 000 000 NOK (25% er støttet av Enova)
Pris per landstrømanlegg: Karmsund Havn	2 850 000 NOK
Pris per kWh	0,17 NOK
Pris på- og avkobling av landstrøm	825 NOK
Karmsund Havns fortjeneste på solgt strøm	15%
Skattekostnad	20%

Resultat finansielle kostnader

Tabell 5: Monetær verdi finansielle kostnader

	<i>Alternativ 1 mot alternativ 0</i>	<i>Alternativ 2 mot alternativ 0</i>	<i>Alternativ 3 mot alternativ 0</i>	<i>Alternativ 4 mot alternativ 0</i>
Finansielle kostnader	Differanse	Differanse	Differanse	Differanse
<i>Privat</i>				
Investeringskostnader	4 200 000	6 300 000	8 400 000	11 550 000
Driftskostnader	-10 905 337,31	-21 810 675	-32 716 012	-49 073 605
<i>Offentlig</i>				
Investeringskostnader	13680000	20520000	27360000	37620000
Driftskostnader	0	0	0	0
Finansielle fordeler				
Offentlig	416 625	833 250	1 249 875	1 875 225

5.3.2 Privat

I denne delen av analysen skal vi se nærmere på resultatet til de private finansielle kostnadene. De private kostnadene er delt inn i investeringskostnader og driftskostnader, og vi skal nå forklare hvordan vi kom frem til disse resultatene.

5.3.2.1 Investeringskostnader

Det er ingen investeringskostnader for skipseierne før landstrøm, men en ser en gradvis økning i kostnader ved antall fartøy med landstrømanlegg. Vi har vært i kontakt med flere rederier da det var vanskelig å finne data på kostnader for landstrømanlegg om bord fartøy og hvor stor andel av investeringskostnaden som ble støttet av Enova. Ved bruk av denne metoden for å innhente data fikk vi tall på investeringskostnader og hvor stor andel som var blitt finansiert ved hjelp av Enova. Kostnaden per strømanlegg har en større variasjon der type fartøy, alder og størrelse er faktorer som spiller en stor rolle i prisen. Det var derfor viktig å få data på mange ulike fartøy for å inkludere flest mulig av fartøyene som inngår i

Karmsund Havn sin havnetrafikk. Deretter tok vi et gjennomsnitt av disse dataene og kom frem til en investeringskostnad på 1 000 000 kroner, der 25 prosent (250 000 kroner) er dekket av Enova. Dette er en kostnad som vil variere, men ettersom det er stor variasjon i fartøyene som kommer til Karmsund Havn måtte vi begrense oppgaven til estimatene som ble oppgitt. Vi prøvde også å få statistikk over dette fra Enova, men denne dataen er konfidensiell. I utregningen har vi som sagt multiplisert støtten fra Enova med skattekostnaden på 20 prosent da dette er offentlige kostnader ettersom det er statlig finansiert.

5.3.2.2 Driftskostnader

Karmsund Havn sendte oss data over all havnetrafikk i alle de tre havnene. I dette dokumentet var det oversikt over hvilke type skip som var fortøyd, bruttotonn og liggetiden deres. Dette gjorde det mulig for oss å regne ut kilowattimebehovet etter skipskategori og deretter etter størrelse ved å bruke en beregnings mal som vil gi kilowatt-potensialet for landstrømanleggene (Enova, 2017). Resultatet for estimert energibehov for all havnetrafikk ved Karmsund Havn ble 21 371 484 kilowattimer. Deretter gjorde vi om denne dataen til CO₂ og videre om til liter marin gassolje, som gjorde det mulig for oss å finne drivstofforbruket for alle skipene i Karmsund Havn. For å finne kostnadene ved drivstofforbruket multipliserte vi antall liter med literpris på marin gassolje som er fem kroner, som ga oss et resultat på 65 903 945 kroner (Grjøtheim et al., 2018). Dette er som vist i tabell 5, ført under private driftskostnader før utbygging av flere landstrømanlegg. Vi har i alternativene inkludert den nye strømvavgiften og redusert drivstoffkostnadene som gjør at driftskostnadene reduseres da strømkostnaden er billigere enn drivstoff.

Da utregningen av antall kilowattimer var estimert multipliserte vi resultatet med 0,17 kroner som er pris per kilowattime (Haugaland Kraft, 2021). Pris per kilowattime er en gjennomsnittspris per kilowattime i 2020. Deretter er totalprisen av drivstofforbruket og prisen på strømbruken til fartøyene tatt med. Vi har også inkludert prisen for på- og avkobling for hvert skip som er en fastpris på 825 kroner, som vi multipliserte med økningen i antall skip som kobler seg til landstrøm. Tabell 5 viser en stor reduksjon i driftskostnader ved å gå over fra fossilt drivstoff til landstrøm. Å gå over til strøm fremfor å ha generatorene i gang ved fartøyet sparer store kostnader da strøm er en mye billigere energikilde.

Ved utregningen av utslipp til de ulike fartøyene ved Karmsund Havn, måtte vi begrense oss til et felles drivstoff. Vi valgte derfor å bruke marin gassolje da dette er det mest vanlige drivstoffet brukt ved norsk farvann (Eide, 2019). Dette var en begrensning vi måtte ta da Karmsund Havn ikke hadde data over fartøyenes drivstoffbruk. Ettersom vi allerede hadde sortert data på de ulike fartøyene prøvde vi å undersøke hvilke drivstoff som var mest brukt etter type fartøy, og da de aller fleste falt under kategorien marin gassolje valgte vi å begrense oppgaven til å kun omfatte dette drivstoffet. Det er derfor vi tror at denne tilnærmelsen vil være nokså likt det faktiske sluttresultatet, men det kan ha hatt en annen innvirkning på CO₂ parameteren.

Vi har valgt å se vekk fra dataen som omfatter cruiseskipene ved havnen Garpaskjær. Dette gjorde vi ettersom kilowattbehovet til disse cruiseskipene er mye større, og det hadde skapt et stort avvik mellom dataen fra de andre fartøyene. Utslippene til cruiseskipene er også mye større enn den standard størrelsen på fartøyene som kommer til Karmsund Havn, og disse tallene hadde da skapt en ubalanse i vår utregning. Derfor valgte vi å se vekk fra cruiseskipene, da ingen av de andre havnene til Karmsund Havn vil innebære cruiseskip. Vi tok derimot med fem cruiseskip ettersom de ikke var fortøyd ved cruisehavnen, men dette vil ha mindre innvirkning på vårt resultat.

5.3.3 Offentlig

I denne delen av analysen skal vi se nærmere på resultatet til de offentlige finansielle kostnadene. De offentlige kostnadene er delt inn i investeringskostnader, driftskostnader og finansielle fordeler.

5.3.3.1 Investeringskostnader

Investeringskostnader før landstrøm for den offentlige sektoren er lik null. Deretter viser tabellen at kostnadene øker gradvis i takt med alternativene der antall landstrømanlegg øker gradvis. Vi har fått data fra Karmsund Havn at hvert landstrømanlegg koster 2 850 000 kroner, og vi har brukt denne prisen til alle de elleve landstrømanleggene som skal utbygges. Karmsund Havn har informert oss at strømanleggene som skal utbygges ikke vil ha store avvik fra denne investeringskostnaden da de er samme størrelser og under lignende omstendigheter. Vi har også multiplisert investeringskostnadene med 1,2 ettersom det er 20 prosent i skattekostnader for alle offentlige utgifter.

Karmsund Havn har også et landstrømanlegg for cruiseskip som skal stå ferdig i 2022. Vi har valgt å ikke ta med kostnadene for dette landstrømanlegg da disse kostnadene er mye større enn et landstrømanlegg for andre fartøy. Landstrømanlegg for cruiseskip er langt mer omfattende arbeid når det kommer til utbyggingen av strømforsyning, anleggsfasen og flere faktorer. Derfor hadde dette skapt et unøyaktig syn på de finansielle kostnadene som faktisk spiller en rolle til de fremtidige landstrømanleggene.

5.3.3.2 Driftskostnader

Ved driftskostnadene for landstrømanlegg er det flere faktorer som må tas med i betraktning. Vi har i vårt tilfelle valgt å legge til en kostnad ved dette selv om det ikke er direkte driftskostnader knyttet til landstrøm. Vi har valgt å sette inn 700 000 kroner i driftskostnader i form av lønnskostnader som Karmsund Havn har for å ansette en elektrikeringeniør som jobber hos dem fulltid. Dette er en stilling som ikke var nødvendig før landstrømanleggene ble utbygget og vi vil derfor ta det med i vår utregning. Disse kostnadene vil da også dekke andre problemer som kan oppstå ved på- og avkobling til landstrøm, vedlikehold og lignende. Denne kostnaden multipliseres med 20 prosent da det er offentlig kostander.

5.3.3.3 Finansielle fordeler

De finansielle fordelene for Karmsund Havn er at de får en fortjeneste på strømsalget ved å tilby landstrøm til sine aktører. De har lagt til en fortjeneste på 15 prosent ved hvert strømsalg. De har også en på- og avkoblingskostnad på 825 kroner som en kan se at økningen i antall fartøy som kobler seg på landstrøm øker denne summen til å bli en stor fortjeneste for Karmsund Havn. I denne delen av tabell 5 har vi tatt kilowattimer og multiplisert denne med prisen per kilowattime som er satt på en pris på 0,17 kroner (Haugaland Kraft, 2021). Deretter har vi multiplisert dette tallet med 15 prosent som er prosentandelen Karmsund Havn har lagt til for at de skal ha en fortjeneste ved å implementere landstrømanlegg i sine havner. Vi har også multiplisert resultatet med skattekostnaden ettersom både kostnader og inntekter ved offentlige bedrifter skal vektas mer enn private.

5.3.4 Betalingsvillighet – Måling av eksterne kostnader

Formålet med å implementere landstrøm er å redusere de negative eksternalitetene som kommer av skip som ikke er koblet til landstrøm. I dette delkapittelet skal vi måle og se på de negative eksterne effektene som blir redusert ved implementering av landstrøm, og betalingsvilligheten for denne reduksjonen. Under i tabell 6 er en oversikt over størrelsen av effektene og de monetære verdiene knyttet til dem. Grunnen til at verdiene er positive, til tross for at det er en reduksjon av effektene, er fordi dette er en positiv reduksjon som gir nytte til samfunnet, og da er det hensiktsmessig å vise verdiene som positive.

Tabell 6: Monetær verdi eksterne kostnader

Eksterne kostnader	Alternativ 1 mot alternativ 0		Alternativ 2 mot alternativ 0		Alternativ 3 mot alternativ 0		Alternativ 4 mot alternativ 0	
	Differanse	Monetær verdi	Differanse	Monetær verdi	Differanse	Monetær verdi	Differanse	Monetær verdi
Støy (dB)	113	46290	227	92580	340	138870	510	208304
CO ₂ (tonn)	7459	3111884	14918	6223769	22377	9335653	33565	14003480
NO _x (Tonn)	151	5163947	303	10327895	454	15491842	681	23237763

5.3.4.1 Støy

Ettersom vi ikke fikk konkrete målinger av støy ved skipene på Karmsund Havn har vi måtte brukt støymålinger fra en annen havn som et estimat. Ved å analysere støysonekartet til en annen havn har vi brukt støynivået ved et fortøyd skip som estimat på støynivået ved et skip i Karmsund Havn før landstrøm (Hestetun, 2015) – dette ga oss et støynivå på 60 desibel. Dette støynivået er basert på et bulkskip med ukjent størrelse. Dette vil klart ikke samsvare med støynivået for alle de ulike skipstypene som legger til kai ved Karmsund Havn, men dette blir en begrenset verdi. Siden det er to skip som kobles opp på hvert landstrømanlegg, må vi se på den samlede støyen fra to skip per landstrømanlegg, og når to støykilder summeres øker støyen med 3 desibel (Miljødirektoratet, 2014) – dette gir oss en samlet støy på 63 desibel per landstrømanlegg.

Støynivået er målinger rett ved skipet, og ikke i nærliggende boligområder. Dette er en begrensning vi har valgt å ta ettersom vi måtte basere støynivået fra en annen havn. Grunnen

til at dette er viktig å påpeke er fordi den monetære verdien som blir satt på støyreduksjonen ville vært annerledes dersom det var støymålinger i områder lenger borte fra havnen. De tre havnene Karmsund Havn består av har ulik beliggenhet i forhold til boligområder. Garpaskjær er den havnen som ligger nærmest Haugesund by og boligområdene der, og derfor vil innbyggerne her blir mer påvirket av støyreduksjonen. Havnene på Husøy og Killingøy ligger mer adskilt fra de nærmeste boligområdene.

De monetære verdiene som blir satt vil også være basert på at støyen fra skipene og landstrømanleggene er isolert. Dette vil si at vi setter en verdi for hvert landstrømanlegg, og ikke som en helhet for hele havnen. Den monetære verdien som er brukt for denne oppgaven er hentet fra Samstad (2010) er satt på 335 kroner per desibel, 408,2 kroner i dagens valutaverdi, dersom støynivået er over 55 desibel utendørs.

På grunn av at vi ikke fikk gjort egne målinger på støy har vi også måttet forutsi at det vil være en 90 prosent reduksjon av støy når alle kaiene har fått landstrømanlegg. Denne forutsetningen er basert på flere utsagn og kilder som sier at støynivået blir nærmest eliminert ved å gå over til landstrøm, men ettersom dette er kilder som ikke har noen konkrete målinger har vi valgt å legge en 10 prosent margin.

5.3.4.2 CO₂- og NO_x-utslipp

Ved beregning av CO₂-utslipp og NO_x-utslipp for skip som ikke er koblet til landstrøm så bruker vi Rødseth et al. (2017) sin beregningsmetode for utslipp til luft når et skip står til kai uten landstrøm. Metoden finner utslipp per time ved å bruke skipets maksimale kontinuerlige merkebelastning (kW), motorens belastningsfaktor og utslippsfaktoren for de ulike utslippstypene. Utslipet blir kun beregnet ut fra skipets hjelpemotorer som er i gang når skipet er fortoyed. Denne metoden deler opp de ulike faktorene etter typer skip, som vi har gjort i kilowatttime-utregningen vår forklart i kapittel 5.3.2.2. Oppdelingen av skipstyper har vært noe forskjellig fra Rødseth et al. (2017) og vår oppdeling fra kapittel 5.3.2.2., derfor har vi måtte sortere noen av skipene etter størrelse:

- Under cruiseskip så har vi inkludert passasjerskip over 25 000 godstonn.
- Under stykkgodsskip så har vi inkludert (i tillegg til stykkgodsskip) passasjerskip under 9999 godstonn, offshore supply skip og andre offshore service skip.
- Under tankskip har vi inkludert oljetankere, gasstankere, andre aktiviteter og fiskefartøy.

Når vi har regnet ut CO₂-utslippet for skip som er koblet til landstrøm har vi brukt det totale kilowatttime-salget og multiplisert det med 17 g CO₂ e/kWh som ble introdusert i kapittel 2.3. Da har vi funnet utslippet ved elleve av elleve landstrømanlegg implementert, og deretter justert den etter prosentandel landstrømanlegg for de andre alternativene. For NO_x-utslipp har vi tatt en forutsetning at det blir en reduksjon på 100 prosent, og da brukt NO_x-beregningene fra skip som ikke er koblet til landstrøm til å beregne utslippet etter etablert landstrøm. Dette er en forutsetning som igjen er tatt ut fra kilder og utsagn som ikke har noen konkrete målinger, som går ut på at når et skip kobles på landstrøm så skrur den av sine hjelpemotorer, og da er det ikke noe NO_x-utslipp fra skipet. Det vil likevel være noe NO_x-utslipp hvor strømmen produseres ettersom 17 g CO₂ e/kWh inkluderer NO_x.

Den monetære verdien for CO₂-utslippet er hentet fra Jensen et al. (2003) som er 300 kroner per tonn CO₂, som tilsvarer 417,2 kroner i dagens valutaverdi. Den monetære verdien for NO_x-utslipp er basert på Selvig (2005) sine beregninger som forteller at miljøkostnaden per kilo NO_x er 25 kroner, som tilsvarer 34,1 kroner i dagens valutaverdi.

5.4 Diskontering av effektene

Etter å ha satt de monetære verdiene på effektene skal vi diskontere effektene ved å finne nåverdien. Når vi kalkulerer den benytter vi en diskonteringsrente på fire prosent ettersom vi har valgt et tidsperspektiv på ti år (Hagen, 2012). Grunnen til vi valgte ti år, og ikke lengre frem i tid, er fordi levetiden til et landstrømanlegg er mellom 10 og 20 år, og vi vet ikke hvilke effekter som vil komme av å etablere et nytt landstrømanlegg, og dermed kunne resultatet vårt blitt misvisende. Vi setter året effekten inntreffer til én ettersom vi har begrenset oss til at effektene skjer momentant. Vi har ikke kalkulert nåverdien til investeringskostnadene ettersom dette er kostnaden som kun skjer én gang i år null.

Tabell 7: Diskontering av effektene

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4
Fordeler				
Støy reduksjon	375 452	750 905	1 126 357	1 689 536
CO ₂ reduksjon	25 240 170	50 480 340	75 720 510	113 580 765
NO _x reduksjon	41 884 239	83 768 478	125 652 717	188 479 075
Kostnader				
<i>Privat</i>				
Investeringskostnader	4 200 000	6 300 000	8 400 000	11 550 000
Driftskostnader	-88 452 054	-176 904 109	-265 356 163	-398 030 899
<i>Offentlig</i>				
Investeringskostnader	13 680 000	20 520 000	27 360 000	37 620 000
Driftskostnader	0	0	0	0
Finansielle fordeler				
Offentlig	3 379 202	6 758 404	10 137 606	15 209 755

5.5 Beregne netto nåverdi for alle alternativene

Med de diskonterte effektene vi presenterte i forrige delkapittel kan vi regne ut netto nåverdi for alle alternativene. Dette vil fortelle oss hvilke alternativer som bør gjennomføres eller ikke, og hvilke av alternativene som er skaper mest nytte.

Tabell 8: Netto nåverdi for alle alternativene

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4
Netto nåverdi	141 451 118	291 842 235	442 233 353	667 820 029

Vi kommer frem til at alle alternativene har positiv verdi, og for hvert alternativ er det en stigende økning i verdi fra alternativ én til fire. Dette forteller oss at alle prosjektene vil være samfunnsøkonomisk lønnsomme å gjennomføre, mens alternativ fire vil være det alternative som gir mest nytte. I det neste trinnet så skal vi utføre en sensitivitetsanalyse for å se om alle alternativene fremdeles får en positiv verdi, og om alternativ fire fortsatt vil være det mest lønnsomme alternativet.

5.6 Utføre sensitivitetsanalyse

Når vi skal utføre sensitivitetsanalyse har vi valgt ut de største usikkerhetene og sett hvordan resultatet har endret seg når denne ene parameteren blir endret. Vi har valgt ut syv parametere i kost-nytte analysen som vi syntes hadde størst usikkerhet.

5.6.1 Støyreduksjon

Den første parameteren vi har valgt ut for å utføre en sensitivitetsanalyse er prosentreduksjonen av støy. Tidligere har vi forutsatt at støy vil reduseres med 90 prosent ved at Karmsund Havn implementerer landstrøm ved alle sine kaier. Dette var en reduksjon vi måtte sette en forutsatt verdi på ettersom vi ikke hadde nøyaktig mål eller data. Derfor ble denne parameteren valgt ut for å se hvordan resultatet ble påvirket dersom den ble endret fra en 90 prosent reduksjon til 80 prosent reduksjon. Vi har valgt å ikke gjøre flere justeringer ettersom det ikke er reelt at reduksjonen blir mindre enn 80 prosent. Presentert i tabell 9 er netto nåverdi etter endring av parameteren:

Tabell 9: NNV med 80% støyreduksjon

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4
NNV støy-reduksjon 80%	141 409 401	291 758 801	442 108 202	667 632 303

Vi observerer i tabell 9 at det forekommer minimale endringer i netto nåverdi med en ti prosent endring av støyreduksjon. For alle alternativene så bli netto nåverdien noe lavere enn det den opprinnelige netto nåverdien som ble beregnet i kapittel 5.5. Det vi kan trekke

ut fra dette resultatet er at selv om reduksjonen av støy kun blir 80 prosent ved full implementering av landstrøm vil likevel alle alternativene være lønnsomme å gjennomføre, og fremdeles alternativ fire vil være det mest optimale.

5.6.2 NOx-reduksjon

Neste parameter som er inkludert i sensitivitetsanalysen er reduksjonen av NOx-utslipp ved implementering av landstrøm. Likt som parameteren vi presenterte i forrige delkapittel er dette en parameter som ble estimert uten konkrete målinger eller data. Vi forutsatte at NOx-utslippet ville bli eliminert ved implementering av landstrøm, og vil se hvordan netto nåverdi blir påvirket dersom denne parameteren blir endret til en 90 prosentreduksjon. Vi har valgt å ikke inkludere flere justeringer ettersom det trolig ikke vil være noe lavere reduksjon enn 90 prosent. Presentert under i tabell 10 er netto nåverdi etter endring av parameteren:

Tabell 10: NNV med 90% NOx-reduksjon

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4
NNV NOx-reduksjon 90%	137 262 694	283 465 387	429 668 081	648 972 122

Slik som forrige den parameteren som ble inkludert i sensitivitetsanalysen ser man i tabell 10 at det er minimale endringer i netto nåverdi for denne parameteren også. Dette kommer nok av at justeringen kun er ti prosent, og da skjer det ingen dramatiske endringer i resultatet. Det vi kan legge merke til er at en reduksjon på ti prosent har større innvirkning på netto nåverdi når det gjelder reduksjon av NOx-utslipp enn reduksjon av støy. Selv om man ikke kan se på de to effektene på samme måte kan man skjønne at dette skjer fordi den monetære verdien som blir satt per tonn reduksjon av NOx-utslipp er høyere enn den monetære verdien for per desibel støyreduksjon. Alternativ fire er fremdeles det mest lønnsomme prosjektet å gjennomføre.

5.6.3 Oppkoblingsmulighet til landstrøm

Det neste vi har valgt å inkludere i sensitivitetsanalysen er dersom kun 20, 40 eller 60 prosent av skipene som ankommer Karmsund Havn har påkoblingsmulighet til landstrøm. Tidligere i analysen har vi forutsatt at alle skip har påkoblingsmulighet ettersom det er stor sannsynlighet for at dette blir realiteten i nær fremtid, men likevel er dette ikke realiteten i dag. Derfor har vi inkludert denne parameteren i analysen for å se hvordan resultatet endrer

seg – Vil det likevel lønne seg for Karmsund Havn å implementere landstrøm ved alle kaiene sine dersom kun 20, 40 eller 60 prosent av fortøyde skip kan koble seg på landstrøm?

Tabell 11: NNV når 20%, 40% og 60% skip har påkoblingsmulighet på landstrøm

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4
NNV påkoblingsmulighet 20%	58 892 236	117 452 097	176 011 958	263 851 750
NNV påkoblingsmulighet 40%	141 434 585	218 357 393	276 917 254	364 757 046
NNV påkoblingsmulighet 60%	141 434 585	291 809 175	378 004 360	465 844 152

Tabell 11 viser at netto nåverdien øker ved prosentandel skip som har påkoblingsmulighet. Naturligvis er netto nåverdien nokså lavere når påkoblingsmuligheten er kun 20 prosent, da landstrømanleggene ikke vil bli fullt utnyttet, og dette vises også igjen i resultatene til 40 prosent påkoblingsmulighet. Når påkoblingsmuligheten er 60 prosent derimot, vises en mindre reduksjon i netto nåverdi. Dette er fordi flere landstrømanlegg vil være i bruk, som vil gi større fordeler til den private sektoren ved en reduksjon i driftskostnader, men også for de offentlige finansielle fordelene i form av strømsalg. Det vil likevel være en nokså stor reduksjon sammenlignet med vårt opprinnelige netto nåverdi resultat, hvor vi valgte å inkludere 100 prosent påkoblingsmulighet. Dette gjorde vi ettersom vi har vært i kontakt med flere rederier som har som mål å installere landstrømtilkobling på sine skip i løpet av de nærmeste årene. Det er viktig å presisere at dette er for alle skip som er i norske farvann.

5.6.4 Diskonteringsrente

Vi har i tillegg valgt å inkludere diskonteringsrenten i sensitivitetsanalyse. Ved å justere diskonteringsrenten fra fire til seks prosent så skal vi se hvordan netto nåverdien blir påvirket av dette. Grunnen til at vi valgt å justere den opp til seks prosent er fordi det ikke ville være korrekt å justere den ned til tre prosent ettersom den størrelsen brukes for effekter som strekker seg 40 til 75 år frem i tid.

Tabell 12: NNV når diskonteringsrente er 6%

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4
NNV diskonteringsrente 6%	126 702 168	262 344 336	397 986 504	601 449 756

Vi kan lese av tabell 12 at denne parameterjusteringen gir en noe større endring i netto nåverdi for alle alternativene. Fremdeles er alle verdiene positive, rangeringen er lik og alternativ fire har den høyeste verdien. Reduksjonen er forventet ettersom når renten øker så vil fordelene og kostnadene få en lavere verdi over årene.

5.6.5 Privat investeringskostnad

Neste parameter vi har valgt å inkludere i sensitivitetsanalysen er den private investeringskostnaden. Ved å justere den ned 20 prosent, opp 20 prosent og opp 50 prosent så skal vi se hvordan netto nåverdien blir påvirket. Grunnen til at vi har valgt å inkludere dette i sensitivitetsanalysen er fordi vi har sett at den private investeringskostnaden er variabel.

Tabell 13: NNV med -20%, +20% og +50% privat investeringskostnad

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4
NNV investeringskostnad -20%	142 531 118	293 462 235	444 393 353	670 790 029
NNV investeringskostnad +20%	140 971 118	291 122 235	441 273 353	666 500 029
NNV investeringskostnad +50%	139 801 118	289 367 235	438 933 353	663 282 529

For denne parameteren vil en reduksjon eller økning i de private investeringskostnadene ha liten effekt på netto nåverdien. Tabell 13 viser at det vil være en liten økning i netto nåverdiene ved en reduksjon på 20 prosent i investeringskostnadene, som forteller oss at desto lavere de private investeringskostnadene er desto bedre blir resultatet. Dette kan kobles til en reduksjon i skattekostnader, da støtten fra Enova også reduseres og øker ved variasjonene i de private investeringskostnadene. Netto nåverdien reduseres ved en økning på 20 og 50 prosent i de private investeringskostnadene, men vi konkluderer med at en reduksjon eller økning av denne parameteren vil ha liten effekt på netto nåverdien.

5.6.6 Offentlig investeringskostnad

Som vi gjorde i forrige delkapittel skal vi også se hvordan netto nåverdi blir påvirket dersom vi justerer den offentlige investeringskostnaden ned 20 prosent, opp 20 prosent og opp 50 prosent. Dette er en investeringskostnad som ikke er like variabel som den private, men vi har likevel valgt å inkludere den i sensitivitetsanalysen for å se om det ga et annerledes resultat.

Tabell 14: NNV med -20%, +20% og +50% offentlig investeringskostnad

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4
NNV investeringskostnad -20%	144 187 118	295 946 235	447 705 353	675 344 029
NNV investeringskostnad +20%	138 715 118	287 738 235	436 761 353	660 296 029
NNV investeringskostnad +50%	134 611 118	281 582 235	428 553 353	649 010 029

Resultatene vi fikk i tabell 14 kan en sammenligne med resultatet fra tabell 13. Tabell 14 viser en reduksjon i netto nåverdi ved både 20 og 50 prosent økning av de offentlige investeringskostnadene. Ettersom alle offentlige kostnader skal multipliseres med skattekostnaden er de offentlige investeringskostnadene mer sensitive til forandring fremfor de private, og det er derfor en ser en større reduksjon for denne parameteren sammenlignet med de private investeringskostnadene. Netto nåverdien ved en reduksjon på 20 prosent i de offentlige investeringskostnader vil gi den høyeste verdien vi har sett til nå, og dette forteller oss at denne parameterjusteringen gir det resultatet med høyest nytte for samfunnet.

5.6.7 Støtte fra Enova

Den siste parameteren vi har valgt å inkludere i sensitivitetsanalysen er hvor mye Enova dekker den private investeringskostnaden. Vi har originalt satt at Enova sin støtte dekker 25 prosent av de private investeringskostnadene. Dette er et estimat vi satt basert på hvor mye de har støttet tidligere landstrømkobling på skip, og dermed vil vi utforske hvordan resultatet blir påvirket dersom denne andelen er lavere eller høyere. Vi har valgt å endre parameteren til null prosent og 50 prosent av de private investeringskostnadene som blir dekket av Enova.

Tabell 15: NNV med 0% og 50% Enova-støtte

	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4
NNV Enova-støtte 0%	141 651 118	292 142 235	442 633 353	668 370 029
NNV Enova-støtte 50%	141 251 118	291 542 235	441 833 353	667 270 029

Endring i støtte fra Enova i de private investeringskostnadene viser nesten ingen endring i netto nåverdiene i tabell 15. Det vises derimot en liten økning i netto nåverdi ved null prosent støtte fra Enova, og dette skyldes den reduserte kostnaden for samfunnet ved at alle investeringskostnadene går på de private aktørene, som vil si at det er ingen skattekostander. Sensitivitetsanalysen viser at en stor reduksjon eller økning av denne verdien vil ha en veldig liten innvirkning på resultatet.

5.6.8 Vurdering av sensitivitetsanalyse

For hver parameter som er inkludert i sensitivitetsanalysen så har vi kommentert dens effekt på resultatet av netto nåverdi, men vi skal også ta en samlet vurdering av alle parameterne som er inkludert i analysen. Resultatene fra sensitivitetsanalysen tilsier at det ikke skapes store endringer for netto nåverdi dersom en parameter justeres.

Den parameteren som skapte mest endring for netto nåverdi var prosentandelen av ankommende skip som har mulighet å koble seg til landstrøm. Denne parameteren har vi diskutert tidligere som blant de mest omfattende forutsetningene i oppgaven. Når denne prosentandelen blir redusert med 80 prosent – kun 20 prosent av ankommende skip har mulighet å koble seg på landstrøm – så ser man at netto nåverdien for alle alternativene får en stor reduksjon, men alle alternativene har fremdeles positiv stigende verdi. Den parameterjusteringen som ga den høyeste verdien av netto nåverdi er dersom de offentlige investeringskostnadene blir redusert med 20 prosent. Dette resultatet kom ikke som en overraskelse ettersom de offentlige investeringskostnadene er en stor del av de totale kostnadene av prosjektet.

Det vi kan trekke ut fra sensitivitetsanalysen er at de parameterne vi var usikre på og forutsetningene vi har måttet tatt i analysen ikke ville gitt et annet resultat av netto nåverdi enn vi opprinnelig kom frem til i kost-nytte analysen. Den parameteren som var blant de

mest omfattende forutsetningene i analysen og som skapte mest usikkerhet ga likevel positivt resultat av netto nåverdi for alle alternativene. Dette forteller oss at prosjektet vil gi nytte til samfunnet selv om det oppstår negative variasjoner i parameterne til prosjektet.

6.0 Diskusjon

I dette kapitlet så skal vi diskutere resultatet fra kost-nytte analysen opp mot problemstillingen, også komme inn på begrensninger i oppgaven og anbefalinger til videre forskning. Diskusjonen vil være en del av grunnlaget i konklusjonen.

6.1 Problemstilling diskusjon

Denne delen av oppgaven vil være basert på de foregående kapitlene, hvor vi vil svare på problemstillingen som ble presentert tidligere i oppgaven. Problemstillingen vår er *“Hvor stor del av Karmsund Havn må implementere landstrøm for å gi størst nytte sett fra et samfunnsøkonomisk perspektiv?”*.

Etter å ha gjennomført kost-nytte analysen fikk vi et netto nåverdiresultat som viste oss verdien til de fire alternativene. Alternativ fire fikk høyest netto nåverdi, som vil si at dette alternativet er det som er mest lønnsomt å gjennomføre. Dette svarer direkte på problemstillingen vår: At det er mest lønnsomt å implementere elleve av elleve landstrømanlegg ved Karmsund Havn sett fra et samfunnsøkonomisk perspektiv. Dette resultatet kan derimot diskuteres, da det er vanskelig å si med sikkerhet at denne verdien gjenspeiler den realistiske nytten ved utbygging av landstrøm. Dette skyldes hovedsakelig at oppgaven er begrenset på områder som potensielt kunne negativt påvirke resultatet, da det er blitt utelukket negative kostnader. Det er likevel mindre sannsynlig at kostnadene vi ikke inkluderte ville ført til at landstrømanlegg ikke var lønnsomt sett fra et samfunnsøkonomisk perspektiv.

Noe som kan diskuteres når det kommer til kost-nytte analyser er avveining mellom de finansielle kostnadene og de eksterne kostnadene som ikke innebærer en monetær verdi. De eksterne kostnadene multipliseres med en betalingsvillighet som er basert på et nasjonalt estimat, men det kan settes spørsmåltegn ved denne verdien. Et eksempel på dette kan være at man ikke med sikkerhet kan si at alle som blir påvirket av prosjektet er villige til å betale

417,2 kroner per tonn CO₂-reduksjon. Med dette menes det at den monetære verdien og den faktiske betalingsvilligheten til de som blir påvirket av effektene ikke trenger å samsvare.

6.2 Begrensninger

En av de største begrensningene vi satte ved denne oppgaven var å ikke inkludere de eksterne kostnadene knyttet til anleggsfasen. Dette var noe vi originalt ville inkludere i oppgaven da vi tror at dette er en faktor som hadde påvirket resultatet vårt negativt i nokså høy grad. Det kan være nokså omfattende arbeid å få strømkapasiteten som kreves ved landstrømanlegg ut til havnene. Eksterne kostnader knyttet til anleggsfasen vil blant annet være støy, ulykker, CO₂-utslipp og NO_x-utslipp. Vi var i kontakt med Enova, Sjøfartsdirektoratet og andre havner for å prøve å få tak i data på slike kostnader, men vi måtte dessverre utelukke de da vi ikke fant data på lignende prosjekter. Det hadde vært for omfattende og tidskonsumerende å måtte sette et estimat på de enkelte fasene ved utbygging av landstrøm og hvilke eksterne kostnader de ville påkostet parameterne våre. Dette estimatet hadde gjerne blitt for unøyaktig at det kunne gitt et urealistisk resultat.

Opgaven omfatter heller ikke de eksterne kostnadene knyttet til produksjonen av landstrømanleggene. Å produsere selve landstrømanlegget vil også medbringe negative eksterne effekter. De ulike materialene som et landstrømanlegg er bygd opp av kan potensielt ha store klimafotavtrykk, i tillegg til at alle materialene må transporteres til produksjonsstedet hvor landstrømanlegget blir produsert. Når landstrømanlegget er ferdig produsert skal det også bli transportert fra produksjonsstedet til Karmsund Havn, og her kan det oppstå de samme eksterne effektene som vi tidligere har diskutert; støy, ulykker, CO₂-utslipp og NO_x-utslipp. Negative eksterne kostnader knyttet til et landstrømanlegg forekommer fra råmaterialene blir uthentet til anlegget står ferdigstilt ved Karmsund Havn, men vi fokuserer kun på de negative eksternalitetene som oppstår etter anlegget er etablert.

Opgaven er sett fra et perspektiv der vi har begrenset oss til at effektene skjer momentant. For å oppnå et autentisk resultat ville det vært nødvendig å inkludere et tidsperspektiv, som vil si at landstrømanleggene hadde blitt utbygget over en realistisk tidsperiode. Å inkludere et tidsperspektiv kunne ha påvirket resultatet i netto nåverdi, men som følge av valgte parametere ville det tatt lengre tid før disse resultatene blir realisert. CO₂- og NO_x-reduksjon er noe som gradvis vil skje over årene i takt med implementeringen av landstrøm.

For at landstrømanlegg skal kunne bli utnyttet maksimalt, må fartøyene som kommer til havn ligge fortøyd minst over en time ved kai. Karmsund Havn har satt opp 30 minutter til på- og avkobling, som vil si at det ikke vil lønne seg for fartøy som ikke har lenger liggetid enn minst én time. Vi sorterte dataen over liggetid til de ulike type fartøyene for å regne kilowattbehov, men vi beregnet ikke antall fartøy som hadde minimum én time liggetid. Dette ville økt private driftskostnader, CO₂-utslipp, NO_x-utslipp og støy, og redusert de finansielle fordelene til de offentlige. Det skal likevel bemerkes at dette er en mindre begrensning i vår oppgave, da de aller fleste fartøy ved Karmsund Havn har lenger liggetid enn en time.

Vi valgte å utføre sensitivitetsanalyse på flere av parameterne for å være sikker på at resultatet ikke ville ha store variasjoner dersom noen av parameterne skulle endre seg. Dette ble gjort bevisst fordi det er faktorer som spiller mindre inn på oppgavens sluttresultat eller fordi vi er mer sikre på parameteren. Vi vet at det vil være mindre variasjon i disse parameterne og føler derfor ikke behovet for å ta en sensitivitetsanalyse på dem alle.

Ettersom landstrøm er noe som fortsatt blir sett på som innovativt og er relativt nytt, er det flere områder det er mangel på data. Karmsund Havn hadde ikke målinger på eksternaliteter ved utbygging av landstrømanleggene sine, og det var også enklere søknader med lite utfyllende informasjon som sendtes til Enova for å søke om støtte. Dette gjorde utregningene mer omfattende arbeid, da vi selv måtte finne lignende parametere, kostnader og vekter. Dette har begrenset oppgaven ved at vi ikke kun har brukt data fra Karmsund Havn, men har brukt mer nasjonale gjennomsnitt og andre tilnærmelser.

6.3 Anbefaling til fremtidig forskning

Tanker vi har hatt etter å ha ferdigstilt oppgaven er at det har vært en del tilfeller der mangel på data har vært et gjennomgående problem. Det første kommersielle landstrømanlegget ble installert i 2000 og det er gjerne den korte eksistensielle perioden på mindre enn 20 år som gjør at det ikke har blitt dokumentert nok informasjon om dette temaet (Eide, 2016). En anbefaling til fremtidig forskning vil blant annet være å undersøke de eksterne kostnadene ved utbyggelse av landstrømanlegg. For å kunne få en større oversikt er det viktig å ta med alle kostnader og fordeler det innebærer å etablere prosjekter som dette, da å ekskludere de vil være med på å manipulere resultatet til å være mye mer positivt eller negativt enn det er i virkeligheten.

Norge har miljøvennlig strømproduksjon som gjorde at vi tidlig i oppgaven vår kunne forutse at etablering av landstrømanlegg ved norske havner ville være en mer miljøvennlig måte å fortøye fartøy på. Miljøvennlig strømproduksjon er ikke tilfellet for alle land, og dersom en skulle undersøkt landstrømanlegg i andre deler av verden hadde det vært interessant å se hvilke resultat som hadde utspilt seg etter hvordan strømproduksjonen hadde fungert i dette landet.

En anbefaling til havner vil være å føre data på større deler av havneaktivitetene sine. Dette vil gi fremtidige forskere, som vil undersøke disse temaene, enklere tilgang til informasjonen en trenger. Ved at havner for eksempel dokumenterer støynivåer, utslipp eller lignende før, under og etter etablering av landstrøm vil det kunne gi nøyaktig data til fremtidig forskning. Dette er også noe som kommer til å endre seg over tid, da det er mer sannsynlig at dokumentasjon for utslipp, drivstofftyper og de eksterne kostnadene kommer til å være obligatorisk føring for både rederier og havner.

7.0 Konklusjon

Vi startet oppgaven med å beskrive hvordan grønn logistikk stadig får en større plass i forsyningskjeden, og hvordan implementering av landstrøm er et bidrag til denne utviklingen. Ved å trinnvis ha utført en kost-nytte analyse av landstrøminnplementering ved Karmsund Havn kom vi frem til en positiv netto nåverdi for alle alternativene, som betyr at alle alternativene er lønnsomme å utføre. Netto nåverdien for alternativene hadde en stigende verdi fra alternativ null til alternativ fire – dette forteller oss at desto mer landstrøm som blir implementert ved Karmsund Havn, desto mer nytte gir det.

En sensitivitetsanalyse ble utført for å undersøke om en justering av parametere ville utgjøre en stor forskjell for resultatet. Vi utførte sensitivitetsanalyse på flere parametere, men ingen av alternativenes netto nåverdi fikk en dramatisk endring, og den stigende netto nåverdien til hvert alternativ ble værende. Vi kan peke på de to parameterne som ga det høyeste og den laveste verdien av netto nåverdi: Den parameteren som ga det dårligste resultatet var dersom kun 20 prosent av skipene som ankommer Karmsund Havn har påkoblingsmulighet til landstrøm, som resulterte i at netto nåverdi resultatet ble over halvert for alle alternativene sammenlignet med det opprinnelige netto nåverdi resultatet.

Parameteren som ga det høyeste resultatet, var dersom de offentlige investeringskostnadene ble redusert med 20 prosent, men dette ga kun en økning på én til to prosent sammenlignet med det opprinnelige netto nåverdi resultatet for alle alternativene. Å utføre en sensitivitetsanalyse ga oss en bekreftelse på at resultatet vi hadde kommet frem til var solid, og endringer av parametere ville ikke gitt stor variasjon i sluttresultat.

For å kunne komme med en endelig konklusjon, så må vi trekke frem problemstillingen og forskningsspørsmålene igjen:

Problemstilling:

Hvor stor del av Karmsund Havn må implementere landstrøm for å gi størst nytte sett fra et samfunnsøkonomisk perspektiv?

Forskningsspørsmål:

Hvilke fordeler og kostnader for samfunnet skaper implementering av landstrøm?

Hvilke fordeler og kostnader i kost-nytte analysen har størst innvirkning på resultatet?

Hvordan fungerer kost-nytte analyse som et verktøy for å vurdere lønnsomheten av landstrømutbygging?

Forskningsspørsmålene er med på å underbygge oppgavens problemstilling, og har vært gjengående gjennom hele oppgaven. Vi har avdekket flere fordeler og kostnader i analysen, og oppdaget i resultatet at fordelene veier opp mot kostnadene, som er grunnen til at alle alternativene har fått positiv netto nåverdi. De mest avgjørende fordelene i kost-nytte analysen var reduksjonen av CO₂-utslipp, NO_x-utslipp og de private driftskostnadene, mens de største kostnadene i analysen var de private og offentlige investeringskostnadene. Den mest overraskende oppdagelsen i analysen var at reduksjonen av de private driftskostnadene ville ha en så stor positiv innvirkning på resultatet ettersom vi trodde reduksjonen av de negative eksterne kostnadene ville ha størst innflytelse.

Kost-nytte analyse er et systematisk og brukervennlig analyseverktøy, som gjør det enkelt å identifisere fordeler og ulemper, og for å sette verdi på de ulike effektene av et prosjekt. For å vurdere den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av landstrømutbygging har kost-nytte analyse vært en passende analysemetode, og har bidratt til en organisert

sammenstilling av monetære og ikke-monetære effekter. Ved at sensitivitetsanalyse er en del av kost-nytte analysen gir det også en kvalitetssikring av resultatet.

For å svare på problemstillingen så kan vi konkludere med at det gir mest nytte for samfunnet dersom Karmsund Havn implementerer landstrøm ved alle sine kaier. Denne konklusjonen er basert på netto nåverdien fra resultatet, sensitivitetsanalysen og diskusjon rundt begrensninger som ikke ble inkludert i analysen. I forkant av analysen så var vi klare over at landstrøm skaper drastiske reduksjoner av negative eksternaliteter, som skaper nytte for samfunnet, men vi var ikke selvsikre på om det ville overveie de finansielle kostnadene det medbringer. Det er høye investeringskostnader knyttet til utbygging av landstrøm ved havnen og på skipene, og det var ikke en selvfølge at dette ville overveies av nytten landstrøm gir samfunnet. Til tross for elementer vi ikke inkluderte i oppgaven som kunne hatt negativ innvirkning på resultatet, så tror vi fremdeles fordelene ville veid opp mot dem, og at kost-nytte analysen ville kommet frem til at full utbygging av landstrøm ved Karmsund Havn er det mest lønnsomme, kun at netto nåverdien ville vært lavere.

I kapittelet om metodisk fremgangsmåte forklarte vi at oppgaven har en ekstern validitet, som betyr at resultatet av analysen vil kunne brukes for andre lignende prosjekt. Etersom kost-nytte analysen kom frem til et positivt resultat for utbygging av landstrøm ved Karmsund Havn håper vi dette vil ha en positiv innvirkning på videre utvikling av grønn logistikk ved norsk havnedrift og skipsfart.

8.0 Referanser

Vi har valgt å dele kildelister i to deler: Første del for teori og data, og den andre delen for figurer og illustrasjoner.

8.1 Kildereferanser

Boardman, A.E. et al. (2014). *Cost-benefit analysis: concepts and practice*. 4th ed. Pearson new international., Harlow: Pearson.

Brembu, S. et al. (2018). *Konsekvensanalyser*.

<https://www.vegvesen.no/attachment/704540/> (Hentet 30.04.21)

Brent, R.J. (2017). *Advanced introduction to cost-benefit analysis*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.

Dahlum, S. (2021). *Validitet*. <https://snl.no/validitet> (Hentet 14.04.21)

Det store norske leksikon. (2014). *Alternativkostnad*. <https://snl.no/alternativkostnad> (Hentet 23.03.21)

Eide, L. (2016). *Bedre luft ved havna med landstrøm*. <https://renas.no/bedre-luft-ved-havna-med-landstrom/> (Hentet 08.05.21)

Eide, M. (2019). *Tiltaksanalyse: Reduksjon av klimagassutslipp fra innenriks skipstrafikk*. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1626/m1626.pdf> (Hentet 28.03.21)

Engedal, M., Bothner, T. (2019). *Transport står for 30 prosent av klimautslippene i Norge*. <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/transport-star-for-30-prosent-av-klimautslippene-i-norge> (Hentet 11.05.21)

Enova A. (2021). *Landstrømanlegg*.

<https://www.enova.no/bedrift/sjotransport/infrastruktur-for-strom-til-havneopphold-og-lading/> (Hentet 01.04.21)

Enova B. (2021). *Lønner det seg med landstrøm?*

<https://www.enova.no/bedrift/sjotransport/maritimt-tema/landstrom/lonnsomhet-landstrom/> (Hentet 01.04.21)

- Enova. (2017). *Eksempler på beregning av kWh-potensial*.
https://www.enova.no/upload_images/5977CF749A6E44FAB2068CD3F22E833E.pdf
(Hentet 05.04.21)
- Grjøtheim K., Nordum M., Espenes L.C. (2018). *Kunnskapsgrunnlag for omsetningskrav i skipsfart*. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M1125/M1125.pdf>
(Hentet 28.04.21)
- Hagen, K.P. et al. (2012). *Samfunnsøkonomiske analyser*.
<https://www.regjeringen.no/contentassets/5fce956d51364811b8547eebdbcede52c/no/pdfs/nou201220120016000dddpdfs.pdf> (Hentet 06.05.21)
- Haugaland Kraft. (2021). *Prishistorikk – Felleskraft*. <https://hkraft.no/strom/vare-stromavtaler/felleskraft/prishistorikk/> (Hentet 20.04.21)
- Hestetun, S. (2015). *Støyvurderinger, Kristiansand Havn*.
<https://www.portokristiansand.no/wp-content/uploads/2015/11/Støyvurdering.pdf> (Hentet 26.04.21)
- Jensen, T., Haugen, S., Magnussen, I. (2003). *Samfunnsøkonomisk analyse av energiprojekter. Håndbok*.
http://publikasjoner.nve.no/haandbok/2003/haandbok2003_01.pdf (Hentet 26.04.21)
- Johannessen, A., Christoffersen, L. & Tufte, P.A. (2020). *Forskningsmetode for økonomisk-administrative fag*. 4. utgave., Oslo: Abstrakt forlag.
- Jørgensen, G. (2020). *Satser én milliard for å bli Norges mest miljøvennlige havn*.
<https://www.nrk.no/rogaland/satser-en-milliard-for-a-bli-norges-mest-miljovennlige-havn-1.14909277> (Hentet 12.04.21)
- Karmsund Havn A. (2021). *Haugesund cargo terminals*.
<https://karmsundhavn.no/forretningsomrader/haugesund-cargo-terminals/> (Hentet 24.03.21)
- Karmsund Havn B. (2020). *Haugesund curise port*.
<https://karmsundhavn.no/forretningsomrader/haugesund-cruise-port/> (Hentet 20.03.21)

- Karmsund Havn C. (2020). *Killingøy offshore & subseabase*.
<https://karmsundhavn.no/forretningsomrader/killingoy-subsea-og-offshorebase/> (Hentet 19.03.21)
- Karmsund Havn D. (2020). *Styrende organer*. <https://karmsundhavn.no/om-oss/styrende-organer/> (Hentet 21.03.21)
- Karmsund Havn. (2016). *Intelliport*. <https://karmsundhavn.no/wp-content/uploads/2019/10/INTELLIPOINT-konseptdokument.pdf> (Hentet 24.03.21)
- Manning, M. (2014). *Cost-Benefit Analysis*. Bruinsma G., Weisburd D. (eds) Encyclopedia of Criminology and Criminal Justice. Springer, New York, NY.
https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5690-2_176 (Hentet 24.03.21)
- Miljødirektoratet. (2014). *Veileder til retningslinje T-1442. Behandling av støy i arealplanleggingen*.
<https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m128/m128.pdf> (Hentet 26.04.21)
- Miljødirektoratet. (2021). *Landstrøm*.
<https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimatiltak/klimatiltak-for-ikke-kvotepliktige-utslipp-mot-2030/sjofart-fiske-og-havbruk/landstrom/> (Hentet 21.03.21)
- NVE. (2021). *Hvor kommer strømmen fra?*
<https://www.nve.no/energiforsyning/kraftproduksjon/hvor-kommer-strommen-fra/> (Hentet 14.04.21)
- Proff. (2021). *Karmsund Havn lks Avd Haugesund*. <https://proff.no/selskap/karmsund-havn-iks-avd-haugesund/haugesund/havnevirksomhet-og-utstyr/IG4DBA907T1/> (Hentet 23.03.21)
- Regjeringen. (2020). *Regjeringen vil ha grønnere skipsfart*.
<https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/regjeringen-vil-ha-gronnere-skipsfart/id2736443/> (hentet 20.03.21)
- Rødseth, K., Wangsness, P., Klæboe, R. (2017). *Marginale eksterne kostnader ved havnedrift*. <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=46061> (Hentet 26.04.21)

Samstad, H. et al. (2010). *Den norske verdsettingsstudien Sammendragsrapport*.

<https://www.toi.no/getfile.php/1316111-1297081278/Publikasjoner/TØI%20rapporter/2010/1053-2010/1053-2010-sammendragsrapport-el.pdf> (Hentet 25.04.21)

Selnes, F. (1999). *Markedsundersøkelser*. 4. utg., Oslo: Tano Aschehoug.

Selvig, E. (2005). *Marginale miljøkostnader ved luftforurensning. Skadepkostnader og tiltakskostnader*.

<https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/klif2/publikasjoner/luft/2100/ta2100.pdf> (Hentet 26.04.21)

Svartdal, F. (2020). *Reliabilitet*. <https://snl.no/reliabilitet> (Hentet 14.04.21)

Tseng, P., Pilcher, N. (2015). *A study of the potential of shore power for the port of Kaohsiung, Taiwan: To introduce or not to introduce?*

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210539515000395?casa_token=soU6Oyf3rnsAAAAA:luYj965NbvnejXIjqM6wR8XZEiGK7LtPS-Etg6oRjsPcZ8us85Unmd4-UqeuIWg4kg9C7LbQ (Hentet. 30.03.21)

Yin, R.K. (2018). *Case study research and applications: design and methods*. 6. utgave., Los Angeles: SAGE.

8.2 Figurreferanser

Boardman, A.E. et al. (2014). *Cost-benefit analysis: concepts and practice*. 4th ed. Pearson new international., Harlow: Pearson.

Karmsund Havn. (2020). *Intelliport*. <https://karmsundhavn.no/om-oss/intelliport/> (Hentet 05.03.21)

NVE. (2021). *Hvor kommer strømmen fra?*

<https://www.nve.no/energiforsyning/kraftproduksjon/hvor-kommer-strommen-fra/> (Hentet 14.04.21)

9.0 Vedlegg

Vedleggene som er lagt til er beregninger som er utført i forkant av resultatene som er vist i oppgaven. Vedlegg A består av beregningsmetoden som blir beskrevet i kapittel 5.3.4.2, hvor vi finner CO₂-utslippet og NO_x-utslippet per skipstype, og til slutt en samlet verdi. Her blir også literforbruket for hver type skip kalkulert når det står til kai for å finne den totale drivstoffkostnaden per år. Vedlegg B består av de faktiske kostnadene og fordelene for et år for hvert alternativ, og ikke differansen som er presentert i oppgaven.

Vedlegg A: Utrekning av CO₂-utslipp, NO_x-utslipp og drivstofforbruk

Utslippsfaktor		
NO _x	13,9	g/kWh
CO ₂	690,71	g/kWh

Drivstoff		
Pris	5	NOK liter/MGO
CO ₂	3,14	kg CO ₂ /liter

Skipstype	Hjelpemotor total kW	Belastningsfaktor hjelpemotor	Utslipp CO ₂ per time	Utslipp NO _x per time
Bulk skip	1776	0,1	122670,1	2468,6
Kontainer skip	6800	0,19	892397,3	17958,8
Cruise skip	11000	0,64	4862598,4	97856,0
Stykkgodsskip	1776	0,22	269874,2	5431,0
RORO	2850	0,26	511816,1	10299,9
Kjøleskip	3900	0,32	862006,1	17347,2
Tankskip	1985	0,26	356475,4	7173,8

Skipstype	Total liggetid timer år	Totalt utslipp tonn CO ₂ per år	Totalt utslipp tonn NO _x per år	Totalt liter forbruk MGO per år	Total kostnad drivstoff per år
Bulk skip	617	75,69	1,52	24104	120521
Kontainer skip	1099	980,74	19,74	312339	1561695
Cruise skip	1820	8849,93	178,10	2818449	14092244
Stykkgodsskip	98603	26610,41	535,51	8474652	42373259
RORO	1136	581,42	11,70	185167	925833
Kjøleskip	91	78,44	1,58	24982	124909

Tankskip	11813	4211,04	84,74	1341097	6705485
	SUM	41 387,68	832,89	13180789	65903946

Vedlegg B: Eksterne kostnader og finansielle kostnader

Utslippsfaktor		
CO ₂ landstrøm	17	g CO ₂ e/kWh
Støy (dB)		
Før landstrøm	63,0	db
Med landstrøm	6,3	db

	<i>Alternativ 0</i>	<i>Alternativ 1</i>	<i>Alternativ 2</i>	<i>Alternativ 3</i>	<i>Alternativ 4</i>
Effekter	Mengde	Mengde	Mengde	Mengde	Mengde
Eksterne kostnader					
CO ₂ (tonn)	33928,7	26469,7	19010,8	11551,8	363,3
NO _x (tonn)	681,5	530,0	378,6	227,2	0,0

	<i>Alternativ 0</i>	<i>Alternativ 1</i>	<i>Alternativ 2</i>	<i>Alternativ 3</i>	<i>Alternativ 4</i>
Effekter	Mengde	Mengde	Mengde	Mengde	Mengde
Finansielle kostnader					
Privat					
Investeringskostnader		4 200 000	6 300 000	8 400 000	11 550 000
Driftskostnader	54 998 608	44 093 270	33 187 933	22 282 596	5 925 002
Offentlig					
Investeringskostnader		13 680 000	20 520 000	27 360 000	37 620 000
Driftskostnader	840 000	840 000	840 000	840 000	840 000
Finansielle fordeler					
Offentlig	1 070 592	1 487 217	1 903 842	2 320 467	2 945 817