



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet  
Fakultet for miljøvitenskap og teknologi  
Institutt for Matematiske realfag og teknologi

Masteroppgave 2014  
30 stp

# Bruk av Landstrøm For Reduksjon Av NOX og CO2 Utslipp I Norske Havner

”The usage of shore power as a mean to  
reduce emissions in Norwegian ports.”

Åsmund Møll Frengstad

---

## BRUK AV LANDSTRØM FOR REDUKSJON AV NOX OG CO2 UTSLIPP I NORSKE HAVNER

---

”The usage of shore power as a mean to reduce  
emissions in Norwegian ports.”

skrevet Av

**Åsmund Møll Frengstad**

skrevet for

**Hafenstrom AS**

Masteroppgave ved Norges Miljø- og Biovitenskaplige  
Universitet



Institutt for matematiske realfag og teknologi  
Våren 2014

## FORORD

Denne oppgaven er ikke bare en milepæl på vei mot avslutningen av min studietid ved Norges Miljø- og Biovitenskaplige Universitet. Det er mitt første steg for å løse et av de store verdensproblemene om reduksjon av CO<sub>2</sub>. Dette er den første muligheten til å sette teori, praksis og personlige mål ut i verden.

Gjennom mange, lange dager, lite sol, mye rapporter og til dels manglende informasjon har en oppgave vokst frem. Murphey's lov har vist seg her som alle andre steder, for eksempel med komplikasjoner mellom Hurtigruten ASA og havnene. Med ungdommelig naivitet og troen på å kunne mestre nesten alt, har jeg funnet informasjon og løsninger på tross av komplikasjonene. Jeg har utviklet et scenario som kan fungere for alle parter i verdikjeden.

Jeg vil takke min hovedveileder Pål Johan From og biveileder Tor Kristian Stevik for god veiledning og kritiske spørsmål. En kjempetakk til Asbjørn Hovstø og virksomheten Hafenstrom AS som ga meg mulighet til å skrive denne oppgaven. En stor takk til de forskjellige havner og rederier som har gitt meg informasjon og ikke minst en stor takk til Color Line, BKK og Varanger Kraftnett for uvurderlig informasjon om deres anlegg, prosjekter og fremtidsmodeller.

Jeg vil også takke venner, familie og kjæreste som har gitt oppmuntringer underveis og en spesielt stor takk til min kjære mor, Liv Frengstad som stilte opp som korrekturleser.

Ås, 13. mai 2014

Åsmund Møll Frengstad

## SAMMENDRAG

Bruk av Smart Grid og landstrøm for reduksjon av NO<sub>x</sub>- og CO<sub>2</sub>- utslipp i norske havner.

I dag slippes det ut mye avgasser fra marine næringer i havner. Disse gassene bidrar både til internasjonale miljøutslipp i form av CO<sub>2</sub>, men også til lokal luftforurensing. Dette kan føre til redusert livskvalitet for befolkningen og besøkende til havnebyene. For å belyse problemet er Hurtigruten ASA benyttet som eksempel med de havnene den besøker på sin rute opp langs norskekysten.

Rapporten gir en konseptuell anbefaling av konkrete tiltak for rask implementering av landstrøm i havner, der det er teknologisk mulig og økonomisk gjennomførbart. Konseptutviklingen vektlegger en bærekraftig økonomisk modell med målbare miljømessige gevinster i tiltaksområdene.

Denne rapporten beskriver energisystem ombord i skip og på land, samtidig som den gir en oversikt over tilgjengelige teknologier. Konseptutviklingen omhandler systemanalyse, SWOT-analyse, usikkerhetsanalyse, samt strategiske rammebetingelser og strategianalyse. Konseptvurderingen gjøres ved en flermålsanalyse i henhold til Concept nr. 18 {NTNU, 2007 #53} .

High Voltage Shore Connection (HVSC), Cold Ironing og Alternativ Maritim Power (AMP) er forskjellige navn på teknologier for å overføre høyspent elektrisk effekt fra land til skip. Det er en teknisk løsning som gir elektrisk kraft til et skip ved kai, mens skipets hoved- og hjelpemotorer er slått av. HVSC tillater nok elektrisk kraft til teknisk utstyr på båten mens skipet laster eller loss. HVSC er ikke vanlig i dag siden det innebærer å slå av alle skipets interne strømkilder når det er i havn. I den senere tid har flere moderne skip tatt i bruk HVSC teknologi.

Rapporten anbefaler å innføre HVSC-anlegg i Norge. For skip som trafikkerer norskekysten er det et stort innsparingspotensial for energikostnader i havn. For samfunnet vil en investering i HVSC-teknologi i havnen bare ha nytte hvis skipene som ligger til havn benytter seg av den. Anbefalingen blir å gå for en delvis utbygging, der man fokuserer på rute- og cruisetrafikken i første omgang. Sekundært skal supply-havnene til offshoreindustrien velges. Det anbefales at havnene tar investeringen for HVSC-anlegget på land, mens rederiene dekker skipskostnadene. Deler av differansen i pris på energien bør gå til utvidelse av tilbudet. En HVSC-infrastruktur i norske havner bør legges inn i neste NTP periode og bør gis høy prioritet.

## ABSTRACT

Use of SmartGrid and shore power for the reduction of NO<sub>x</sub> and CO<sub>2</sub> emissions in Norwegian ports.

Today, a lot of gases pollute from marine industries in ports. These gases contribute both to international environmental emissions in terms of CO<sub>2</sub>, but also to local air pollution which may lead to reduced quality of life for people and visitors to the ports. To illustrate the problem, Hurtigruten ASA is used as an example of the ports it visits on its route along the Norwegian coast. This report provides a conceptual recommendation of specific measures for rapid implementation of shore power in ports, where it is technologically possible and economically feasible. Concept development emphasises sustainable economic model with measurable environmental benefits in the areas of interventions.

This report describes energy systems on board ships and on land, while providing an overview of available technologies. Parts describe Concept development, which deals with systems analysis, SWOT analysis, uncertainty analysis, and strategic framework and strategy analysis. Part for Concept evaluation shows how to use a multiple target analysis to solve the problem.

High Voltage Shore Connection (HVSC), Cold Ironing and Alternative Maritime Power (AMP) are different names for the technology to transmit high-voltage electric power from shore to ship. It is a technical solution that provides electrical power to a ship docked, while the ship's main and auxiliary engines are turned off, HVSC allow enough electrical power to the equipment on the ship while the ship loads or unloads. HVSC is not common today since it involves turning off all the ship's internal power source when it is in port. In recent times more modern ships adopted HVSC technology.

This report recommends introducing HVSC plant in Norway. For ships that sails along the Norwegian coast there is a large potential of saving energy costs in ports. For the society, an investment in HVSC technology in seaports only benefit if the ships use that service in ports. The recommendation will be to go for a partial development, where the focus is on the route and cruise traffic in the first place. Secondly, the supply ports for the offshore industry selected. This report recommends that seaports should bear the investment for HVSC plant on shore, while shipping companies cover the costs in the ships. Part of the difference in price of energy should go to the extension of "A national HVSC infrastructure in Norwegian seaports" for the next National Transport Plan (NTP) period and thus give national HVSC infrastructure a high priority.

## TERMINOLOGI OG ORDLISTE

Navn	Beskrivelse	Benevning
Nitrogenoksid	Nitrogenoksid er en kjemisk forbindelse av oksygen og nitrogen som er helseskadelig for mennesker	NO <sub>x</sub>
Svoveldioksid	Svoveldioksid er en kjemisk forbindelse av oksygen og svovel som er helseskadelig for mennesker, dannes ved forbrenning av svovel innholdig drivstoff	SO <sub>2</sub>
Karbondioksid	Karbondioksid er en drivhusgass som dannes ved forbrenning av fossile brensler/alle organiske materialer. Gassen bidrar til økt næringsvekst og økt drivhuseffekt grunnet lang nedbrytnings tid i atmosfæren.	CO <sub>2</sub>
PM <sub>10</sub>	Svevestøv som er mindre en 10 μm	
BT	Bruttotonnasje er egenvekten til et skip	
G-faktor	Bredde *dybde* lengde på et skip, brukes av enkelte havner for å beregne havneavgifter	
High Voltage Shore Connection	Felles betegnelse på alle høyspent systemer fra land til skip, også kalt landstrømmanlegg.	HVSC
Alternative marine power	En metode for å få landstrøm til skip.	AMP
Onshore power supply	En metode for å få landstrøm til skip	OSP
Cold ironing	En metode for å få landstrøm til skip	
Smart Grid	En samlebetegnelse på et nytt generasjons strømmnett, hvor en tar i bruk ny kommunikasjonsteknologi for å utnytte energiinfrastrukturen bedre. Smart Grid kjennetegnes ved ulike systemer og komponenter som har det til felles at de har fusjonert strømmettet med internettet	
Energi	En gitt effekt over en gitt tid	Wh
Effekt	Arbeid utført pr tidsenhet	W
IEEC	Industrial Energy Efficiency Coalition	
ISO	International Organization for Standardization	
IEC	International Electrotechnical Commission	

<b>NEK</b>	Norsk Elektroteknisk komité	
<b>PAS</b>	Publicly Available Specification	
<b>CCNS</b>	Clean North Sea Shipping er et INTERREG prosjekt for renere skipsfart	
<b>IMO</b>	<i>International Maritime Organization</i>	
<b>IAPH</b>	<i>The international Association of Ports and Harbors</i>	
	<i>America Association of Port Authorities</i>	
<b>KF</b>	<i>Kommunalt foretak</i>	
<b>IKS</b>	<i>Inter kommunalt samarbeid</i>	

Symbol	Beskrivelse	Benevning
<b>t</b>	Tid målt i en enhet som for eksempel sekund, minutt eller time	s, min, t, d, mnd, år
<b>I</b>	Elektrisk strøm målt i ampere	A
<b>E</b>	Elektrisk potensiale eller spenning målt i volt	V
<b>P</b>	Fysisk arbeid også kalt effekt	W
<b>V</b>	Volt	V

## Innholdsfortegnelse

<b>1.</b>	<b>INNLEDNING</b>	<b>4</b>
1.1.	Problemstilling .....	4
1.2.	Prosjekt mål .....	4
<b>2.</b>	<b>BAKGRUNN</b>	<b>2</b>
2.1.	Hvorfor valg av oppgave .....	2
2.2.	Rammebetingelser .....	2
2.3.	Begrensninger .....	3
<b>3.</b>	<b>TEORI</b>	<b>4</b>
3.1.	Tilgjengelige teknologier og standarder .....	4
3.2.	Energisystemer i skip .....	8
3.3.	Energisystemer på land .....	10
3.4.	Økonomisk teori .....	14
3.5.	<i>Konseptutvikling</i> .....	15
<b>4.</b>	<b>METODE</b>	<b>18</b>
<b>5.</b>	<b>SITUASJONS BESKRIVELSE</b>	<b>19</b>
5.1.	Hvilke utfordringer må et HVSC - anlegg løse? .....	19
	Utslipp .....	19
	Tidsbruk .....	21
	Kostnader ved anløp havn .....	21
	Utbyggingskostnader .....	22
	Forbruk i havn .....	22

Antatt energibehov i havneområdet.....	23
Kapasitet i strøm nettet .....	25
5.2. Hvem skal ta ansvar for løsningene på utslippsproblemene .....	25
5.3. Finnes det noen planer for å minske utslipp i havnene i Norge.....	26
5.4. <i>Tilgjengelige støtte ordninger og politiske føringer</i> .....	28
<b>6. KONSEPT</b>	<b>31</b>
6.1. Konseptidentifisering .....	31
6.2. Utvikling av konsepter .....	33
Egen generering av energi (dagens situasjon) .....	33
Full utbygging av HVSC-anlegg.....	36
Delvis utbygging av HVSC-anlegg .....	36
<b>7. KONSEPTUTVIKLING</b>	<b>37</b>
7.1. Egen generering av energi (dagens situasjon) .....	37
7.2. Full utbygging .....	48
7.3. Delvis Utbygging.....	62
<b>8. KONSEPTVURDERING</b>	<b>75</b>
Kravspesifikasjoner .....	76
Ytelsesvurdering.....	77
Flermålsanalyse.....	79
Kvalifisering av alternativer.....	83
Konsekvenser av alternativene .....	85
<b>9. DISKUSJON</b>	<b>89</b>
Generelle antagelser .....	89
Konsept 1: Egen generering.....	91

Konsept 2: Full utbygging av HVSC-anlegg.....	93
Konsept 3: Delvis utbygging av HVSC-anlegg .....	96
<b>10. KONKLUSJON</b>	<b>99</b>
<b>11. REFERANSER</b>	<b>103</b>
Skriftlige kilder .....	103
Nett kilder.....	104

# 1. INNLEDNING

I dag slippes det ut mye avgasser fra marine næringer i havner. Disse gassene bidrar både til den internasjonale miljøkrisa i form av CO<sub>2</sub>-utslipp, men også til lokal luftforurensning bl.a. med NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub> utslipp. Dette fører til store plager for enkelte innbyggere og korter ned på levealderen til befolkningen i havnebyene. For å belyse problemet er Hurtigruten ASA og havnene som Hurtigruten skipene bruker valgt som et case.

Denne oppgaven gir en konseptuell anbefaling av konkrete tiltak for rask implementering av landstrøm i havner, High Voltage Shore Connection (HVSC), med fokus på teknologiske muligheter og økonomisk gjennomførbarhet. Gjennom kartlegging av de potensielle problemene vil jeg se på følgende: Hva er problemet? Hvem eier problemene? Hvilke eventuelle planer og tiltak skal til for å løse problemene? Konseptutviklingen vil vektlegge at det må være en bærekraftig økonomisk modell for alle parter, og at det er målbare miljømessige gevinster i tiltaksområdene.

## 1.1. Problemstilling

Hvordan redusere lokal luftforurensning og klimagassutslipp i havner, innenfor en bærekraftig forretningsmodell for havner og Hurtigruten ASA

## 1.2. Prosjekt mål

Gi en anbefaling av konsept for landstrøm utbygging i havner.

### *Resultatmål*

Anbefalinger om hvor HVSC stasjoner kan bygges og utvikle en ny fordelingsnøkkel for kostnadene/innsparingene ved en eventuell utbygging

### *Delmål*

- Kartlegge dagens situasjon
- Kartlegge potensialet for reduksjon
- Utvikle løsningsforslag
- Utvikle alternativer til fordeling av utbyggingskostnadene
- Utvikle alternativer til bærekraftige forretningsmodeller
- Anbefale løsninger for havner

### *Effekt mål*

- Reduksjon av lokal forurensning i havner
- Reduksjon av klimagassutslipp i havner
- Økte inntektene til havner og reduserte driftskostnader for skipsrederne

## 2. Bakgrunn

### 2.1. Hvorfor valg av oppgave

Det har lenge vært et politisk ønske om å redusere norske klimagassutslipp. Imidlertid har politikerne på Stortinget fokusert mest på de økonomisk enkle kuttene. Dette har resultert i en stor reduksjon av mange klimagasser som er knyttet opp mot industrien, men har gitt et økt utslipp av gasser som CO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub>. Med denne oppgaven ønsker jeg å belyse hvordan utslippskutt av klimagasser og lokal luftforurensing er mulig å gjennomføre i maritim sektor. Det er et krav om at prosjektene er samfunnsøkonomisk og bedriftsøkonomisk lønnsomme.

De teknologiske fremskrittene som er gjort siden Kyoto protokollen ble ratifisert av Stortinget, har gitt nye mulighetene for klimakutt og reduksjon av luftforurensning i Norge. Spesielt er det mulig å løse de utfordringene havnebyer har i dag og dermed skape en mulighet for fortsatt marin næring i sentrum av havnebyene. Da kan også lønnsomheten til de respektive næringene øke.

### 2.2. Rammebetingelser

Rammebetingelsene til denne oppgaven er de tekniske og teknologiske begrensningene til overføringsteknologi mellom skip og havn, samt dimensjoneringen av strømmettet til de respektive havneområdene.

#### *Politiske beslutninger og Internasjonale standarder*

I følge Nærings- og fiskeridepartementets rapport NOU 2005:14 er dette Norges holdninger til den International Maritime Organization (IMO): ”IMO-konvensjonene angir såkalte ”minstestandarder”. Det er dermed ikke noe som hindrer flaggstatene i å gi strengere bestemmelser. I Norge har vi en skipsfartspolitik som har vært tilbakeholden med å gi nasjonale særkrav, da det ved grenseoverskridende aktiviteter som skipsfart er uheldig med egne nasjonale regler. Selv om ikke IMO-konvensjonene er til hinder for at det gis strengere nasjonale regler, kan EØS-retten være til hinder for dette.” (www.regjeringen.no)

Den politiske situasjonen har i løpet av 2000-tallet gitt et økt fokus på helse, miljø og klima. Dette påvirker det offentlige ordskiftet og partienes politiske markeringer i sine landsmøter. Dette vil igjen ha følger for de næringer som i dag har utslipp.

### 2.3. Begrensninger

Det finnes store muligheter for å redusere energibehovet til skip mens de er i havn. Denne oppgaven vil ikke se på ENØK og andre energisparende tiltak, men anerkjenne mulighetene for energireducerende tiltak, spesielt innen cruise- og passasjertrafikk.

I havnene vil det i mange tilfeller være flere skip til kai samtidig. I denne oppgaven vil ikke samtidighetsvurderinger bli gjort, da det ikke har vært mulig å få så detaljert skipsinformasjon om alle skipsanløp i Norge, ei heller detaljerte anløpslogger for hver enkelt havn. I Rambølls rapport om Bergen havn (Rambøll 2012) er det medregnet samtidighet, og det er en mal som bør bli brukt i detaljprosjektering av framtidige HVSC-anlegg.

Low Voltage Shore Connection (LVSC) er en ny type landstrøm i havnesammenheng, der spenningen er på under 1000 V. Disse anleggene er beregnet på skip med mindre effektbehov, og vil ikke bli diskutert i denne oppgaven.

Det er også diskusjoner om skifte av drivlinjer til diesel-elektrisk, hybrid eller ren elektrisk drift. Dette er temaer som har stort potensiale, men som ikke vil bli diskutert i denne oppgaven. I tillegg gjøres det i dag vurderinger av mellomlagring av energi både på land og på skip, noe som kan styrke leveringssikkerheten av elektrisk energi til skipene.

Mellomlagring vil også kunne senke effekttoppene i strømmettet og muliggjøre leveranse av elektrisitet i underdimensjonerte systemer. Ny teknologi innen Flow-batterier, kinetisk mellomlagring, vindturbiner, solpaneler, hydrostatisk mellomlagring og varmelagring er alle systemer som på sikt kan løse en del av utfordringene knyttet til energi og skipsfart. Dette bør undersøkes nærmere for å kunne bidra til nye løsninger.

Denne oppgaven dreier seg først og fremst om landstrøm og vil derfor ikke se på andre energibærere enn marin diesel og elektrisitet. Det kan være miljø gevinster med å skifte fra diesel til LNG, men dette vil ikke bli diskutert i oppgaven. Det samme gjelder hvordan en stor utbygging av ikke-regulerbar kraft, påvirker leveringssikkerheten av strøm i strømmettet. Her vil skip kunne hjelpe til med å bruke og/eller lagre noe av overskuddseffekten på lik linje som elbiler kan gjøre det i et «vehicle-to-grid» -konsept.

Avklaringer, detaljer og kostnader knyttet til byggesøknad, nabovarsling, kommuneplan, reguleringsplan, byantikvar, forminner og geotekniske undersøkelser er ikke omhandlet i oppgaven.

### 3. TEORI

Det teoretiske grunnlaget som trengs for å kunne vurdere en elektrifisering av skip i havner, er delt i flere deler. En del omhandler effekten, forbruket og utslippene fra forbrenningsmotoren som styrer generatoren eller dynamoen på det aktuelle skipet. En annen viktig ting er elektrisitet og de utfordringer det medfører å koble et fossildrevet skip med strøm fra land.

Noe av utfordringen i dagens energisystemer er ikke spenning, men effekt. Dette har vi allerede sett med ”monster-mastene” gjennom Hardanger, og ny framføring av høyspentlinjer kommer til å bli et økende problem med elektrifisering av norsk sokkel.

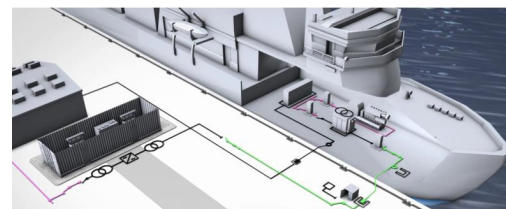
For å kunne styre, monitorere og optimalisere en fremtidig løsning er implementeringen av Smartgrid en viktig forutsetning. Dagens bedrifter jobber mer interaktivt og framtidens løsninger bør legges opp til mer rasjonell bruk av ressursene.

Når man kobler landstrøm, Smartgrid og økonomi sammen åpnes det for nye forretningsmuligheter. Gjennom konseptvalg belyses økonomiske og miljømessige aspekter ved innføring av landstrøm i norske havner. Dette danner til slutt grunnlaget for tilnærming og valg av konsept.

#### 3.1. Tilgjengelige teknologier og standarder

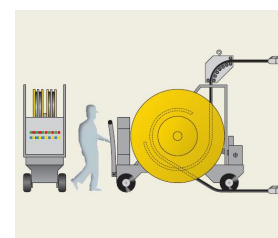
##### HVSC systemer

High Voltage Shore Connection (HVSC), Cold Ironing, eller Alternativ Maritim Power (AMP), er alle forskjellige navn på teknologi som overfører høyspent elektrisk effekt fra land til skip. Dette gir tekniske løsninger som gir elektrisk kraft til et skip ved kai, mens skipets hoved- og hjelpemotorer er slått av. HVSC tilbyr tilstrekkelig elektrisk kraft til teknisk utstyr på båten, mens skipet laster eller losses. HVSC er ikke vanlig i dag, siden det innebærer å slå av alle skipets interne strømkilder når det er i havn. I den senere tid har flere moderne skip tatt i bruk HVSC teknologi. Vanlig tidsramme for av/på-kobling til HVSC systemer er normalt 30 til 60 minutter og medfører mye manuelt arbeid og risiko siden man arbeider med høye spenninger.



Figur 1 illustrasjon av Siemens sitt SIHARBOR med SIPLINK system

**Siemens SIHARBOR** med SIPLINK (Siemens multifunktional power link) er et Siemens utviklet AMP anlegg for å koble skipets elektronikk inn på eksisterende elektriske nett. Dette systemet har en transformator som gjør det mulig både for 50Hz og 60 Hz skip å bruke linken. Via fiberoptikk styres kommunikasjonen mellom enheten og havna. Dette gjør det mulig å styre spenningen og eventuelle reaktive effekter.



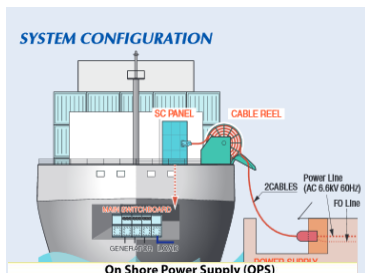
Figur 2 viser Cavotec sitt system

**CAVOTEC SYSTEMS** leverer landstrømsystem med kapasitet opp til 12 kV strøm. Systemet kan leveres med både permanente og fleksible ladepunkter. Cavotec har to løsninger på landstrøm. De kan installere et kabelløp på skipet eller kaia der tilkoblingen skjer gjennom spesialtilpassede høyspentkabler. Det andre systemet er ved hjelp av en container løsning på kai eller skip som også bruker høyspentkabler til overføring av effekt.

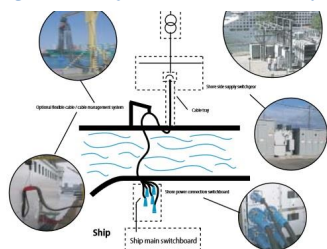
**ABB** har siden de leverte det første landstrømanlegget i 2000 vært en av pionérene på dette feltet. ABB tilbyr en løsning som har muligheten til å inkludere en frekvensomformer for anlegg som trenger 50 Hz eller 60 Hz. Løsningen skal ifølge ABB i tillegg ha kompensasjon for reaktiv effekt og spenningskontroll. Den statiske omformertypen PCS 6000 er en sentral del av ABBs landstrømanlegg, der frekvensomforming trengs. SF6 er den tavlen som er blitt brukt på landsiden i de eksisterende HVSC-anleggene i Norge men ZX0 er tavlen som blir brukt i skipene (Stensønes 2014) (ABB 2014).

**Sam Electronics** er et modulbasert AMP system som kan levere effekt opp til 7,5 MVA og spenning opp til 12,5 kV. Systemet kan levers med frekvensomformere og finnes pr. 2012 på over 20 internasjonale shipping havner i verden. Systemet består av tre moduler: Styling og kontrollkabinett, kabeltrommel og trommelkontroller. Ved større skip kan kabeltrommelen byttes ut med en container for å øke sikkerheten

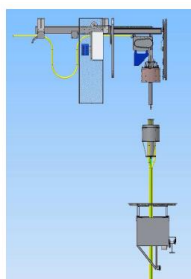




Figur 3 Illustrasjon av Terasaki sitt AMP system



Figur 4 illustrasjon av Patton & Cooke



Figur 5 skisse av PLUGG delene

Totaltiden før skipet er synkronisert med landstrømmen blir på under 5 minutter. Dette er det eneste helautomatiserte systemet som er kommersielt tilgjengelig i dag (NG3 2014).

Terasaki produserer AMP system som leverer 6,6 kV, 450 V AC. Det installeres via en container eller kabeltrommel på skipet og benytter to kabler som manuelt må kobles til på land. Deres synkroniseringssystem vil forhindre dropp i spenning eller frekvens ved på- og avkobling (Terasaki 2014).

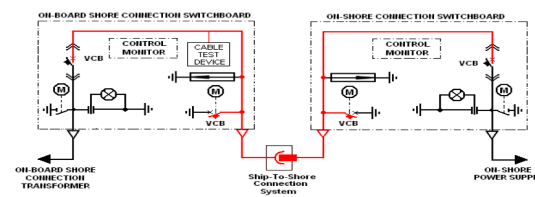
Patton & Cooke har levert landstrømanlegg til cruise-industrien i Alaska. Dette anlegget tilfredstiller spenningsbehov over 11 kV og effektbehov opp til 8 MW. Anlegget er delvis manuelt, det vil si at kablene må plugges inn av mannskapet om bord på skipet. Patton & Cooke sitt system er så langt bare brukt i Nord-Amerika (Patton&Cooke 2014)

NG<sup>3</sup> leverer et helautomatisk system basert på de siste standardene for elektrisk overføring. I samarbeid med Nexans har de levert det eneste fullautomatiserte landstrømanlegget i Norge, som blir brukt av Color Line i Oslo Havn (www.TU.no 2010b). Den elektriske pluggen fra skipet tilslutter seg automatisk koblingspunktet på kaien. En vaier fra skipet senkes ned og henter strømkabelen fra land. Kabelen løftes opp til skipets koblingspunkt hvor kabelen tilsluttes. Når kabelen tilsluttes skipet, gjøres det en kabeltest for å se etter jordfeil eller andre elektriske feil. Dersom testen gjennomføres med ingen feil, startes synkroniseringen og effektoverføringen.



Figur 6 NG<sup>3</sup> sitt system installert på Color Line Magic (NG3 2014)

Figur 7 illustrerer sikkerhetsjekkene som gjennomgås hver gang land- og skips spenningen skal synkroniseres



## Annen teknologi

Smartgrid er en krysning mellom kraft- og IT-teknologi. Den har som mål å optimere tilgjengelige ressurser i kraftnettet, spesielt effektstyring av laster i et lokalt, regionalt eller nasjonalt grid. Forutsetning for et effektivt Smartgrid system er online datafangst og kommunikasjon med de ulike produksjons-, distribusjons- og forbrukspunktene. For å oppnå dette må kommunikasjonselementer vurderes på det enkelte forbrukspunktet. Da vil innføringen av AMS (automatisk måle- og styringssystem) på alle el-målere i Norge være et godt første steg for innføring av Smartgrid. For å få til online kommunikasjon har man valgt radiokommunikasjon, fordi den ser ut til å være den mest kostnadseffektive, stabile og fremtidsrettede teknologien. Radioteknologi har begrensninger i hvor kraftig effekt de kan sende på, fordi radiobølger kan påvirke mennesker og natur. En måte å få stabile kommunikasjonssystemer som kan fungere sammen med mennesker og natur, er å bruke mesh-teknologi som nettverksstruktur. Et mesh-nettverk er et selvorganiserende og selvlegende nettverk der alle nodene kommuniserer med hverandre. Slike radiomoduler har en slags teknologisk "hviskelekk". Det å få en online toveis kommunikasjon i nettverket mot en sentral driftsenhet, åpner for nye tekniske muligheter. Dette kan komme til å medføre store endringer i forretningsmodeller i dagens energimarked.

Smart Charge er en plattform for automatisk identifikasjon, måling og styring av elektrisk effekt. Systemet krever installasjon i strømpunktet på land og er koblet opp mot en database. Smart Charge muliggjør prising og betalingsløsning styrt direkte fra internett. Her faktureres den forbrukeren for den elektriske effekten som blir tatt ut av systemet på et gitt tidspunkt med den pris eieren av utstyret setter. I tillegg gir Smart Charge en ekstra sikkerhet, da systemet gjør det umulig å gi ut mer elektrisk effekt enn det merkestrømmen og effekten tilsier.

## Standarder

Den Internasjonale Maritime Organisasjon (IMO) har ved siste samling valgt en standard for plugger til overføring av elektrisitet mellom skip og land (HVSC). IMO 3 er en standard for elektrisk overføring mellom skip og land. Det viktigste med standarden er at den også skal kommunisere med AIS i skipene.

### 3.2. Energisystemer i skip

For å holde de nødvendige interne systemene til skip i gang mens de ligger til kai kreves det energi. I dette underkapittelet skal de forskjellige aspektene ved energitilførsel belyses.

#### *Motor*

I dag bruker de fleste skip enten sine hovedmotorer eller generatorer for å holde skipets elektriske systemer i gang, mens de ligger i havn. Dette medfører et visst utslipp av lokal luftforurensning og klimagasser, samtidig som det skjer en energioverføring fra potensiell kjemisk energi til elektrisk energi via arbeid i motoren. I denne energioverføringen vil det være et gap mellom potensiell energi og den energi som kommer ut på skipets interne strømkrets. I denne oppgaven vil alt drivstoff knyttet til forbrenningscyklusen i motoren bruke marin diesel, siden det siden 2007 er plikt for alle skip i Nordsjøbassenget til å bruke bunkersolje som ikke inneholder mer enn 1,5 % svovel ved utslipp. Det samme kravet har vært gjeldende for skip langs kai i Norge fra og med januar 2010 (BKK 2012). Generatorene vil ha et jevnt tomgangsturtall som i de fleste tilfeller vil være nær det optimale forbrenningspunktet til den spesifikke motor typen.

#### *Energi behov*

Ved estimering av energibehovet tas det tilsvarende utgangspunkt i rapporten om effektbehovet i skip, utarbeidet av IEEE (IEEE 2007)

Ved egengenerering av strøm bruker skipene eget drivstoff. Energitettheten til drivstoff varierer med type. Marin diesel har en tetthet mellom 0,2 kg/kWh og 0,21 kg/kWh: I denne oppgaven vil det bli brukt energitetthet på 0,21 kg/kWh og 10,10 kWh pr. liter marin diesel (www.TU.no 2008).

#### *Bryterpanel og synkronisering av frekvens*

På skipet trengs det utstyr for å synkronisere frekvensen til de to kraftkildene og et bryterpanel for kabeltilkoblingen til havna.

#### *Tilkoblingskontakt*

Det er nå kommet en IMO standard på plugger for marine strømforsyninger, IMO3 pluggen, som har et krav om tilkobling til skipets AIS-system.

#### *Transformator på skip*

Når spenningsnivå på skip ikke samsvarer med 6,6kV eller 11kV må det installeres en transformator på skipet. Denne kan unnlates når skipets el-nett har lik inngangsspenning til elektrisk hovedtavle som på land.

#### *Kommunikasjon og betaling*

God kommunikasjon mellom kai og båt er en nødvendighet for at et slikt system skal kunne operere optimalt. Et slikt system må heller ikke være til mer belastning for arbeiderne. Derfor vil både et automatisk måle- og styringssystem (AMS) og et kommunikasjonssystem måtte tilpasses marine applikasjoner.

Det er behov for automatisert tilkobling av ladekabel som gjør det mulig å raskt synkronisere skipets spenningsfrekvens med strømmettet på land. Da kan forbruket av strøm måles og styres slik at leveransen av strøm blir stabil, sikker og billigst mulig.

#### *Tilkobling*

Landstrøm må foreløpig tilkobles med kabler, men flere tekniske løsninger og teknologier er under utvikling. For å redusere risiko og øke effektiviteten, bør løsningene for tilkobling være automatiske. Tilkoblingskablene plassering er avhengig av skipets størrelse og funksjon. På et Ro/ro skip eller en passasjerferge kan kablene være om bord. Et cargoskip vil ønske å ha mest mulig lasteplass og derfor bør kablene være på land, evt. med et tilkoblingspunkt fra en container (www.cavotec.com 2014)

### 3.3. Energisystemer på land

#### ELEKTRISITET

Det europeiske strømmettet opererer på 50 Hz, mens i ”resten av verden” opererer strømmettet på 60 Hz. Ved et avvik som er større en 0,1 Hz kan forstyrrelsen i frekvensen på nettet medføre store skader på elektronisk utstyr og vil i de fleste tilfeller føre til strømbrudd. Mye av den internasjonale skipsflåten går på 60 Hz. Dette gir utfordringer når skip legger til kai i Norge og skal ha landstrøm. Derfor er det viktig med en frekvensomformer ved alle HVSC-anlegg. Frekvensen i strømkretsene kan da synkroniseres før man kobler skipet til landstrømmen.

Regionalnettet eller hovedfordelingsnettet fordeler energien i store områder, for eksempel i fylkene. I overgangen fra sentralnettet transformeres spenningen ned fra 132kV til 22kV. Mellom regionalnettet og lokalnettet finnes det fordelingsstasjoner som forsyner det lokale fordelingsnett, også kalt distribusjonsnett. Lokalt fordeles energien til forbrukere fra et høyspent distribusjonsnett hvor spenningsnivået vanligvis er 22kV eller 11kV ned til et lavspenningsnivå på 230V, 400V eller 690 Volt. For å kunne levere nok elektrisk effekt til anlegg må det være stor nok kapasitet i hele forsyningskjeden.

#### Landstrøm (AMP/OSP/Cold Ironing)

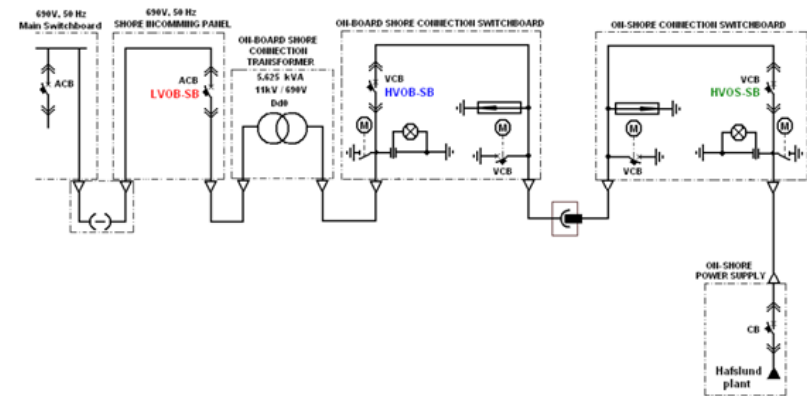
«Det er ikke blitt innført noen standard for høyspenttilkobling av skip – HVSC. Derfor har man valgt å bruke PAS 60092 som utgangspunkt for en ny standard. Dette forslaget er utviklet i samarbeid mellom IEC, TCV (MT 26/PT 60092- 510 og Teknisk komité FO ISO TC8, Skip og marin teknologi underkomité (SC), Varme og Maskiner, WG 11» (NEK 410-2 s.206 og BKK 2012)

IEC 60092 er en serie internasjonale standarder for elektriske anlegg installert i skip. Standardiseringsbehovet har ulike grunner både nasjonalt og internasjonalt, spesielt av hensyn til produsenter, miljøet og fleksibiliteten for brukere uavhengig av sted.

Et landstrømanlegg trenger mange forskjellige deler for å fungere. Landstrømanlegg kan forenklet deles inn i følgende elementer, sett fra et havneperspektiv (hentet fra Rambøll’s rapport (Rambøll 2012)):

1. Transformator for skipets kraftforsyning
2. Bryterutstyr tilpasset hvert enkelt skips kraftforsyning

3. Automatisert jordingsssystem for hvert enkelt skips kraftforsyning
4. Frekvensomformer (mellom 60Hz og 50 Hz avhengig av skipets internsystemer)
5. Kommunikationsutstyr for å opprette kontakt mellom skipet og kaia for transport av forbruksdata
6. Beskyttende relé som sikkerhetstiltak i forbindelse med kabelhåndtering.



Figur 8 er en skjematisk koblings diagram for et HVSC-anlegg med både skip og land side (Stensønes 2014)

Transformatoren og bryterpanelet på land ligger før ”pluggen”, et automatisk jordingsystem sitter inne i skipet og sjekker at overføringskabelen og andre elektriske kilder fungerer som de skal før det åpnes for synkronisering. Kommunikationsutstyret mellom land og skip kan enten skje gjennom en PLC løsning eller gjennom radiokommunikasjon.

#### Krav i NEK 410 PAS60092 vedrørende landstrømtilkobling, HVSC

Den maksimale nominelle systemspenningen for landstrømtilkobling er 15kV (IEC 60092-503). Galvaniske skiller skal være tilstede mellom hver enkelt kobling mellom skip og land. Det nominelle spenningsnivået skal være 6,6kV eller 11kV (NEK 410-2 s.216).

#### Frekvensomformere

Frekvensomformere gjør om frekvensen til elektrisk spenning, fra hhv. 50 til 60 Hz eller motsatt. Slike frekvensomformere kan enten være roterende eller statiske (Wildi 2006). Roterende frekvensomformere har bedre elektrotekniske egenskaper. Det vil imidlertid stilles

strengere krav til fundamentering pga. momentet som oppstår i slike omformere. I dag har ca. 2/3 av alle skip en driftsfrekvens på 60 Hz, mens skip som er bygget for å gå i Europa har 50 Hz, siden dette er frekvensen i landnettet her (Siemens 2011).

Det er mye effekt som skal passere i kablene, så Helse-, miljø- og sikkerhets(HMS)-arbeidet må være på plass. Spesielt temperaturen i frekvensomformeren må overvåkes og gi alarm ved høye terskelverdier. Selektivitet skal ivaretas. Alle deler av anlegget skal ha alarm installert, så man raskt kan oppdage og utbedre feil. Alle alarmer skal videreføres til bemannet sentral (BKK 2012).

### Transformator på land

“Nominell spenning skal være 6,6kV eller 11kV og galvanisk skilt fra nettet på land og andre skip. Skilletrafo skal ha Y-konfigurasjon på sekundærsiden. Transformatorer skal ha temperaturovervåkning, samt holde spenningen stabil med toleranse mellom -3,5 % og 3,5 % henholdsvis med og uten last. Høyeffektsikringer skal monteres på sekundærsiden av transformatoren for alle faser i tilfelle det oppstår overstrømmer og kortslutning. Utstyr for beskyttelse mot uønskede spenningsvariasjoner og uønsket reversering av strøm skal etableres” (BKK 2012).

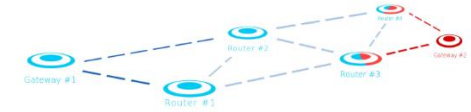
### Smartgrid og online kommunikasjons teknologi

Smartgrid er krysningpunktet mellom kraft og IT-teknologi. Applikasjoner og gjenstander koblet til et Smartgrid refereres som oftest som ”The internet of Things” (IOT). Smartgrid blir i dag sett på som en byggestein for morgendagens strømmnett. Smartgrid lar brukeren styre forskjellige elektriske artikler gjennom et brukergrensesnitt, der forbruket til den aktuelle artikkelen blir logget og styrt til enhver tid. Dette gjør det mulig å effektstyre f.eks. skip, en husholdning eller forvarme hytta.

Automatiske måling- og styringssystem (AMS) er en fellesbetegnelse på en målestasjon som også kan styre enkeltenheter. Disse enhetene kan lese av strømforbruket til det enkelte punktet i sanntid og ved hjelp av et brukergrensesnitt eller en prefabrikkert kode styre disse punktene. AMS regnes for grunnsteinen i et Smartgrid, som åpner for å styre operasjoner etter pris, tid og kapasiteten i strømmettet.

Et mesh-nettverk består av radiomoduler (RF-moduler) som kommuniserer med hverandre, og er ikke basert på en point-to-point arkitektur. I stedet er alle nodene i nettverket rutere for hverandre mellom gateway og målepunktet, se figur 1.

Jo flere målepunkter det er i topologien til nettverket, jo mer redundant er nettverket. I denne oppgaven skal vi spesielt se på et såkalt maskin-til-maskin nettverk (M-2-M) av RF-moduler levert av Radiocrafts AS og med programvare fra Tiny Mesh AS. Et slikt nettverk sender krypterte datapakker mellom hver enkelt node før det havner hos en gateway, som igjen sender pakken til en server der data blir behandlet. En



Figur 9 viser kommunikasjons veien for noder i et mesh nettverk, der de sterkeste strekene er primær veien for kommunikasjon slikt RF-modul som er knyttet opp mot et styringsrelé er et produkt som kalles Smart Charge. Dette vil da kunne måle, samt starte og stoppe en hvilken som helst strømovertføring som reléet er knyttet til.

Tiny Mesh Network er en selvlegende og selvoptimaliserende maskin til maskin (M-2-M) nettverks protokoll, tilknyttet RF-moduler fra Radiocrafts. Disse RF modulene opererer på alle åpne frekvenser i ISM-båndene, i 433-800 MHz og i 2,4 GHz båndene. Tiny Mesh sin protokoll har en dynamisk endekryptering som både sender og mottar krypterte meldinger. Dette betyr at man kan sende krypterte meldinger opp til hele 8 km mellom hver node i nettverket. I tillegg kan hele nettverket monitoreres og man kan få informasjon om belastning, forsinkelser, hacking og eventuelle flaskehalser.

### 3.4. Økonomisk teori

#### Eletriske tariffmodeller

Det finnes i dag en rekke forskjellige tariff modeller for strøm og nettleie. Det vanligste er spotpris pluss et tillegg for bruk av nett, men det finnes også industriavtaler og fastavtaler for strøm. I 2012 kom det nye avtaler for koblingsprioritet som senker nettleien med opptil 90% av vanlig takst (Zero 2012).

#### Tilbakebetalingstid

Er en metode for å beregne hvor mange år det tar før investeringen er inntjent.

$$\text{Tilbakebetalingstid} = \frac{\text{investert beløp}}{\text{Innsparing eller kt fortjeneste pr år}} = \text{antall år}$$

#### Internrentemetoden

En metode for å finne hvilken verdi renten må ha for å gi investeringen en verdi lik 0. Er renten høyere en avkastningskravet bør det investeres.

#### Nåverdi

Nåverdimetoden er den vanligste metoden for å sammenstille virkninger som påløper på ulike tidspunkt.

$$NVN = -I_0 + \frac{U_1}{(1+r)^1} + \frac{U_2}{(1+r)^2} + \frac{U_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{U_n}{(1+r)^n}$$

$I_0$  er investeringsutgiften i år 0,  $U$  er økonomiske netto nytte,  $r$  er kalkulasjonsrente og  $n$  er antall år i analyse perioden.

### 3.5. Konseptutvikling

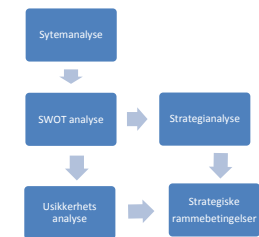
Konseptutviklingsteori er en rekke verktøy for å løse konkrete utfordringer. Ved analysering og vektning av forskjellige parametere kan man løse de konkrete mål som er satt med hensyn til risiko, miljø og økonomi.

Lønnsomhetsanalyse av prosjekter gjennomføres for å bedre lønnsomheten. Spesielt ved investeringsprosjekter er det viktig å se investeringskostnadene mot fremtidig inntekt eller reduksjon av kostnad. Slike analyser gjør det mulig å sammenligne forskjellige prosjekter. Ved stor usikkerhet knyttet til prosjekter vil verktøy som benytter ”suksessivprinsippet” være førende. Formålet med suksessivprinsippet er å bestemme et pålitelig totalresultat med hensyn til framdrift, ressurser og økonomi ut fra usikre og vage informasjoner (Westhagen 2013).

#### Systemanalyse

For å komme fram til det riktige konseptet må dagens situasjon analyseres og målsetting må være klart definert, slik at man finner den mest optimale løsningen på problemet (Samset 2008).

For å kunne beskrive systemet på en best mulig måte er det viktig å definere ønskede og uønskede resultater og input i systemet.



Figur 10 viser fasene av en konseptutviklingen

#### SWOT-analyse

En grovanalyse av prosjektets styrker, svakheter, muligheter og trusler. SWOT-analysen hjelper til med å utelukke kategorier og dermed også potensielle gråsoner.

#### Usikkerhetsanalyse

SWOT-analysens resultater blir kategorisert og gitt en vektning og sannsynlighet. Deretter plasseres de i utfallsrommet med sannsynlighet som parameter. Dermed identifiseres de hendelser som er mest sannsynlige og har store konsekvenser.

#### Grovanalyse av usikkerhet

5: Svært høy sannsynlighet, nesten sikkert									
4: Høy sannsynlighet									
3: Middels sannsynlighet									
2: Lav sannsynlighet									
1: Svært lav sannsynlighet, nesten umulig									
Sannsynlighet / Konsekvens	1: Nesten ingen effekt	2: Liten effekt	3: Middels effekt	4: Stor effekt	5: Høye prosjekter / store				

En analyseform som identifiserer usikkerheter rundt konsept og prosjekter. Ved å danne et logisk rammeverk der usikkerheten blir systematisk vurdert etter kriterier som sannsynlighet for hendelse og effekt av hendelse, er det mulig å belyse og løse de kritiske riskene av konseptet. Hvis man ikke kan redusere de kritiske riskene, bør konseptet forkastes (Samset 2008).

Tabell 1 viser en generell risiko matrise

### Strategianalyse

Denne metoden anvender et såkalt logisk rammeverk og brukes til å gi en samlet fremstilling av prosjekt strategien samt de viktigste usikkerhetsfaktorene som en forventer vil påvirke realisering av strategien. Slik testes realismen i konseptet og de overordnede perspektivene.

### Strategiske rammebetingelser

Et styringsverktøy for å styre og velge de riktige konseptene, ved å identifisere de strategiske rammebetingelsene for konseptet: tid, omfang, kvalitet, miljø etc. Ved stokastiske eller sannsynlighetsbaserte analyser av investeringstiltak, legges rammebetingelsene som prosjektet må jobbe innenfor.

### Sannsynlighetsbasert kostnadsanalyse

En metode som deler kostnadskalkylen opp i aggregerte nivåer. Dette gir et estimat på kostnadene med en usikkerhetsfaktor. Er usikkerheten stor, øker man detalj nivået, til man finner et akseptabelt usikkerhetsnivå, som da gir prosjektet et godt kostnadsoverslag.

### Lønnsomhetsvurdering

Konseptets investeringskostnader vurderes opp mot de samfunnsmessige og økonomiske gevinster og besparelser.

### Risikoanalyse

Er en analyseform som identifiserer usikkerheter og vektet usikkerheten i matrisen. Denne matrisen danner beslutningsgrunnlaget for prosjektets gjennomførbarhet.

### Interessent- og behovsanalyse

Er en analyse som ser på individene og organisasjonene som er aktivt inne i prosjektet. Deres interesser og behov kan bli påvirket både negativt og positivt som et resultat av prosjektets gjennomføring. Denne analysen brukes for å identifisere utfordringer og problemer, samt

potensielle fiender eller allierte av prosjektet i en tidlig fase. Interessentene klassifiseres i forhold til viktighet, forventninger og holdninger til prosjektet. Etter klassifiseringen brukes informasjonen videre i en kano-modell, der interessentenes behov plasseres ut fra tre kategorier: attraksjoner, selvfølgeligheter og tilfredsstillere.

### Flermålsanalyse

Er ikke en entydig teknikk, men en fellesbetegnelse for ulike tilnæringer med hovedhensikt å vurdere de forskjellige alternativenes påvirkning på et sett av målsetningene for prosjektet.

Ofte blir dette satt i en matrise der verdiene på en målsetning vektet med 1-10 og effekten gis en faktor på for eksempel 1, 3 og 9. Resultatet blir en vektingsmatrise som kan gi indikasjoner på hvilket konsept som er mest gunstig. Dette er ikke absolutte verdier, og verdiskalaen på faktorene samt skjønnsvurderingen på målsetningens verdier vil gi store utslag på resultatet.

En ofte brukt metode for å fremstille resultatene av en flermålsanalyse er radardiagram. Radardiagram er et enkelt visualiserings verktøy der de forskjellige data blir satt på en akse. De positive verdiene er lengst fra sentrum og negative nærmere sentrum. På denne måten får man visualisert hvilke konsept som har mest positiv effekt.

## 4. METODE

Informasjonsinnsamling har foregått via litteratur studium, transkripter fra personlige intervjuer, mail og publikasjoner fra havner, shipping og rederier. Verifiserte og internasjonalt anerkjente kilder er prioritert.

Konseptutviklingen er basert på Samset sin konseptutviklingslitteratur (Samset 2008) og NTNU sin Concept report no.17(NTNU 2007a) og 18 (NTNU 2007b) (se teori kapitel 3.5). Metoden brukes for å rangere forskjellige tiltak og gi en anbefaling om hvilke tiltak som bør gjennomføres for å nå målet med minst mulig risiko.

Parametere til konseptutviklingen har vært skipets tid ved kai, av/på – koblingstid, synkroniseringstid mellom spenningsfrekvens på skip og land og effektbehovet ved et HVSC-anlegg.

Beregninger av utslipp er basert på informasjon fra tredjepart og kvantitative anslag, utviklet av IEEE for utslipps beregning (Rambøll 2012). Kostnadskalkylene er basert på tall fra produsenter og det antatte behovet for den enkelte havn. Behovene er basert på AIS trafikk for den enkelte havn og klassifisert etter et anslagsbehov utviklet av IEEE om behov i forhold til type skip og bruttotonnasje (tabell 3 i kapitel 5.1).

Viktige antagelser i kostnadsberegningene for et HVSC-anlegg er antatt effektbehov og anslått avstand mellom trafo og overføringspunktet. Det er heller ikke anslått en kostnad for utbedringer av kapasitet i nettet mellom mellomspenning og høyspent.

## 5. Situasjons beskrivelse

Det er mange utfordringer og flaskehalsar som gjør det vanskelig å finne gode måter å redusere lokal luftforurensning og CO<sub>2</sub> utslipp på. Samtidig er det ikke helt klart hvilke konsekvenser utslippene gir de lokalsamfunnene som blir utsatt for utslipp.

### 5.1. Hvilke utfordringer må et HVSC - anlegg løse?

I dette kapitlet skal de faktiske utfordringene ved dagens praksis, de økonomiske og tekniske rammebetingelser som havner og rederier opererer i belyses.

#### Utslipp

Skip som ligger til kai generer mye luft- og støyforurensning som kan påvirke mannskap, arbeidere på kaia og beboere i nærområdene. I tillegg kan luftforurensning begrense turismen i områder som allerede er hardt rammet av annen forurensning. Skipsplassering til kai/anker kan ha innvirkning på lokalmiljøet avhengig av skipets plassering i forhold til omgivelsene (Theodoros 2012). Vitenskapelige undersøkelser viser at langtidsvirkninger av SO<sub>x</sub> og NO<sub>x</sub> hovedsakelig SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> har en negativ innvirkning på menneskelig helse. Spesielt er det nedsatt lungeeffekt og astma som går igjen. Ved forsøk har konsentrasjoner over 1 mg/m<sup>3</sup> av nitrogendioksid (NO<sub>2</sub>) svekket forsvarsevnen mot luftveisinnefeksjoner hos mennesker. (ww.fhi.no 2013).

Gjennomsnittsverdi	15min	1 time	24 timer	1 år
NO <sub>x</sub>	300 µg/m <sup>3</sup>	100 µg/m <sup>3</sup>	-	40 µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>x</sub>	300 µg/m <sup>3</sup>	-	20 µg/m <sup>3</sup>	-

Tabell 2 veiledende grenser for skadelige nivåer av luftforurensning.

” Forskrift om begrenning av forurensning”, del 3 handler om ” Lokal luftkvalitet” og fastsetter grenseverdier for (NO<sub>2</sub>) for en time på 200 µg/m<sup>3</sup>, som kan overskrides opptil 18 ganger, og et gjennomsnitt på 40 µg/m<sup>3</sup> i løpet av et år. Begge grenseverdiene gjelder fra 2010. Samme forskrift oppgir verdiene for (SO<sub>2</sub>): Grenseverdiene for svoveldioksid er 350 µg/m<sup>3</sup> som gjennomsnittlig timesverdi (må ikke overskrides mer enn 24 ganger per kalenderår) og 125 µg/m<sup>3</sup> som døgnverdi (må ikke overskrides mer enn 3 ganger per kalenderår). (ww.fhi.no 2013)



I Bergen har luftkvaliteten som følge av NO<sub>2</sub> vært ekstrem til tider. Grenseverdiene satt av forurensningsmyndighetene ligger på maksimalt 18 timer med mer utslipp en 200 mikrogram nitrogendioksid (NO<sub>2</sub>). Allerede i mars 2010 hadde antall timer der maksimal NO<sub>2</sub>-verdien var oversteget passert 154 timer. Det betyr at Bergen by er 9 ganger så mye forurenset i mars som den årlige kvoten tillater (www.TU.no).

En liter forbrent diesel genererer 2,69 kilo CO<sub>2</sub> eller 266 gram CO<sub>2</sub>/kWh. Ut ifra EU sine utslippsstandarder (Harbors 2008) kan man få en tilnærming til utslippene. Siden det pr. dags dato ikke finnes utslippstall for marin sektor, har IAPH kommet frem til at EU standarder for andre motorer treffer de reelle utslippene relativt godt.

#### European Union Emission Standards

The European Union currently has emission standards set for all road vehicles, locomotives, and 'nonroad mobile machinery'. However, no engine standards apply to ocean/sea-going vehicles and airplanes.

#### Euro Norm Emissions for Category N2, EDC, (2000 and Up)

Standard	Date	CO (g/kWh)	NOx (g/kWh)	HC (g/kWh)	Particulates (g/kWh)
Euro 0	1988-1992	12.30	15.8	2.60	None
Euro I	1992-1995	4.90	9.00	1.23	0.40
Euro II	1995-1999	4.00	7.00	1.10	0.15
Euro III	1999-2005	2.10	5.00	0.66	0.10
Euro IV	2005-2008	1.50	3.50	0.46	0.02
Euro V	2008-2012	1.50	2.00	0.46	0.02
Euro VI	Proposed regulations under review.				

#### Euro Norm Emissions for (Older) ECE R49

Standard	Date	CO (g/kWh)	NOx (g/kWh)	HC (g/kWh)	Particulates (g/kWh)
Euro 0	1988-1992	11.20	2.40	2.40	None
Euro I	1992-1995	4.50	1.10	1.10	0.36
Euro II	1995-1999	4.00	1.10	1.10	0.15

Figur 11 hentet fra [http://iaphtoolbox.wpci.nl/tools\\_ES.html](http://iaphtoolbox.wpci.nl/tools_ES.html) (Harbors 2008)

Så lenge motorklassene er kjent kan disse tallene brukes til å estimere utslipp. Er ikke motorklassen kjent, må man ha en annen tilnærming til utslippstall. Rambøll's rapport til BKK i 2012 gir en mer generell tilnærming (Rambøll 2012).

Type utslipp	Kr. Utslipp pr kilo drivstoff
CO <sub>2</sub>	3,190 kg
NO <sub>x</sub>	0,060 kg
SO <sub>2</sub>	0,002 kg
PM <sub>10</sub>	0,001 kg

Tabell 3 viser estimert utslipp pr liter drivstoff BKK 2012

#### Tidsbruk

Tiden er det viktigste enkeltparameter for lokal forurensning og det som styrer mulighetsrommet for å kunne løse problemet. Hvor lang tid ligger hvert enkelt skip til kai? Hvor lang tid bruker hvert enkelt skip på start og stopp av maskinene? Hvor lang tid bruker et skip på å koble seg til et HVSC-anlegg og synkronisere energisystemene? I vedlegg 1 og 2 vises en oversikt over tid ved kai i de forskjellige havner som Hurtigruten betjener i de forskjellige ruteperiodene vår, sommer, høst og vinter.

#### Kostnader ved anløp havn

Fordelingsnøkkelen til kostnader ved skipsanløp er i dag under debatt. Skipene mener de betaler for mye, mens havnene mener skipene betaler for lite. I dag betales det anløpsavgift enten pr BT eller G-faktor og så betales det kaivederlag pr BT eller G-faktor. Prisene varierer noe fra havn til havn, men de miljø- og helsemessige kostnadene ved skipstrafikken er det ingen klar fordeling på. Per dags dato finnes det noen statlige intensiver for å gi miljørabatt til skip som velger reduserte utslipp, kontra å bruke egen motor. Enova og Transnova er to statlige finansieringsordninger som kan gi støtte for denne konkrete problemstillingen. Ingen av disse har konkrete programmer for dette idag, men vil kunne gi prosjektstøtte. EU har et INTERREG prosjekt Clean North Sea Shipping (CNSS) som støtter opp om slike prosjekter (CNSS 2014).



## Utbyggingskostnader

Kostnadene ved å installere et landstrømanlegg deles inn i tre: skipsinstallasjoner, infrastruktur til landanlegget og landstrømanlegg (HVCS). Hvert enkelt skip må installere en kontakt som er koblet til et overføringssystem. Dette overføringssystemet er igjen koblet til det landbaserte anlegget. Her vil prisen variere mye med hensyn til hvilken teknologi man velger. Kostnadene til et HVSC-anlegg varierer i forhold til hvilken teknologileverandør som velges. Valg av teknologi påvirker i stor grad investeringene på skipene også. I dag finnes det en rekke operatører som leverer forskjellige overføringsteknologier, som vist i kapittel 3.1.

Infrastrukturen består av trafo, kabler, galvaniske skiller samt i noen tilfeller en frekvensomformer. For Hurtigruten ASA er det et minimumsbehov på 1,8 MW for å dekke de største skipene. Kostnadene for en trafo som trengs til dette varierer litt i pris, men tilsvarer normalt mellom 1 og 1,5 mill. NOK pr. trafo i dag. I tillegg kommer kostnaden til kablene, som avhenger av spenningen, lengde og hvordan kablene skal installeres, luftheng eller kabelgrøft. Det er gjort en grundig kostnadsanalyse for Bergen og Omegn Havnevesen. Bergen Havn har et stort anlegg, med mange kaier og over 3000 anløp i året. Alle kaier vurderes elektrifisert (Rambøll 2012). Kostnadene er beregnet til totalt 295 MNOK. Eventuelle nye leverandører og rabatter er ikke tatt med, det er også lagt til 20% i administrasjonskostnader. Denne rapporten tar høyde for en av/påkoblings tid på 30-60 minutter.

## Forbruk i havn

I dag bruker skipene hovedsakelig en generator i havn for å holde systemene gående. Som et eksempel vil Hurtigrutens MS Richard With bli brukt for å vise forbruk ved kaia i Bergen havn. Som tabell 4 viser, vil diesel forbruket pr år for MS Richard With i Bergen havn bli 105 729 liter. Dette tilsvarer til svarer 337 tonn CO<sub>2</sub>, 6,34 tonn NO<sub>x</sub>, 0,211 tonn SO<sub>2</sub> og 0,106 tonn PM<sub>10</sub> (svevestøv) utslipp med en total drivstoff kostnad på 1 321 615 NOK. Med en CO<sub>2</sub> pris pr tonn på ca. 5,5 € vil utslippsprisen for MS Richard With i Bergen havn være på 15 000 NOK i året.

	Vår	Sommer	Høst	Vinter	Total
Tid i havn målt i timer (t)	8 t	5.5 t	5.5 t	8 t	2464 t
Antall dokinger i Bergen havn pr årstid	5	8	5	13	31
Motorens forbruk av diesel pr time (liter/time)	500 (l/t)	500 (l/t)	500 (l/t)	500 (l/t)	500 (L/t)
Forbruk av diesel i Bergen havn målt i liter (L)	20.333 L	21.083 L	13.980 L	50.333 L	105.729 L
Utslipp av NO <sub>x</sub>	3,190 kg				337,276 tonn
Utslipp av SO <sub>2</sub>	0,060 kg				6,344 tonn
Utslipp av CO <sub>2</sub>	0,002 kg				0,211 tonn
Utslipp PM <sub>10</sub>	0,001 kg				0,106 tonn
Diesel pris	12 NOK	13 NOK	13 NOK	12 NOK	12.5 NOK
Totalt kostnad per årstid i Bergen Havn i NOK	244.000 NOK	274.083 NOK	181.729 NOK	604.000 NOK	1.321.615 NOK

Tabell 4 Viser forbruksdata i Bergen havn for MS Richard With for et kalenderår

Totalt slipper Hurtigruten ut 37.721 tonn CO<sub>2</sub> i norske havner i løpet av et år, noe som tilsvarer en totalverdien på 1 680 kNOK.

## Antatt energibehov i havneområdet

Effektbehovet er dimensjonerende for nettanlegg til HVSC-anleggene. Ved å estimere det sannsynlige forbruket av effekt for skip, og tiden det ligger til kai, er det mulig å dimensjonere infrastrukturen etter forholdene. Rambøll brukte i sin rapport til Bergen og Omegn havnevesen et estimat basert på tall fra IEEE, AAPA og Haugaland Kunnskapspark, der type skip og behov for effekt ble lagt til grunn

Type skip	IEEE	AAPA	Haugaland Kunnskapspark
Cruiseskip	7 MW	7 MW	1,6-15 MW
Containerskip	0,6-5 MW	0,6-5 MW	1-4 MW
Reefers	3,5 MW	2 MW	
Tankskip	0,3-4 MW		0,3-4 MW
Tørrbulk	0,6 MW	0,3-1 MW	
Bilferjer	1,5 MW		
Cargoskip	0,6 MW	0,7 MW	

Tabell 5 estimert energi forbruk for skips klasser (Rambøll 2012)

Denne oppgaven tar utgangspunkt i IEEE sine beregninger og antar en sammenheng mellom bruttotonn og effektbehov for hvert enkelt skip. Henholdsvis kategorisert som Cruiseskip, Godsskip/ferger og Offshorefartøy. Effektbehovet vil variere stort med tid på døgnet og sesong, men noen trender er klare. Effektbehovet er størst i cruisesesongen. Gods- og offshore trafikken er relativt stabil hele året. Rambøll sin rapport for Bergen anslår et effektbehov for opp mot 60 MW i høysesongen mens normal behovet vil være på ca. 35 MW gitt en overgang til elektrisk drift i havna. Dessverre vil dette i mange tilfeller ikke være nok da mye av varmesystemene til dagens Ro/ro skip og cruiseskip bruker olje- eller gasskjeler for å varme opp vann. I følge rapporten til Rambøll (Rambøll 2012) vil elektrisiteten i de verste scenarioene bare kunne dekke 30% av utslippene i havna. I disse tilfellene er det bare de elektriske systemene som får strøm via HVSC-anlegget.

For Hurtigruten ville den elektriske effekten for å dekke det termiske behovet være på opp mot 3,8 MW. Det vil gi et totalt effektbehov for Hurtigruteskipene på opptil 5,5 MVA. Ved smart planlegging og innsparingstiltak eller mellomlagring av energi, kan behovet for ekstern elektrisk effekt knyttet til termisk energibehov reduseres kraftig. Dermed reduseres behovet for elektrisk effekt. Videre i oppgaven antas det at slike tiltak vil bli gjennomført pga. økonomisk gevinst og dermed blir den dimensjonerende effekt på ca. 1,8 MW for Hurtigruteskipene. For dimensjonering av HVSC-anlegget må det beregnes inn gode marginer for å ha plass til fremtidig vekst i effekt behovet fra maritim næring (Rambøll 2012).

## Kapasitet i strøm nettet

Veldig få havner har tilstrekkelig kapasitet til å levere strøm til skip. Det kreves en større utbygging for å kunne tilby tilstrekkelig effekt. Bruken av kaiene er også veldig variabelt med henhold til båttypen, størrelse, frekvens og behov for elektrisk effekt. Dette gjør en kapasitetsutvidelse enda mer usikker. Dette senker investeringsviljen på området, og forhindrer en evt. utbygging. I noen områder, spesielt i Lofoten, kan det være mangel på produksjonskapasitet og nettkapasitet, slik at mellomlagring av elektrisk effekt må til for å kunne løse utfordringene.

## 5.2. Hvem skal ta ansvar for løsningene på utslippsproblemen

Langs kysten i dag – fra Bergen til Kirkenes er Hurtigruten den største enkeltoperatøren for havnene. Med regelmessige rutetabeller kan hver havn forvente én til to hurtigruteskip til kai daglig. Med en dokktid på mellom 15 minutter og 8 timer vil Hurtigruten være en nøkkel for å kunne løse utfordringene knyttet til lokal luftforurensing. Hurtigruten kan ha store økonomiske gevinster ved å gå over til mer miljøvennlige løsninger i havner. Det er store investeringer som kreves både på land og skip. Fordelingsnøkkelen for den landbaserte investeringen er usikker og kan undergrave den økonomiske profitten til Hurtigruten ASA og andre rederier som vil investere i lignende systemer.

Havnene sitter på løsningen for de økonomiske investeringene knyttet til HVSC-anlegg. Havnene kan legge til rette for en forenkling av kostnadsmodellen ved landligge. De kan gi reduserte avgifter ved miljøvennlig drift av skipets interne systemer. De fleste havner er organisert som kommunale foretak (KF) og det har hittil vært mangel på insentiver for å ta den økonomiske risikoen et HVSC-anlegg medfører. Ved å gjøre om på forretningsmodellen spesielt på avgiftssiden vil det kunne legges økonomiske intensiver som muliggjør en slik utbygging. Havna har ikke lov til å bruke havneregulativet for å gå med overskudd, men har mulighet til å ta opp lån for å betjene en slik investering. Prisingen skjer gjennom havneregulativet og skal dekke de kostnadene havnene har i løpet av året.

Det er i dag stor kapasitetsmangel i det elektriske forsyningsnettet flere steder i Norge, og etterslepet på vedlikehold er stort. Samsvar mellom netteier og strømleverandør må være på plass for å kunne lage et økonomisk bærekraftig landstrømprosjekt. Til nå har ikke dette vært teknologisk mulig. I tillegg er det konsesjons belagt å føre høyspent strøm. Ved å kunne tilby

tilstrekkelig med kunder vil et landstrømprosjekt kunne gjøre investeringene lønnsomme for havnene ved å kunne ta betalt for strømmen transportøren bruker.

Samfunnet som helhet er i dag den største taperen med økt støy, luftforurensning og klimagassutslipp. I tillegg får kommunene tap av potensielle skatteinntekter og rene kapitalinntekter, siden systemene ikke løper så optimalt som mulig. I en utbyggingsperiode vil dessuten lokal samfunnet få en økt skatteinngang, siden det vil være byggeprosjekter i gang.

I dag foreligger det få intensiver for å begrense utslipp av CO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> for skip i havn. Det finnes heller ingen direkte statlige eller kommunale støtteordninger. Det er mulig å søke om midler fra NO<sub>x</sub> - fondet til NHO og noen statlige aktører gjennom prosjekter, men det er stor usikkerhet knyttet til om man får økonomiske bevilgninger. Landligge er en bidragsyter av forurensning på det lokale og nasjonale plan. Transnova og Enova sammen med andre statlige støtteordninger for energi og miljø prosjekter bør kunne bidra med støtte. De har ingen programmer som treffer dette området pr dags dato. De har tidligere bidratt med støtte til et HVSC-anlegg i Oslo Havn. De er imidlertid styrt av politikken og bevilgninger over statsbudsjettet, så det er knyttet høy usikkerhet rundt deltagelse på et slikt prosjekt en gang til.

Dagens drivende kostnad er drivstoff prisen for Hurtigruten. De minste hurtigruteskipene bruker 500 l diesel pr time ved tomgangskjøring på 750 RPM. Med en dieselpris på 10,5 NOK tilsvarer dette en kostnad på ca. 5.250 NOK pr time tomgang eller 36.750 NOK pr besøk i Bergen mellom november og juni.

Det finnes kun én havn i Norge som vurderer å tilby en miljørabatt til skip som velger en miljøvennlig energibærer mens de ligger i havn og dette er Oslo Havn. Dette er et økonomisk insentiv som havnene kan legge opp til for at det skal lønne seg for skipene og installere HVSC-anlegg (www.oslohavn.no 2010).

Potensialet i NO<sub>x</sub> reduksjon av lokalforurensning er stort, og kan bidra til å redusere helseplager i nærheten av havnene samtidig som CO<sub>2</sub> reduksjonen bidrar med å nå lokale og nasjonale klima mål.

### 5.3. Finnes det noen planer for å minske utslipp i havnene i Norge

I dag finnes det konkrete prosjekter der man har bygget ut landstrøm for å redusere utslipp og forbruk. Color Line har i Oslo bygget ut en landstrømstasjon knyttet opp mot Kiel fergene sine.

I følge Teknisk ukeblad sparer Kiel-fergene 50 tonn NO<sub>x</sub>, 2,5 tonn svovel og 0,75 tonn partikler av PM<sub>10</sub> årlig. CO<sub>2</sub>-utslippene reduseres samtidig med 3.000 tonn inne til kai i Oslo. I løpet av 2014 skal Color Line begynne å bygge fasiliteter i Kristiansand, Larvik og Sandefjord for å gjøre det samme med hurtigbåtene og andre ferger. Color Line bygger også om Superspeed 2 som trafikkerer Larvik-Hirtshals (www.TU.no 2014a). Color Line har gjennomført HVSC-anleggene utbyggingen helt på eget initiativ og har tatt store deler av kostnadene knyttet til landanlegget også.

Oslo Havn KF stiller seg meget positiv til landstrøm og vurderer en miljørabatt på alle skip som velger landstrøm for å holde nødvendige systemer i gang (www.TU.no 2012). Det er også noen prosjekter forhold Low Voltage Shore Connection (LVSC) knyttet til offshorehavner som Stavanger, Bergen, Kristiansund og Hammerfest i tillegg til Oslo. Disse byene har gått sammen for å utvikle et anbudsunderlag. Det er en ny standard som er ute på høring som vil legge til rette for en rask utrulling av denne teknologien standarden er kalt: "ISO IEC PAS 80005-3: Utility connections in port: Low Voltage Shore Connection (LVSC) Systems – General requirements". Denne standarden vil være komplementær til en HVSC løsning. (www.TU.no 2014b)

I Bergen har dette vært en sak siden midten av 2000-tallet da utredningsarbeidet med landstrøm startet (BKK Nett As 2008). I 2012 leverte Zero og Transnova en rapport om landstrøm i Norge basert på Hurtigruten og Bergen Havn som case (Zero 2012). Deres konklusjon var at det vil være en årlig besparelse på 2 MNOK /pr år, 15 år etter utbygging. Dette gjelder hvis det bare var Bergen havn som bygde ut, det vil gi en økt inntjening hvis det er flere havner som bygges ut.

Clean North Sea Shipping (CNSS) er en undergruppe av EU sitt INTERREG program IVB" North Sea Region Programme (2007-2013)". CNSS jobber for å redusere forurensning fra marin sektor i Nordsjøen, gjennom å sette fokus på problematikken og utvikle verktøy som den enkelte havn eller rederi kan bruke for å redusere sine utslipp (CNSS 2014). Nettkapasiteten vil variere innenfor de forskjellige regionene og dermed vil utvidelse av kapasiteten på nettet også variere etter behov. Det finnes ikke i dag en moden teknologi som kan takle mellomlagring av store kvantum energi. Det pågår i dag mange spennende konsepter som kan løse dette i fremtiden.

Teknisk er ikke installering av landstrøm særlig komplisert, selv om teknologien enda ikke er hyllevare. Et landstrømanlegg må blant annet inneholde en transformator, frekvensomformer og sikkerhets- og kommunikasjonssystemer. Som beskrevet i kapittel 3.1 er de mest fremtredende totalleverandører av landstrømanlegg aktørene som Siemens, ABB og CAVOTEC. På overføringsteknologi mellom land og skip finnes det flere delkomponentleverandører som for eksempel SAM Electronics, Terasaki og NG<sup>3</sup>.

#### 5.4. Tilgjengelige støtteordninger og politiske føringer

##### *Nasjonal transportplan (NTP)*

Da NTP for 2014-23 ble lagt frem den 24.2.12 la seks statlige transportetater fram en samlet transportplan for perioden. NTP er en overordnet plan for samfunnets transport infrastruktur. NTP har høye ambisjoner på nasjonalt nivå om å redusere utslippene fra fossilt drivstoff og elektrifisering av havnene ses på som svært viktige tiltak for å redusere utslipp. I transportplanen etterlyses en statlig aktør som tar ansvar for en HVSC utbygging, og det anbefales at det legges til rette for landstrøm i norske havner (Rambøll 2012).

##### *EU*

EU har mange reguleringsforslag i forhold til miljøkrav, spesielt er Direktiv 2005/33/EC som gir restriksjoner på mengden svovel som er tillatt i marin diesel. Dette direktivet forbyr skip som ligger i havn mer enn 2 timer å bruke drivstoff med mer en 0,1% svovel.

EU har også utstedt en miljøanbefaling 2006/339/EC som anbefaler at man tar i bruk landstrøm. I tillegg har EU igangsatt en implementering av subsidierte programmer som Marco Polo, for å delfinansiere HVSC-anlegg (Schneider-electric.com 2012).

##### *Støtte ordninger for havner*

##### *Enova*

“Enova skal drive fram en miljøvennlig omlegging av energibruk og energiproduksjon, samt bidra til utvikling av energi- og klimateknologi. Dette gjøres hovedsakelig gjennom økonomisk støtte og rådgivning.” (ENOVA 2014)

Enova sitt oppdrag er å skape varige endringer i tilbud og etterspørsel etter effektive og fornybare energi- og klimaløsninger. ENOVA samarbeider tett med markedsaktører i privat næringsliv og offentlig virksomhet for å redusere bruken av energi og øke produksjonen fra fornybare energikilder. Virksomheten skal styrke forsyningssikkerheten og redusere utslippene av klimagasser. Enovas støtte skal være utløsende for gjennomføringen av et prosjekt, for at støtte skal kunne gis. Enovas aktiviteter har store og positive konsekvenser for reduksjon av klimagassutslipp. Omlegging fra diesel i fartøyene og til forsyning av fartøy med strøm fører primært til mer klimavennlig bruk av energi i Norge, men er også et viktig tiltak for økt forsyningssikkerhet. (ENOVA 2014)

Programmet ”Støtte til eksisterende bygg og anlegg” åpner for at landstrømsprosjekter kan støttes. Enova vil muligens gi en presisering av hvem som kan søke om landstrøm og hvilke installasjoner Enova støtter. Støtten bør muligens begrenses til installasjoner på land, dvs. kun stasjonære anlegg. Programmet “støtte til introduksjon av ny teknologi” kan være en mulighet for havnene til å få støtte til HVSC-anlegg (ENOVA 2014) (Rambøll 2012).

##### *EU*

Under EUs energiprogram har det i noen år vært drevet forskning og innovasjon på Fuel Cells & Hydrogen (FCH) med finansiering av stasjonære og mobile forsøksanlegg. Strøm leveranser fra et mikro grid til HVSC-anlegget via hydrogen eller brenselceller vil kunne kvalifisere for støtte gjennom “Fuel cells and hydrogen joint undertaking” (<http://www.fch-ju.eu/> 2014).

## Støtte ordninger for rederier

### TRANSNOVA

Transnova skal bidra til å redusere CO<sub>2</sub>-utslipp fra transportsektoren

“Transnova er et organ etablert av Samferdselsdepartementet, og lagt til Statens vegvesen med årlige bevilgninger over statsbudsjettet. Vårt hovedmål er å bidra til å redusere klimagassutslippene fra transportsektoren i Norge.” (Transnova 2014)

“Transnova gir støtte til prosjekter og tiltak som bidrar til å erstatte fossile drivstoff med alternative drivstoffer eller energibærere som gir lavere eller ingen CO<sub>2</sub>-utslipp. Transnova støtter også prosjekter og tiltak som bidrar til overgang til mer miljøvennlige transportformer og til å redusere det totale transportomfanget. Prosjektene som støttes skal i hovedsak være i en pilot-/demonstrasjonsfase, redusere ulike typer løsningsbarrierer og bidra til læring, erfaringsoverføring og kompetansebygging.” (Transnova 2014)

### NO<sub>x</sub> FONDET

“Reduserte NO<sub>x</sub>-utslipp er hovedmålet med Miljøavtalen om NO<sub>x</sub> og Næringslivets NO<sub>x</sub>-fond. Fondet er et spleiselag der bedriftene som er med kan søke om støtte til utslippsreducerende tiltak. Betaling til fondet erstatter statlig NO<sub>x</sub>-avgift for de tilsluttede bedriftene. NO<sub>x</sub>-fondet er stiftet av 15 samarbeidende næringsorganisasjoner.” (NHO 2014)

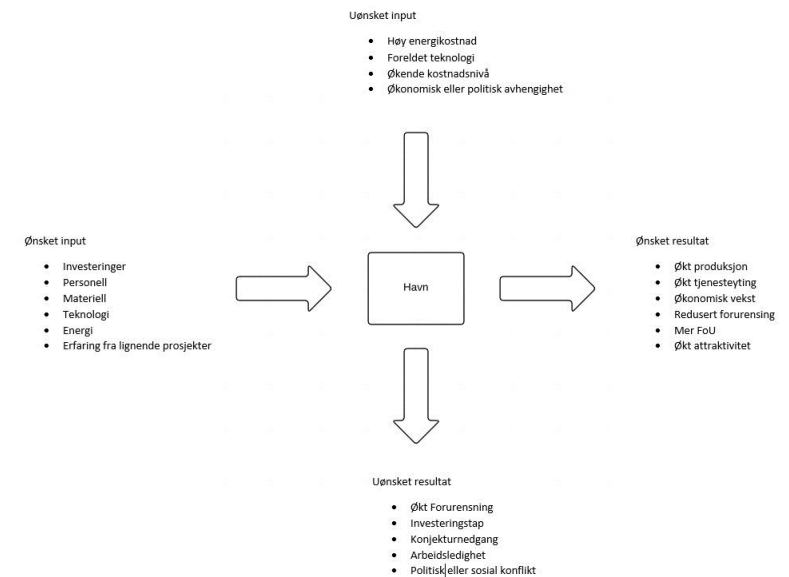
## 6. KONSEPT

For å kunne utvikle et konsept er det viktig å identifisere de ønskede resultater og input. Gjennom å identifisere dette og definer behovet som skal løses kan man utvikle konseptene.

### 6.1. Konseptidentifisering

#### Systemanalyse

Figur 12 viser systemdefinisjonen til den moderne havna



For å kunne gi en løsning på de utfordringer dagens havner og rederier står ovenfor, må man definere hva som er ønsket og uønsket input og resultater. I figur 12 er systemanalysen av den moderne havn og rederi angitt. Det er ønskelig med økt trafikk og reduserte utslipp.

## Behovsdefinisjon

Matrisen skal få frem hva som ansees som overordnede behov for de ulike aktørene. Samtidig skal behovsdefinisjonen gi begrunnelser og krav for behovene.

Perspektiv	Behov	Begrunnelse	Krav
Samfunnet	<ul style="list-style-type: none"><li>Lavere utslipp</li><li>Økt produktivitet</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Redusere helseskader og plager</li><li>Unngå tap av arbeidsplasser</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Mindre konflikt med elektrisk forsyningssikkerhet</li><li>Minske utslippsverdiene satt av FHI.</li><li>Effektivitet i energi brukt</li></ul>
Havnen	<ul style="list-style-type: none"><li>Utvikle enkle og brukervennlige nettjenester for brukere</li><li>Økonomisk lønnsom virksomhet</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Øke avkastning</li><li>Redusere ulykker</li><li>Redusere luftforurensning</li><li>Komme i kontakt med nye kunder</li><li>Redusere bemanningsbehov på kai</li><li>Store investeringer som krever avkastning</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Enkelt å utvide</li><li>Enkelt og administrere</li><li>Lav nede tid</li><li>Enkel service</li><li>Øke inntekter</li></ul>
Rederier / skip	<ul style="list-style-type: none"><li>Brukervennlig</li><li>Billig</li><li>Enkelt</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Redusere drivstoff utgifter</li><li>Bidra til bedre helse og klima</li><li>Store investeringer som krever avkastning</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Redusert tid ved kai</li><li>Nedbetalingsstid 5 år</li><li>Reduser utgifter</li><li>Økt miljø profil</li><li>God leveringssikkerhet</li><li>God sikkerhet</li></ul>

Tabell 6 Behovsdefinisjon for et HVSC system

Selv om tabellen ikke viser noen åpenbare eller grunnleggende motsetninger mellom behovene og krav fra de ulike aktørene, vil det likevel i praksis oppstå problemer/utfordringer da forskjellige aktører ønsker høyest mulig profitt og har et kunde/leverandør forhold til hverandre.

## Strategiske rammebetingelser

I en konseptutvikling er det usikkerhet knyttet til realiseringen av prosjektet. Det er en viss sannsynlighet for at ikke alt går som planlagt. Derfor er det en god grunn til å ha fleksibilitet i gjennomføringsdelen av prosjektet. De strategiske rammebetingelsene gjør at det ikke blir for store avvik i den strategiske retningen til prosjektet. Mens konseptet er i tidligfasen av prosjektutviklingen, vil det være forholdsvis stor usikkerhet rundt framdrift og tidsrammer. Dermed må det tas høyde for at prosjektet kan ta andre retninger enn først antatt. Derfor må de strategiske rammebetingelsene for prosjektet settes for å holde prosjektet på rett kurs. De

strategiske rammebetingelsene skal i praksis gjøre den gjennomførende part i stand til å gjennomføre prosjektet uten misforståelser i forhold til målsetningen ved prosjektet.

## GENERELLE STRATEGISKE RAMMEBETINGELSER

- Prosjektet skal være økonomisk lønnsomt og bærekraftig.
- Brukerne skal oppleve produktet som en god investering.
- Det er mulig å ta imot statlig støtte eller støtte fra investorer, men det skal ikke gå nevneverdig utover samfunnet forøvrig.
- De nye tilbudene skal oppleves som en gevinst for alle parter

## 6.2. Utvikling av konsepter

For å finne det mest optimale konseptet i forhold til miljø, økonomi og samfunn må det gjøres en del analyser av scenarioene. Først og fremst må man se på dagens situasjon og i hvilken grad den er økonomisk lønnsomt eller miljøskadelig. Sammenliknet med dagens situasjon må det føres opp en utbygging av HVSC-anlegg i havnene, enten i form av fullstendig utbygging eller en utbygging av noen nøkkelhavner og i tillegg se på nødvendig infrastruktur og tekniske løsninger for en slik utbygging.

I alle framtidige konsepter er det store innsparingsmuligheter på energibruken i skipet. Her bør man se på hva som er nødvendige elektriske laster på skipet og se på en optimalisering av skipets energibruk. Dette kan redusere behovet for energi betraktelig, noe som igjen vil gi lavere utslipp og forbruk. Dette vil ikke bli diskutert i dypere grad i denne oppgaven, men vil være et steg for potensielt å øke de miljømessige og økonomiske gevinstene ytterligere.

## Egengenerering av energi (dagens situasjon)

Dette konseptet er å fortsette slik som det er i dag, der skip bruker egne dieselgeneratorer i havn. Energien skaffes til veie for å opprettholde de funksjoner som trengs når skipet ligger til kai. Det vil ikke være behov for noe særlig oppgradering av infrastruktur, siden det meste av utstyret allerede er tilstede i dag. Dette scenarioet vil ikke gi noe betydelig endring i antall ansatte eller utfordre dagens forretningsmodeller. Konfliktene mellom rederier og havnevesen vil da kunne fortsette pga. utfordringene ved dagens modell for anløpsavgifter (NRK 2014a), noe som diskuteres nærmere i kapittel 7.1.



### Forutsetninger for et HVSC-anlegg

Hvis det skal bli et skifte i energibæreren i havner er det viktig å utvikle nye forretningsmodeller for framtida, som tar vare på både havna og brukerne av havna. Eventuelle investeringer må kunne forsvaras både økonomisk og ut ifra et klima/miljø perspektiv. Et framtidig system må ha en betydelig reduksjon av støy, klimagasser og lokal luftforurensing, samtidig som det bør øke bunnlinja både til havna og rederiet/skipet. Nye tekniske løsninger bør sørge for å redusere risiko for skader på personer og teknisk utstyr, samtidig som de ikke må føre til forlenget tid ved avgang / anløp. Andre miljømessige konsekvensene av et nytt system bør ikke være i konflikt med kulturvern, miljø, klima, dyreliv eller innbyggere noe som kan være vanskelig siden havnene ligger i bebygde strøk langs kysten. En vektning mellom næringsinteresser og miljøinteresser og i ytterste konsekvens et valg mellom miljø, naturvern og kulturlandskap på en side mot klimautslipp og næringsinteresser på den andre noe som diskuteres nærmere i kapittel 7.

I de framtidige konseptene er det ønskelig å ha et automatisk system for identifikasjon, måling og betaling, noe som reduserer de administrative kostnadene og frigjør hender til mer inntektsbringende arbeid. Det bør også ligge insentiver i havneregulativene for å bruke mer miljøvennlige energibærere. Samtidig må havna, netteiere og/eller konsesjonsinnehaver (for salg av elektrisk effekt) kunne ta seg godt nok betalt til å påta seg risikoen ved en utbygging av HVSC-anlegg. Ulike prismodeller for effekt prising vil være avgjørende for energikostnadene til rederiene, og betalingsviljen vil variere stort med hensyn til type skip.

En mulighet som BKK har lansert er en ny type nett-tariff som trådte i kraft fra og med 1. juli 2012. Det er en fleksibel tilkobling der mottaker får redusert nettleie mot at de aksepterer at kraft kan kobles ut når det er kapasitetsmangel i nettet. Det vil si at det blir en reduksjon av nettleie, dersom man kan koble ut sitt kraftbehov når det er et press i nettet. En slik redusert nettleie har en betydelig effekt på kostnadene knyttet til landstrøm. En slik løsning vil gjøre det mulig å dimensjonere for mindre effekt i kablene, grunnet at man kutter vekk toppene. Dette vil kunne gjelde for Hurtigruten (og andre skip) siden de har egen kraftforsyning ombord. Ifølge BKK dreier det seg om to aktuelle varianter på dette: (Zero 2012)

1) “Fleksibelt forbruk som kan akseptere utkobling uten forutgående varsling og maksimal utetid på 4 timer per døgn vil kunne få 25 % reduksjon i effektledet på nettleien” (Zero 2012)

2) “Fleksibelt forbruk som kan akseptere utkobling uten forutgående varsling og uten begrensning på maksimal utetid, vil kunne få 90 % reduksjon på effektledet. Anlegget vil bli koblet inn så fort det er driftsmessig forsvarlig” (Zero 2012)

Color Line har inngått lignende avtaler på sine anlegg i Oslo og Kristiansand.

Et automatisk HVSC-anlegg vil ha tre aktører som enten leverer, vedlikeholder eller opererer HVSC -anlegget, se figur 13. Det er bare NG<sup>3</sup> som leverer et kommersielt tilgjengelig system for automatisk tilkobling av HVSC. Det er mange høyspentoperatører som kan levere effekt til anlegget. På den resterende elektronikken til et HVSC-anlegg finnes det flere leverandører, men det er hovedsakelig ABB, Siemens, Cavotech og Sam-Electronics som leverer fullstendige systemer. ABB er den mest anerkjente leverandøren av de interne strømsystemene i skip ved et HVSC-anlegg.

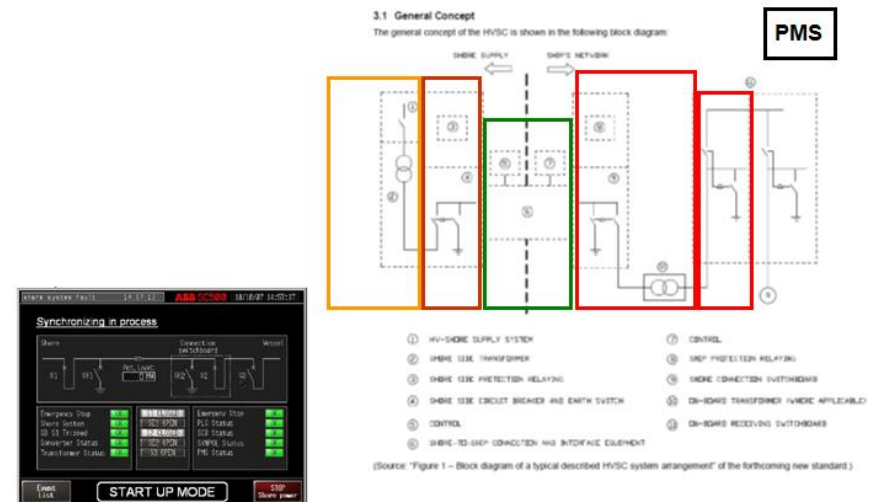


Figure 13 viser hvilke deler av anlegget de forskjellige aktørene er ansvarlig for. Her vist med NG<sup>3</sup> sitt system. Det gule feltet er høyspentoperatøren i området, det røde til venstre er rederiet/havnene, det røde til høyre er rederiet og det grønne er NG<sup>3</sup> sitt overførings system. Nede til venstre ser man brukergrensesnittet som styrer operasjonen for synkronisering av strømmen.

### Full utbygging av HVSC-anlegg

En full utbygging vil bety en utbygging av HVSC-anlegg i alle kommersielle havner og i havner som er registrert som kommunale foretak. Dette vil muliggjøre en storstilt reduksjon av støy, lokal luftforurensning og klimagassutslipp i havna. Dette diskuteres nærmere i kapitel 7.2.

### Delvis utbygging av HVSC-anlegg

En delvis utbygging vil bety en utbygging av HVSC-anlegg, der det er teknisk mulig å gjennomfør uten store inngrep i naturen og der det finnes elektrisk kapasitet til et slikt anlegg. Det må samtidig være en økonomisk og/eller miljømessig gevinst. Et slikt scenario vil muliggjøre en reduksjon av støy, lokal luftforurensning og klimagassutslipp i de havner som bygges ut. Dette diskuteres nærmere i kapitel 7.3.

## 7. KONSEPTUTVIKLING

For å kunne velge det riktige konseptet må det gjøres en rekke vurderinger og analyser for å ta det riktige valget. Hvordan vil enkeltparametere påvirke lønnsomheten og gjennomføringsevnen til konseptet? I dette kapitlet skal hver enkelt analyse gjennomføres på de forskjellige scenarioene, med bakgrunn i de behov og krav som alle aktørene har til havnene. Et konseptvalg vil gi svar på hvordan den fremtidige infrastrukturen for energibruk i de norske havnene bør se ut.

### 7.1. Egengenerering av energi (dagens situasjon)

Ved å kartlegge dagens situasjon, har man noe å sammenligne de forskjellige konseptene med *Interessent- og behovsanalyse*

Interessenter	Kategorier	Selvfølgeligheter	Tilfredsstillere	Attraksjoner
Innbyggere	Vekslende støtte	Øker trafikken i havnebassenget	Øker attraktiviteten til byen	Økonomisk vekst og sikrer arbeidsplasser
	Rederier og skipsoperatører	Støttende	Utgiftsreduksjon	Økt trafikk, forbedret logistikk
Kommunen	Støttende	Miljøkonsekvenser	Kommunale budsjetter	Økt attraktivitet for byen
Nasjonale Myndigheter	Ikke støttende	Økte inntekter	Nasjonale utslippsmål Økte helse gevinster	Økte inntekter fra skatter og avgifter
Internasjonale organisasjoner	Ikke støttende	Reduserte kostnader for anløp	Økte trafikk og forbedret logistikk Redusere bruk av svovelinnholdig drivstoff	«Grønne» havner
Politikere	Vekslende støtte	Få relevant informasjon	Beslutnings myndighet	Økt popularitet i velger segmentene
NGO	Ikke støttende	Få tilgang på informasjon man har krav på	Tas med på høring	Få reell påvirkning på planene
Media	Vekslende støtte	Få tilgang på relevant informasjon	Adgang til møter og beslutningstagere	Økt salg grunnet prosjektinteresse

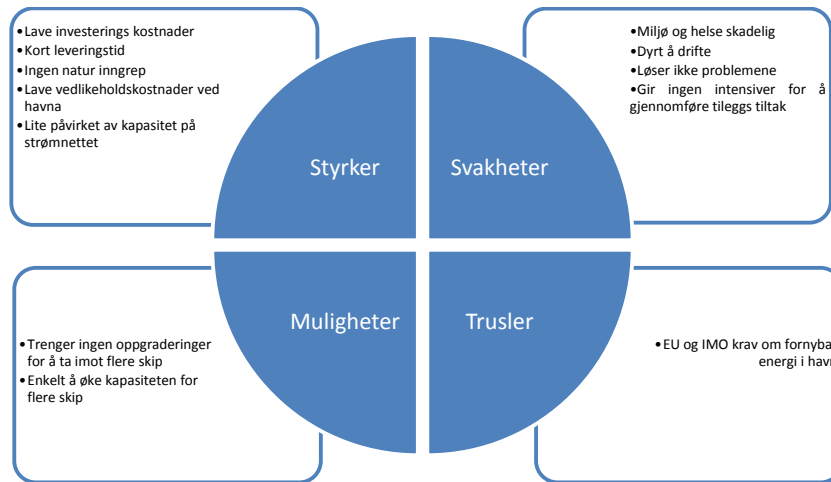
Tabell 7 viser en behovs og interesse analyse av dagens situasjon



Gjennom å se på hvordan de forskjellige aktørene vil stille seg til prosjektet kan man få et grovt overblikk over hvilke utfordringer som kommer, og om opinionen er for eller imot konseptet.

### SWOT-analyse

For å få en oversikt over de store trekkene ved dagens situasjon, gjøres en SWOT analyse der de forskjellige sider av konseptet blir belyst i grove trekk.



Figur 14 SWOT analyse av dagens situasjon

### Strategiske rammebetingelser

#### Effekt mål:

Havna:

- Eksternt: Skal oppleves av kunden som behovsorientert, profesjonell og effektiv.
- Internt: Effektivisere driften og øke dokking kapasiteten

#### Resultat mål:

Havna:

1. Økt bunnlinje
2. Økt trafikk
3. Omdømmet til havna stiger

### Rederier og operatører:

1. Økt omsetning
2. Økt trafikk
3. Omdømme forbedring
4. Reduserte utgifter

**Tidsramme:** Konseptet er allerede til stede i alle havner

**Lønnsomhet:** Konseptet skal gi overskudd fra 1. dag.

**Utbredelse:** Gjennom allerede utbygde havner er konseptet allerede utbredt i alle havner.

**Medvirkende parter:** Kommuner, fylkeskommuner og brukere av kai anlegg

**Evaluering** Det skal årlig gjennomgå evaluering for å oppnå mer effektiv og rasjonell drift,

### Strategianalyse

	Prosjektet		Prosjektets hensikt	
Prosjekt-ets strategi	Ressurser Operativ plattform God logistikk Kvalifisert personell	Resultatmål Kompatibilitet med alle typer skip	Effekt mål Øke inntektene til havner og redusere driftskostnader for rederier Øke konkurranse dyktigheten til norsk maritim næring	Samfunns mål Reduksjon av lokal forurensning ved havner Sikre arbeidsplasser Redusere naturinngrep
	Forutsetninger 1. Prosjektet er bedriftsøkonomisk lønnsomt	Usikkerhet 2. Personellet er kapable til å løse de utfordringer som måtte komme	Usikkerhet 3. Effektivisering av drift og logistikk	Usikkerhet 4. Leveranser i tide 5. Rutetabeller og tidsplaner blir overholdt 6. Ny miljøkrav fra myndigheter 7. Nye internasjonale miljøkrav fra EU

Tabell 8 strategianalyse av dagens situasjon

De strategiske rammebetingelsene gir noen klare utfordringer for dagens situasjon både på kort og lang sikt. Sjøtransporten i dagens situasjon er ikke konkurranse dyktig med andre former for transport næring, der spesielt veitransporten tar en del av markedet som kunne ha gått sjøveien. Det må store kutt til i sektoren for å ikke bidra til helseskade på lokalbefolkningen rundt havnen.

I tillegg er det varslet kutt i klimagass utslipp i alle sektorer fra regjeringen Solberg. (NRK 2014b)

#### Usikkerhets analyse

Konsekvens	Vesentlig virkning	Vesentlige Muligheter	Reel Risiko	Fatal Risiko
		1. Prosjektet er bedriftsøkonomisk lønnsomt	6. Ny miljø krav fra myndigheter	7. Nye internasjonale miljø krav fra EU
Liten virkning	Liten Risiko	Liten Risiko	Liten Risiko	
	3. Effektivisering av drift og logistikk 4. Leveranser i tide	2. Personellet er kapable til å løse de utfordringer som måtte komme	5. Rutetabeller og tidsplaner blir overholdt	
	Stor	Middels	Lav	
	Sannsynlighet			

Tabell 9 viser en usikkerhets analyse av dagens situasjon

Med signalene om nye regler fra EU vil det å fortsette med drift basert på fossil drivstoff i havnene være en kortsiktig affære. Det er tydelig at måten dagens energibehov blir dekket må forandres. Havnene har her en mulighet til å ta styringen og skape en gevinst ved å investere for fremtiden. Når IMO sin nye standard trer i kraft 01.01.2015 vil alle nye skip ha et krav om null utslipp av klima og luftforurensende gasser i havna. Hvis ikke havna har et system på plass for dette, vil ikke moderne skip kunne komme til havna og dette vil svekke havnens mulighet til drift i årene fremover.

#### Kostnader ved egen generering av energi

Kostnadene for dagens drift i havner, dekkes av nivået på havneavgiftene og tjenester knyttet til havnedriften. I noen tilfeller vil det være et underskudd mens andre vil ha et lite overskudd. Over en tidsperiode skal ikke havna gå med over skudd jfr. (Stortinget 2009). Det er rederiene sine kostnader som er avgjørende for om konseptet er bedriftsøkonomisk lønnsomt. Den totale

merverdien et HVSC- anlegg skaper, viser svaret på om det er samfunnsøkonomisk lønnsomt eller ikke. Kostnadskalkylen for et rederi vil kunne se ut som tabell 10 for de faste drivstoff utgiftene, mens tabell 11 viser kostnadene knyttet til liggetid kai for Bergen havn pr. Hurtigruteskip.

	Vår	Sommer	Høst	Vinter	
Timer ved kai	8 t	5,5 t	5,5t	8 t	2463,75 t
Antall dager ved kai	5 d	8 d	5 d	13 d	31 d
Forbruk av diesel pr time	500 L/t	500 L/t	500 L/t	500 L/t	500 L/t
Antall liter pr periode	24.000 L	22.000 L	16.500 L	52.000 L	107.750 L
Diesel pris	10 NOK	11 NOK	11 NOK	10 NOK	10,5 NOK
Kostnad	240 MNOK	242 MNOK	181,5 MNOK	520 MNOK	1.202,25 MNOK

Tabell 10 forbruk og kostnader for diesel drift av MS Richard With

Det totale drivstoff forbruket ved Bergen havn for Hurtigruten er estimert til 1.522.500 liter diesel, her er det antatte snittforbruket på generatorene 600 L/timen. Med en snitt pris på 10,5 NOK for drivstoffet utgjør det en total sum på drivstoff 15,99 MNOK i året.

Totalt ligger Hurtigrutens sine skip 19.708 timer til kai i året. Drivstoffkostnadene for landligge for Hurtigrutens sine skip blir da på 124,159 MNOK.

For et rederi med jevnlike anløp vil det være en rekke faste utgifter. Her vist med Bergen havn og Hurtigruten ASA sine faste utgifter knyttet til kai ligge. De totale” faste” avgiftene pr anløp blir som vist i tabellen 10.

Fartøy	Bruttotonnasje (bT)	Anløpsavgift (NOK)	Kaivederlag (NOK)	Andre faste utgifter	Total sum (NOK)
MS Midnatsol	16.151 BT	527 NOK	4.536 NOK	850 NOK	5.913 NOK
MS Trollfjord	16.140 BT	526 NOK	4.532 NOK	850 NOK	5.908 NOK

MS Finnmarken	15.530 BT	513 NOK	4.370 NOK	850 NOK	5.733 NOK
MS Nordnorge	11.384 BT	419 NOK	3.265 NOK	850 NOK	4.534 NOK
MS Nordkapp	11.386 BT	419 NOK	3.265 NOK	850 NOK	4.534 NOK
MS Polarlys	11.341 BT	418 NOK	3.265 NOK	850 NOK	4.534 NOK
MS Nordlys	11.204 BT	415 NOK	3.217 NOK	850 NOK	4.482 NOK
MS Richard With	11.205 BT	415 NOK	3.217 NOK	850 NOK	4.482 NOK
MS Kong Harald	11.204 BT	415 NOK	3.217 NOK	850 NOK	4.482 NOK
MS Vesterålen	6.261 BT	230 NOK	1.900 NOK	850 NOK	2.980 NOK
MS Lofoten	2.621 BT	48 NOK	268 NOK	850 NOK	1.160 NOK

Tabell 11 viser de faste utgiftene pr anløp med rabatt for Hurtigruten ASA sine skip i 2014, tallene er hentet fra BOH havneregulativ

Hvert enkelt skip er inne i Bergen havn 31 ganger i løpet av året, noe som gir en fast utgift for Hurtigruten ASA til Bergen havn på i underkant av 1,49 millioner kroner. I tillegg kommer variable kostnader som passasjer og ISPS avgifter til havna.

Totalt vil da Hurtigruten ASA sine faste kostnader knyttet opp mot Bergen havn ligge i underkant av 18 millioner norske kroner årlig. CO<sub>2</sub> kvote prisen pr tonn ligger pr 25.04.2014 på ca. 5.5€. Prisen i 2014 for NO<sub>x</sub> utslipp er på 17,33 NOK per kilo NO<sub>x</sub> (miljødirektoratet 2014) dette gir

For regnskapsåret 2014 vil de "faste avgiftene" og dieselkostnad knyttet til anløp i norske havner på 155,507 MNOK (havneregulativene til de forskjellige havnene), i tillegg kommer utgifter knyttet til ISPS-tjenester for passasjerer.

Utslippsdata for CO<sub>2</sub> hentet fra Teknisk Ukeblad sin energi kalkulator (www.TU.no 2008) og IAPH sitt arbeid. Fra energi kalkulatoren til Teknisk Ukeblad ser man at 1 liter diesel tilsvarer energitettheten til 10,10 kWh. Ut ifra det beregnede utslippet pr liter diesel som utviklet i rapporten om landstrøm i Bergen Havn (Rambøll 2012), blir det totale utslippene til Hurtigruten ASA sine skip som vist i tabell 12. Her er de totale utslippene Hurtigruten står for ved kai i dag, brukket ned til hver enkelt gass. Ved kai i Norge bruker Hurtigruten ASA 11.824.725 Liter diesel pr år, dette tilsvarer utslippene vist i tabell 12.

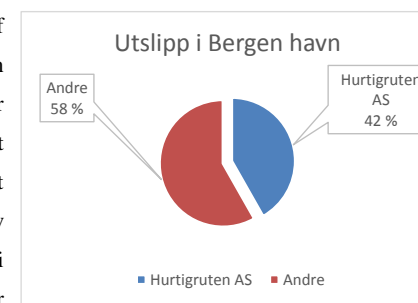
Utslipp fra marin diesel	Utslipp av CO <sub>2</sub>	Utslipp av NO <sub>x</sub>	Utslipp av SO <sub>2</sub>	Utslipp PM <sub>10</sub>
Pr liter	3,190 kg	0,060 kg	0,002 kg	0,001 kg
Bergen et skip	442,13 tonn	8,31 tonn	0,277 tonn	0,139 tonn
Bergen årlig alle skip	4.863,47 tonn	91,47 tonn	3,049 tonn	1,525 tonn
Norge et skip	3.109,4 tonn	58,484 tonn	1,949 tonn	0,975 tonn
Norge årlig	37.791,9 tonn	709,48 tonn	23,65 tonn	11,825 tonn

Tabell 12 viser beregnet utslipp for Hurtigruten i Norge og Bergen, utslipps faktor hentet fra Rambøll 2012

Prisen for ett slikt årlig utslipp for Hurtigruten vil være på 12,295 MNOK i NO<sub>x</sub> utslipp(miljødirektoratet 2014), og 1,663 MNOK i CO<sub>2</sub>. Det finnes i dag ikke noen pricing for SO<sub>x</sub> og PM<sub>10</sub> utslipp, men vi vet at kostnadene for samfunnet er store knyttet til gassene.

I tillegg til utslippene estimert i tabell 12 kommer all annen ferjetrafikk og cruisetrafikk inn som også forbruker store mengder med diesel og olje. I følge BKK sin rapport fra 2008 (BKK Nett As 2008): "ble det i 2007 forbrent olje som tilsvarer 44 417 852 kWh. Etter SSB har sine statistikker drivstoffet en energitetthet på 12,19 kWh."

Dette betyr at i 2007 ble det brent drivstoff tilsvarende 3.643.794 liter diesel. Trekker man fra Hurtigruten ASA sitt stipulerte forbruk, ser man da at andre skip til sammen forbrant 2.110.794 liter drivstoff. Det betyr at Hurtigruten som aktør sto for 42,07 % av utslippene fra skipstrafikken i Bergen Havn i 2007. Tar man høyde for at reglene for svovelinhold innført i 2007 i Nordsjøbassenget og i norske havner fra 2010 blir overholdt, vil den generelle energitettheten synke noe, siden alle skip har gått over til marin diesel (Inge Steensland 2014, Rambøll 2012). Marin diesel har en energitetthet på 0,21 kWh/kg eller 10,10 kWh pr. liter.



Figur 15 viser pai diagrammet av estimerte CO<sub>2</sub> utslippene i Bergen havn i 2007.

### Lønnsomhetsvurdering

For å forstå hele bildet må lønnsomhetsvurderingen deles opp i to deler: én for havna og én for rederiene. For havna må man se på dagens inntektsmodell bestående av havneavgifter og tjenester knyttet til havna. For rederier er det passasjer- og transportinntektene som er grunnlaget.

## HAVNA

De faste avgiftene til havna er kaivederlag, anløpsavgift og eventuelle ISPS-avgifter. I tabell 13 og 14 ser vi pris settingen til Bergen Havn

	BT	Sum BT	Pris pr. tonn	Totalt beløp
For de første	300		kr. 0,32	kr. 96,00
for de neste	300	600	kr. 0,31	kr. 189,00
for de neste	600	1 200	kr. 0,12	kr. 261,00
for de neste	800	2 000	kr. 0,09	kr. 333,00
for de neste	1 000	3 000	kr. 0,09	kr. 423,00
for de neste	2 000	5 000	kr. 0,14	kr. 703,00
for de neste	5 000	10 000	kr. 0,17	kr. 1 553,00
for de neste	10 000	20 000	kr. 0,09	kr. 2 453,00
for de neste	10 000	30 000	kr. 0,14	kr. 3 853,00
for de neste	20 000	50 000	kr. 0,14	kr. 6 653,00
for de neste	20 000	70 000	kr. 0,14	kr. 9 453,00
for de neste	20 000	90 000	kr. 0,26	kr. 14 653,00
for alt over	90 000		kr. 0,26	

Tabell 13 anløpsavgift for Bergen havn 2014

Rute eller linjegående fartøy tilhørende samme rederi/operatør med minst 2 anløp pr. uke betaler anløpsavgift med 25% av satsene. Dette betyr at ferjetrafikken får en betydelig reduksjon.

	BT	Sum BT	Pris pr. tonn	Totalt beløp
For de første	300		kr. 0,78	kr. 234,00
for de neste	300	600	kr. 0,56	kr. 402,00
for de neste	600	1 200	kr. 0,51	kr. 708,00
for de neste	800	2 000	kr. 0,51	kr. 1 116,00
for de neste	1 000	3 000	kr. 0,47	kr. 1 586,00
for de neste	2 000	5 000	kr. 0,41	kr. 2 406,00
for de neste	5 000	10 000	kr. 0,41	kr. 4 456,00
for de neste	10 000	20 000	kr. 0,41	kr. 8 556,00
for de neste	10 000	30 000	kr. 0,41	kr. 12 656,00
for de neste	20 000	50 000	kr. 0,52	kr. 23 056,00
for de neste	20 000	70 000	kr. 0,52	kr. 33 456,00
for de neste	20 000	90 000	kr. 0,52	kr. 43 856,00
for alt over	90 000			

Tabell 14 kaivederlag for Bergen havn 2014 unntatt lystbåter

Rute eller linjegående fartøy tilhørende samme rederi/operatør med minst 1 anløp pr. uke betaler anløpsavgift med 65% av satsene. Maksimum 31 vederlag pr mnd.

Disse avgiftene varierer litt fra havn til havn, men følger alle de samme lovene, som gjør at avgiftene ikke overstiger det nivået havna trenger for drift. Altså havna kan ikke ta ut et overskudd på anløpsavgifter eller kaivederlag. Den faste inntekten kan ikke overskride kostnadsbehovet til havna jf. Forskrift om kommunenes beregning og innkreving av anløpsavgift §3. Det samme gjelder for kai, vare og passasjer avgifter jf. Forskrift om kommunenes beregning og innkreving av kai-, vare- og passasjeravgift §3-5

Havna er som regel organisert i et kommunalt foretak og underlagt lover som forhindrer at de kan ta ut økonomisk gevinst på anløpsavgifter eller kaivederlag. Disse avgiftene skal gjenspeile de faktiske kostnadene havna har ved skips ankomst. Reguleringen rundt ISPS-avgifter og tilleggsavgifter er ikke like streng og åpner for økonomisk gevinst.

Av tabell 15 ser vi tilleggsavgiftene som Bergen Havn operere med i 2014 for passasjerer og kjøretøy

Produkt	Pris pr enhet
IPS avgift f.o.m. 500-4999 BT	450 NOK pr. påbegynt døgn
IPS avgift f.o.m. 5000BT	850 NOK pr. påbegynt døgn
Lastebil	30 NOK pr bil
Semitrailer	60 NOK pr Trailer
Bil	30 NOK pr Bil
Passasjer	5 NOK pr Passasjer

Tabell 15 viser avgiften pr transporterte enhet i Bergen Havn

For Bergen Havn i 2013 ga dette en inntekt på 138,229 MNOK med utgifter på 127,915 MNOK. Noe som ga BOH et driftsresultat på 10,315 MNOK brutto.

#### REDERIER

Dagens situasjon er lønnsom for rederiene så lenge antall passasjerer, salg av tjenester og varetransport overstiger de faste og varierende utgiftene knyttet til spedisjon. For Hurtigruten ASA er dagens situasjon lite lønnsom, siden Hurtigruten har gått med underskudd de siste årene på henholdsvis -321,250 MNOK i 2012 og -247,681 MNOK i 2011 (www.proff.no 2014). Sett fra et bedriftsøkonomisk perspektiv er ikke egen-generering av energi som gjøres i dagens situasjon lenger økonomisk holdbar for Hurtigruten ASA.

#### Risikoanalyse

Ved et prosjekt vil det alltid være en del risiko, i tabell 16 er de viktigste risikoen samlet å gitt en sannsynlighet for at situasjonen inntreffer. Der høyest mulig score er 5. Konseptet bør tilpasses slik at konsekvensen av hendelsen ikke gjør prosjektet umulig å gjennomføre. Den største risikoen er at Hurtigruten ASA og andre rederier går med underskudd. Ifølge Hurtigruten ASA går de med underskudd i hundre MNOK klassen og må gjøre forandringer for å få driften til å gå rundt. Kostnadene i dag for utslipp av klimagasser, lokal- og luftforurensing er så lav at i et bedrift økonomisk perspektiv at det ikke er noen særlige insentiver til å stoppe utslippene. Derimot er kostnaden for samfunnet store med et økende astma problem spesielt i byer.

		Sannsynlighet	Virkning	Risiko
1	Prosjektet er ikke samfunnsøkonomisk lønnsomt	0,7	4	2,8
2	Prosjektet er ikke bedriftsøkonomisk lønnsomt	0,8	5	4
3	Embetsverket vil ikke bidra til finansiering av prosjektet	0,7	1	0,7
4	Internasjonal/nasjonal lovgiving tvinger frem karbon nøytrale løsninger	1	5	5
5	Internasjonal/nasjonal lovgivning tvinger frem elektriske løsninger	0,6	5	3
6	Rederier bygger ikke om skipene til HVSC drift i havn	0,3	5	1,5

Tabell 16 risiko matrise for dagen situasjon

## 7.2. Full utbygging

En full utbygging vil gi en del målbare resultater og positive ringvirkninger. En full utbygging vil resultere i mye aktivitet i anleggsbransjen og i utbygging av kraftnettene våre. Kostnadene til en slik utbygging blir stor og må ha støtte fra statlig hold. En slik støtte vil være et ekstremt sterkt politisk virkemiddel for å forandre en sektor på lik linje med el-bilforliket, ”Regjeringen freder elbil” (www.Bellona.no 2011).

### Interessent- og behovsanalyse

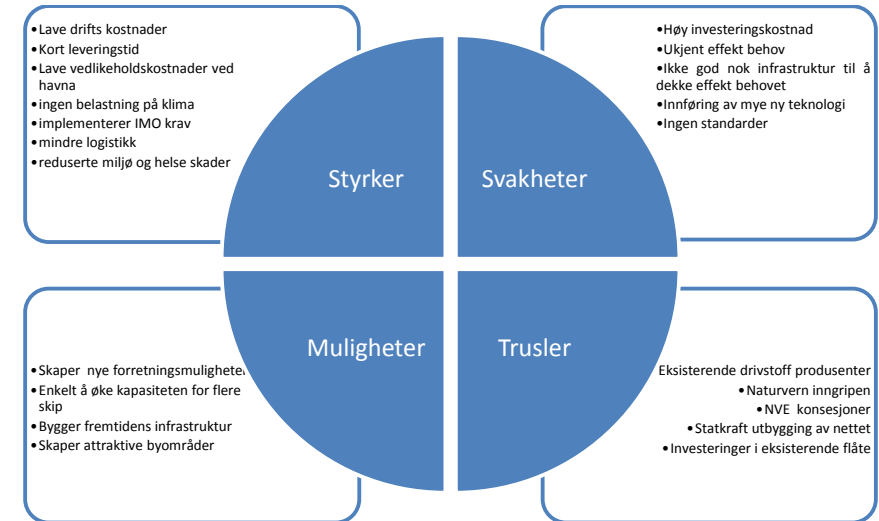
Interessenter	Kategorier	Selvfølgeligheter	Tilfredsstillere	Attraksjoner
Innbyggere	Støttende	Reduserer luftforurensing og klimagass utslipp	Øker attraktivitet til byen	Økonomisk vekst, sikrer arbeidsplasser
Rederier og skipsoperatører	Vekslende støttende	Utgifts reduksjon Økte investeringer	Økt trafikk, forbedret logistikk	Bedre omdømme
Kommunen	Støttende	Miljø konsekvenser Investerings kostnader	Kommunale budsjetter	Økt attraktivitet for byen
Nasjonale Myndigheter	Støttende	Økte investeringer Reduserte inntekter fra skatter og avgifter	Nasjonale utslippsmål Økte helse-gevinster	Verdens ledene miljøtiltak Innovasjon i maritim næring
Internasjonale organisasjoner	Støttende	Reduserte kostnader for anløp	Økte trafikk, forbedret logistikk Redusere bruk av sovelinnholdig drivstoff	«Grønne» havner
Politikere	Vekslende støttende	Tilgang på relevant informasjon	Beslutnings-myndighet	Økt popularitet i velgersegmentet
NGO (ikke statlige organisasjoner)	Vekslende støttende	Tilgang på informasjon man har krav på	Tas med på høring	Få reell påvirkning på planene
Media	Vekslende støttende	Tilgang på relevant informasjon	Adgang til møter/ beslutningstakere	Økt salg grunnet prosjektinteresse

Tabell 17 interesse og behovs analyse for en full utbygging

Gjennom å se på hvordan de forskjellige aktørene vil stille seg til prosjektet, får man et grovt overblikk over hvilke utfordringer som kommer og om opinionen er for eller imot konseptet

### SWOT-analyse

Ved å se på en SWOT analyse av konseptet full utbygging fig. 16 ser vi allerede en del usikkerheter og at det finnes mange høy risiko elementer. Det som vises spesielt godt, er potensialet for reduksjon i den maritime sektoren, og at det bare står på politisk vilje og kapital for å gjennomføre.



Figur 16 SWOT-analyse av konseptet full utbygging

### Strategiske rammebetingelser

#### Effekt mål:

Havna:

- Eksternt: Skal oppleves av kunden som behovsorientert, fremtidsrettet, profesjonell og effektiv.
- Internt: Effektivisere driften, øke dokking kapasiteten, redusere støy og utslipp.

Rederier:

- Eksternt: Skal oppleves av kunden som miljøorientert, behovsorientert, fremtidsrettet, profesjonell og effektiv.

- Internt: effektivisere driften og redusere støy og utslipp.

### Resultatmål:

Havna:

1. Redusere lokal forurensing og klimautslipp
2. Øke bunnlinjen
3. Økt trafikk
4. Omdømmet til havna stiger

Rederier og operatører:

1. Økt omsetning
2. Økt trafikk
3. Øke omdømmet
4. Reduserte utgifter

**Tidsramme:** I løpet av en 2-5 års periode skal alle havner i Norge ha HVSC-anlegg tilgjengelig for maritimt bruk

**Lønnsomhet:** Konseptet skal gi overskudd for havna fra 3-5 år etter utbyggingen.

**Utbredelse:** Som konseptet tilsier skal alle havner ha et HVSC-anlegg, men det bør settes opp en prioritert rekkefølge

**Medvirkende parter:** Kommuner, fylkeskommuner, storting, regjering og brukere av kaianlegg

**Evaluering** Det skal årlig gjennomgå evaluering for å oppnå mer effektiv og rasjonell drift, samtidig som havne strategiene og utviding av tilbudet må ses i sammenheng med NTP.

### Strategianalyse

	Prosjektet		Prosjektets hensikt	
<b>Prosjektets strategi</b>	Ressurser: Operativ plattform God logistikk Kvalifisert personell	Resultatmål: Kompatibel med alle typer skip	Effekt mål: Øke inntektene til havner og redusere driftskostnadene for rederier Øke konkurranse dyktigheten til norsk maritim næring	Samfunns mål: Reduksjon av lokal forurensning ved havner Sikre arbeidsplasser Redusere naturinngrep
<b>Prosjektets omgivelser</b>	Forutsetninger 1. Prosjektet er bedriftsøkonomisk lønnsomt 2. Prosjektet er samfunnsmessig lønnsomt	Usikkerhet 3. Personellet er kapable til å løse de utfordringer som måtte komme	Usikkerhet 5. Effektivisering av drift og logistikk 6. Reduksjon av lokal luftforurensing 7. Reduserte klimagass utslipp	Usikkerhet 8. Leverings-sikkerhet 9. Rutetabeller og tidsplaner blir overholdt

		4. Gode HMS rutiner for behandling av høy elektriske spenninger		10. Ny miljø krav fra myndigheter 11. Nye internasjonale miljø krav fra EU 12. Natur inngrep
--	--	---	--	--

Tabell 18 strategianalyse av full utbygging.

De strategiske rammebetingelsene gir noen klare utfordringer for full utbygging. Det indikerer at staten, sammen med kommune sektoren og næringslivet må gå inn på et spleiselag for å kunne gjøre en slik utbygging. Samtidig er det flere steder der spesielt leveringssikkerhet vil bli en utfordring både på grunn av kapasitet og produksjon av elektrisk effekt i nettet.

### Usikkerhets analyse

Som det fremgår av usikkerhetsanalysen i tabell 19, er det muligheter for å få til gode forretningsmuligheter her. Det vil være en høy investeringskostnad for samfunnet, men det har positive ringvirkninger for miljøet og klimaet. Det er liten risiko for at dagens rutetilbud ikke er mulig å opprettholde (9). Det vil være viktig å få på plass kapabelt personell og gode HMS rutiner som det er i dag, dog tilpasset elektrisitet med høy spenning og styrke (3 og 4).

Gjennom de nye kravene fra EU og IMO, og regjeringen Solbergs løfte om klimakutt i alle sektorer, er det et stort mulighetsrom for en omstilling i havnesektoren. Samtidig åpnes det for statlige midler og OPS finansiering, både for havner og rederier som velger å gå over til elektrisk drift (10 og 11). For kommunene der havna holder til vil en omlegning kunne føre til betydelige kutt i lokal luftforurensing og klimagassutslipp. Utfordringer med logistikk pga. drivstofflevering, forminskes da behovet for påfylling av fossilt drivstoff blir mindre (5-7). De største utfordringene, men også de største mulighetene, ligger i å få en sikker og økonomisk levedyktig modell for både havner og skip. Dette må skje uten at det går utover leveringssikkerheten på strøm til befolkningen og industriområdene rundt havna (1 og 8). Dette må også skje uten store inngrep i naturen eller kulturlandskapet (12). Kostnadene for en utbygging av HVSC-anlegg, er såpass store at det krever et visst antall skip for å kunne forsvare investeringene. Med dagens samfunnsøkonomiske modeller er det vanskelig å forsvare en slik utbygging i alle de 75 norske nasjonale havner (2) (BarentsWatch 2014) .

Konsekvens	Vesentlig virkning	Vesentlige Muligheter	Reell Risiko	Fatal Risiko
		5. Effektivisering av drift og logistikk 6. Reduksjon av lokal luftforurensing 7. Reduserte klimagass utslipp 10. Ny miljø krav fra myndigheter 11. Nye internasjonale miljø krav fra EU	1. Prosjektet er bedriftsøkonomisk lønnsomt 8. Leveringssikkerhet	2. Prosjektet er samfunnsmessig lønnsomt
Liten virkning	Liten Risiko	Liten Risiko	Liten Risiko	Liten Risiko
		3. Gode HMS rutiner for behandling av høy elektriske spenninger	4. Personellet er kapable til å løse de utfordringer som måtte komme	9. Rutetabeller og tidsplaner blir overholdt
	Stor	Middels	Lav	
	Sannsynlighet			

Tabell 19 viser usikkerhets analyse til konseptet Full utbygging

#### Grovanalyse av usikkerhet

Stor konsekvens	8				2, 6, 7, 10 og 11
					1
			5		
Liten konsekvens	9		3		4
	Lav sansynlighet			Høy sansynlighet	

Tabell 20 risiko matrise for full utbyggings konsept

Tabell 20 er en risiko matrise for de forskjellige elementer gitt i usikkerhetsanalysen. Risikoene er plassert etter sannsynlighet og virkning. I konseptet vist i tabell 20 peker det øverste høyre

hjørnet seg ut. Her er sterke og sikre klimagevinster og økonomiske gevinster for rederiene, men veldig store kostnader og økonomisk risiko for samfunnet og en risiko for naturinngrep.

#### Sannsynlighetsbasert kostnadsanalyse

Kostnadene knyttet opp til et HVSC-anlegg er delt i to hovedkategorier. Skipsinvesteringer og investeringer på land, disse kan igjen deles inn i under kategorier. De forskjellige havnene vil ha forskjellige behov for landstrøm. Her legges til grunn at alle havner som skal bygges ut, skal ha Hurtigruten ASA sitt behov som minstestandard (1800kW). For cruisehavner som Ålesund, Trondheim og Tromsø bør tilgjengelig effekt være større og opp mot 7-10 MVA. Bergen havn har allerede gjennomgått flere mulighetsstudier, senest av Rambøll i 2012. Denne rapporten viser et effektbehov på mellom 60-90 MVA for Bergen havn. Denne rapporten tar høyde for at flere cruiseskip og andre skip med stort effektbehov ligger til kai samtidig. Valgene her vil få konsekvenser for eventuelle inntekter fra turisme og skipsfart i fremtiden. Dette vil i stor grad påvirke hvilke strategier havna har for fremtiden. De største cruiseskipene trenger opp mot 15 MVA i dag. Det finnes ingen grunn til å tro at effektbehovet vil minke på lengre sikt.

Kostnadene for et HVSC-anlegg vil være delt inn i de hovedposter som tabell 21 viser. Der skip og havn er delt. Kostnadene for skips delen er basert på tall fra DNV, Dr. Martin Scheifer i ABB, Alfred Stensønes i Color Line og NG<sup>3</sup> (NG3 2014; Scheifer 2014; Stensønes 2014; veritas 2009). Mens tallene for havnene er basert på kostnadskalkylen til Rambøll (Rambøll 2012) og e-mail fra nettselskapene BKK, Varanger Kraft og Mørenett (Carlsen 2014; Gagnat 2014; Korneliussen 2014).

Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3
Installasjoner	Anskaffelse av utstyr	Etablering av leverandør-avtaler
	Installasjon av utstyr	
Generelle forhold	Undersøkelse av behov for utfyllende tiltak	Iverksette forbedrende tiltak
Lokalisering	Kartlegging av optimal plassering av AMP anlegg i havna	Detalj prosjektering
Personell	Ansettelse	Opplæring
Strøm	Levering avtaler	Forbruk

Tabell 21 viser et skjematisk oppsett av kostnadspostene knyttet til utbygging av et HVSC-anlegg



Tabell 22 viser grovkalkylene for et HVSC-anlegg i Norge. Dimensjoneringen av HVSC-anlegget vil være kostnadsdrivende. Kostnadene knyttet til høyspent infrastruktur varierer mye pga. beliggenhet og eksisterende kapasitet i distribusjonsnett og regionnettet. For områder med liten produksjon og lav kapasitet i nettet, vil kostnader knyttet til installasjoner være svært høye og usikre pga. uvisshet om løsnings- og teknologikostnader. Se vedlegg 3 og 7 for en detaljert kostnadskalkyle for HVSC-anlegg og HVSC-anlegg i spesifikke havner.

Grovkalkyle i 1000 NOK	Kostnadsanslag kNOK			Forventet verdi	Standard avvik	Varians
	P10	Sannsynlig	P90			
1. Installasjoner	9.260	59.675	295.000	60.170	124.529	15.507.430.606
2. Generelle forhold	500	2.800	7.600	3.050	2.958	8.748.889
3. Lokalisering	0	1.000	7.600	1.560	3.372	11.368.889
4. Personell	1.000	1.200	1.400	1.200	163	26.667
		64.675		65.980	131.022	15.527.575.050

Tabell 22 viser en grov kostnadsanalyse for et HVSC prosjekt.

Ut fra grovkalkylen ser man at standardavviket utgjør over 198,57% av forventningsverdien. Dette er hovedsakelig på grunn av kostnadene for en fullstendig utbygging av Bergen havn. Holder man kostnaden for Bergen havn utenfor er standardavviket 93,08% prosent av forventningsverdien. Det er spesielt på grunn av at installasjonskostnadene er såpass varierende etter behovet den enkelte havn har og mengde trafikk. Skipene har også forskjellige effektbehov. Kostnadene varierer fra den billigste HVSC installasjonen til 2,5 MNOK som passer skip som bare trafikkerer norske havner, til de internasjonale cruiseskipene med en startkostnad på 10,1 MNOK. Det koster ca. 0,7 MNOK pr ekstra MW for alle skip.

Tabell 23 viser en mer detaljert kalkyle for utbyggingskostnadene for HVSC-anlegg langs norskekysten. Tallene viser det dimensjonerende behovet for de 19 minste havnene hvor Hurtigruten ASA stopper. Det er i flere havner såpass stor trafikk at det må bygges flere anlegg, altså minst et anlegg pr kai med regelmessig trafikk.

Detaljalkyle i 1000 NOK	Kostnadsanslag kNOK			Forventet verdi	Standard avvik	Varians
	P10	Sannsynlig	P90			
1. Installasjoner						
1.1. HVSC land	14.816	21.911	31.114	21.424	6.672	44.517.671
1.2. HVSC skip	2.910	4.623	6.383	4.435	1.418	2.010.411
2. Generelle forhold						
2.1. Kabel grøft m/kabel	500	2.500	5.000	2.550	1.841	3.388.889
2.2. Nett utbedring	0	4.000	7.600	3.960	3.104	9.635.556
3. Lokalisering	0	1.000	4.000	1.200	1.700	2.888.889
4. Personell	1.000	1.200	1.400	1.200	163	26.667
		35.234		34.769	14.898	62.468.082

Tabell 23 viser en detaljalkyle for HVCS utbygging i de minste havnene.

Ved en detaljalkyle for de 19 minste havnene er standardavviket nede i 42,8 %. Det er spesielt nettutbedringer og lokalisering av HVSC-anleggene på kaien som trekker opp standardavviket. Ved en utbygging vil disse verdiene droppe raskt, da de blir beregnet for det enkelte prosjekt og ikke som et estimat for flere havner sammen.

Kostnadene knyttet til HVSC-anlegg på skip varierer, og effektbehovet er prisdrivende. Det finnes noen unntak. Skip med et effektbehov under 0,5 MW trenger ikke en trafo og kan kobles direkte på eksisterende nett, så fremt de har en 50 Hz frekvens. Ellers er minimumsprisen for et HVSC-anlegg anslått til 2,1 MNOK for minimums infrastruktur og med et tillegg på 400 kNOK pr 1 MVA ekstra (se vedlegg.3 for flere detaljer). Er det ønskelig med et automatisert anlegg (NG<sup>3</sup>) koster det 412,5 kNOK pr skip og tilsvarende pr punkt på brygga (Stensønes 2014). Det vil si at de 3 største Hurtigruteskipene har en anslått installasjonskostnad på mellom. 3-3,5 MNOK, mens de 2 minste slipper unna med en antatt kostnad på 2,5 MNOK pr skip.

Detalj-kalkyle i 1000 NOK	Kostnadsanslag kNOK			Forventet verdi	Standard -avvik	Varians
	P10	Sannsyn lig	P90			
<b>1. Installasjoner</b>						
1.1. HVSC land	72.598	94.814	143.701	96.334	29.701	882.125.115
1.2. HVSC skip	2.910	4.623	6.383	4.435	1.418	2.010.411
<b>2. Generelle forhold</b>						
2.1. Kabel grøft m/kabel	500	2.500	5.000	2.550	1.841	3.388.889
2.2. Nett utbedring	8.000	14.000	21.000	14.100	5.312	28.222.222
3. Lokalisering	0	1.000	4.000	1.200	1.700	2.888.889
4. Personell	1.000	1.200	1.400	1.200	163	26.667
		118.137		119.819	40.135	918.662.192

Tabell 24 viser en detaljkalkyle for HVCS utbygging i de største havnene

Tabell 24 viser detaljkalkylen for de største havnene utenom Bergen havn. Standardavviket er på 33,5 % av forventet kostnad. Her er det kostnadene knyttet til nettutbedringer og dimensjonering av HVSC-anlegget som trekker opp standardavviket. Spesielt behovet for kapasitet knyttet til cruisetrafikk øker kostnadene og spredningen i kalkylen. I vedlegget kostnads-kalkyle for HVSC-anlegg (vedlegg 3) kan man se de faste kostnadene knyttet til de forskjellige dimensjoneringene. Ved et detaljkonsept for en havn vil standardavviket synke mer.

Totalt er anslått kostnad for en full utbygging av HVSC-anlegg til alle kaier som kan ha skip inne med spenning over 1000 V er 2 166,177 MNOK, bare for å dekke Hurtigruten sitt behov er total kostnaden 579,560 MNOK se vedlegg 7. Dette gir en nåverdi på 365,111 MNOK ved en kalkulasjonsrente på 7% og en intern rente på 19,3 % for mer informasjon se vedlegg 5.

#### Lønnsomhetsvurdering

For å se på lønnsomheten til konseptet må dagens kostnader etableres og kunne sammenlignes med fremtidens kostnader. For rederier betyr det å sammenligne reduksjon i drivstoff utgifter med investering i nytt utstyr.

Som vist i kapittel 7.1 Egen generering, så er verdien av det årlige dieselforbruket til generatorene til Hurtigruten ASA på 15.99 MNOK, bare i Bergen Havn. Tar vi det ned til et skip i den mest normale størrelsen, viser tabell 25, at forbruket av diesel for et skip (MS Richard With) i Bergen havn er 1,202 MNOK. Tabell 26 viser potensielle energikostnader ved å bruke landstrøm, i stedet for diesel generatorer. Den potensielle energiutgiften ved bruk av landstrøm, med en kWh pris på 0,5 NOK, er da på 124,225 kNOK. Dette er en reduksjon på 89.69 % eller 1,014 MNOK spart, på de årlige energikostnadene ved kai i Bergen, bare for et skip. For flere detaljer se vedlegg 7, kostnadsberegninger i havn.

	Vår	Sommer	Høst	Vinter	Total
Timer ved kai	8 t	5,5 t	5,5t	8 t	229 t
Antall dager ved kai	6 d	8 d	6 d	13 d	33 d
Forbruk av diesel pr time	500 L/t	500 L/t	500 L/t	500 L/t	500 L/t
Antall liter pr periode	24.000 L	22.000 L	16.500 L	52.000 L	107.750 L
Diesel pris	10 NOK	11 NOK	11 NOK	10 NOK	10,5 NOK
Kostnad	240 kNOK	242 kNOK	181 kNOK	520 kNOK	1.202 kNOK

Tabell 25 forbruk og kostnader for diesel drift av MS Richard With, med snitt verdiene for 2011-2013 på drivstoff prisene (ssb.no).

Tabell 26 viser de energikostnader Hurtigruten ASA sitt skip MS Richard With vil ha i løpet av et år i Bergen havn.

	Vår	Sommer	Høst	Vinter	
Timer ved kai	8 t	5,5 t	5,5 t	8 t	229 t
Antall dager ved kai	6 d	8 d	6 d	13 d	33 d
Effekt behov (kW)	900 kW	1450 kW	1450 kW	900 kW	500 kW

Forbrukt energi (kWh)	43.200 kWh	63.800 kWh	47.850 kWh	93.600 kWh	248.450 kWh
Pris pr kWh	0,50 NOK	0,50 NOK	0,50 NOK	0,50 NOK	0,50 NOK
Kostnad i NOK	21,6 kNOK	31,9 kNOK	23,925 kNOK	46,8 kNOK	124,225 kNOK

Tabell 26 viser potensielt forbruk av energi for MS Richard With ved landstrøm,

Hvert av Hurtigruten ASA sine skip ligger totalt 1 624 timer og 30 minutter i havn i løpet av året, så sant det ikke er noen tekniske problemer. Det vil si at hele flåten til Hurtigruten ligger 17 870 timer i havn totalt.

Tabell 27 viser det totale innsparingspotensialet til Hurtigruten ASA ved en overgang fra diesel til elektrisk drift i havnene.

Energi bærer drivstoff	Antall timer	Forbruk drivstoff/effekt av	Pris drivstoff (NOK)	Sum (NOK)
Diesel	17.870 t 10 min	600 L/t	10,5 NOK	112.582 kNOK
Elektrisitet	17.870 t 10 min	1.206 KW	0,5 NOK	10.776 kNOK
<b>Total innsparing Hurtigruten</b>				<b>101.806 kNOK</b>

Tabell 27 viser det totale innsparingspotensialet på de årlige energikostnader for Hurtigruten ASA.

Disse utregningene er antall timer til kai multiplisert med forbruket diesel pr time multiplisert med diesel pris. Mot antall timer til kai multiplisert med strømpris og trukket effekt. Den totale besparelsen for hele flåten vil da bli på 101,806 MNOK pr år hvis alle havner og skip har HVSC-anlegg som er helautomatisert.

Besparelspotensialet for energiutgifter knyttet til drift av hurtigruteskipene, vises for ett enkelt skip i tabell 28. Her sammenlignes kostnadene mellom diesel drift og elektrisk drift for MS Richard With, i de forskjellige periodene.

Prismodell MS Richard With	Antall time ved kai	Kost diesel NOK	Kost elektrisk NOK	Differanse NOK
Vår	301 t	1.897 kNOK	135,5 kNOK	1.761,3 kNOK
Sommer	454 t	2.861 kNOK	329,2 kNOK	2.531,5 kNOK
Høst	301 t	1.897 kNOK	218,3 kNOK	1.678,5 kNOK
Vinter	745,3 t	4.695 kNOK	335,4 kNOK	4.359,9 kNOK
<b>Total</b>	<b>1.801,5 t</b>	<b>11.349 kNOK</b>	<b>1.018,4 kNOK</b>	<b>10.331 kNOK</b>

Tabell 28 viser forskjellen i pris mellom diesel drift og elektrisk drift i havn for MS Richard With

Tabell 28 viser at MS Richard With med en fastpris avtale vil få redusert sine utgifter med 4,26 MNOK pr år. Et tilsvarende anlegg på 4,5 MW i Oslo kostet ca. 30 MNOK med ombygning av to skip. Kostnad per skip var ca. 3,5 Mill (Stensønes 2014), noe som ga Color Line en total investering på 23 mil, hvis man ser bort i fra skipene. I Oslo ble HVCS anlegget ved Color Line brygga støttet med penger fra Oslo havn KF 2,0 MNOK, 3,7 MNOK fra ENOVA og 2 MNOK fra TRANSNOVA.

For Hurtigruten ASA med sine 11 skip vil dette da kunne gi en investering på ca. 34 MNOK for alle skipene, mens innsparingene ville være på totalt 101,806 MNOK pr år. Det vil gi en tilbakebetalings tid for investert utstyr til båten på 4 mnd. Hvis Hurtigruten skal dekke alle kostnadene, men dimensjonere bare for sitt eget behov, vil kostnadene bli på 579,56 MNOK kroner. Disse beregningene dekker i snitt 250 m med kabel grøft pr havn, mens det ikke er tatt høyde for kapasitets utvidelse fra regional- eller stamnett. Spesielt er dette et problem for havnene i Lofoten der kapasiteten og produksjonen av energi er lav, noe som vil gi en betydelig økning i kostnaden. Beregningene tar heller ikke høyde for at skip tas ut av drift i utbyggingsperioden eller at havner må delvis stenges for ombygging. Tiden uten drift vil medføre tap av inntekt pr skip i den enkelte perioden. For havnene vil nede tiden være minimal da det bare kreves litt arbeid akkurat ved kai kanten og til nærmeste trafo.

Nåverdi beregninger (se vedlegg 5) gjort på bakgrunn av Hurtigruten ASA sine regnskaps tall, og med en antatt vekst på inntektsiden med 5% årlig, vil nåverdien til en utbygging være på 365 111 MNOK. Internrenten vil være på 19,3% som gjør dette til en relativt lukrativ investering. For Hurtigruten ASA vil det da begynne å gå med overskudd i 1.kvartal 2017. Dette

kan sammenlignes med underskuddet på 312,25 MNOK i 2012 og 247,68 MNOK i 2011. Her antas det at utbyggingen med prosjektering tar 1 år, og startes øyeblikkelig.

Det totale behovet for HVSC-anlegg er vanskelig å anslå da skips trafikken i de forskjellige havnene variere både med antall skip og behovet for elektrisk effekt. Tar man høyde for at alle havnene som tar imot skip som er definert som enten offshore, passasjer, cruise eller cargo/tank skal ha et HVSC-anlegg på brygga, vil kostnadene bli på 2 116,7 MNOK. Der det er flere enn et anlegg pr havn har ekstra kostnaden pr anlegg en faktor på 0,7 som en kostnadsreduksjon på sambruk av infrastruktur. Faktoren på 0,7 er den samme som Rambøll brukte i sin rapport om Bergen havn (Rambøll 2012), I denne beregningen er heller ikke utvidelse av nettkapasiteten tatt med, men med de behovene for effekt en slik utbygging representerer vil nok total summen øke betraktelig ved kapasitets utvidelse.

### Risikoanalyse

		Sannsynlighet	Virkning	Risiko
1	Prosjektet er ikke samfunnsøkonomisk lønnsomt	0,5	4	2
2	Prosjektet er ikke bedriftsøkonomisk lønnsomt	0,6	5	3
3	Innovasjonsverket vil ikke bidra til finansiering av prosjektet	0,7	1	0,7
4	Internasjonal/nasjonal lovgiving tvinger frem karbon nøytrale løsninger	1	5	5
5	Internasjonal/nasjonal lovgiving tvinger frem elektriske løsninger	0,6	5	3
6	Rederier bygger ikke om til HVSC drift i havn	0,3	5	1,5

Tabell 29 risiko matrise for dagen situasjon

Ved et prosjekt vil det alltid være en del risiko, i tabell 29 er de viktigste risikoen samlet og gitt en sannsynlighet for at situasjonen inntreffer. Den største risikoen er at Hurtigruten ASA og andre rederier går med underskudd. Ifølge Hurtigruten ASA går de med underskudd i hundre MNOK klassen og må gjøre forandringer for å få driften til å gå rundt. Kostnadene i dag for utslipp av klimagasser, lokal- og luftforurensing er så lav at i et bedriftsøkonomisk perspektiv, er det ikke er noen særlige insentiver til å stoppe utslippene. Derimot er kostnadene for samfunnet store, blant annet med et økende astma problem i befolkningen, spesielt i byene. Det

bedriftsøkonomiske perspektivet vil forandre seg veldig i henhold til hvem som dekker kostnadene ved land investeringene til et HVSC-anlegg. Ved at havnen tar på seg utbyggingen, reduseres risikoen for at det skal ikke skal være bedriftsøkonomiske lønnsomt for rederiene.

### 7.3. Delvis Utbygging

Som et første steg vil de mest trafikkerte havnene være et naturlig valg å bygge ut. Det er her det sannsynligvis er mest å hente både på klima og miljø gevinster. Som parameter vil kostnader, tiden Hurtigrutens skip ligger til havn, og av/på koblings tid til et HVSC-anlegg være avgjørende for om det skal bygges ut eller ikke.

#### Interessent- og behovsanalyse

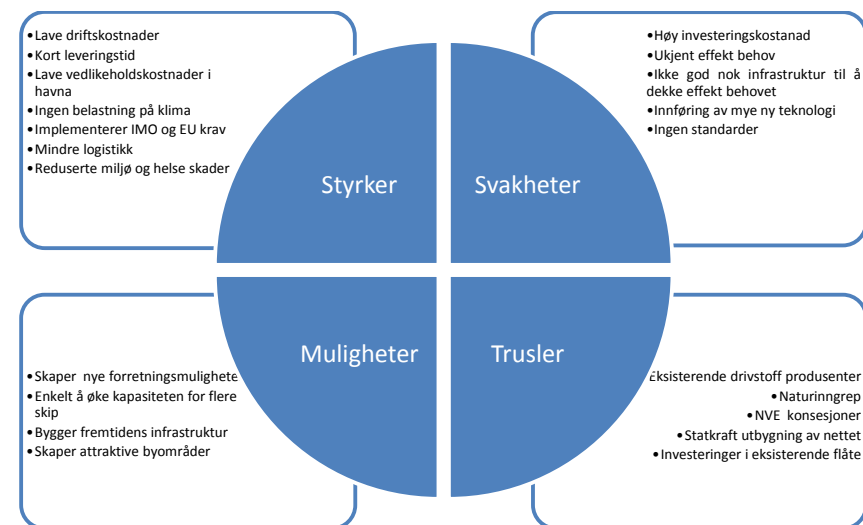
Interessenter	Kategorier	Selvfølgeligheter	Tilfredsstillere	Attraksjoner
Innbyggere	Støttende	Redusere luftforurensing og klimagass utslipp	Øke attraktiviteten til byen	Økonomisk vekst og sikrer arbeidsplasser
Rederier og skipsoperatører	Variierende støtte	Utgiftsreduksjon Økte investeringer	Økt trafikk, forbedret logistikk	Bedre omdømme
Kommunen	Støttende	Miljøkonsekvenser Investering kostnader	Kommunale budsjetter	Økt attraktivitet for byen
Nasjonale Myndigheter	Støttende	Økte investeringer Reduserte inntekter fra skatter og avgifter	Nasjonale utslippsmål Økte helsegevinster	Verdens ledende miljø tiltak Innovasjon i maritim næring
Internasjonale organisasjoner	Støttende	Reduserte kostnader for anløp	Økt trafikk, forbedret logistikk Redusere bruk av svovelinnholdig drivstoff	«Grønne» havner
Politikere	Vekslende støttende	Få relevant informasjon	Beslutnings myndighet	Økt popularitet i velgersegmentene
NGO (ikke statlige organisasjoner)	Vekslende støttende	Få tilgang på informasjon man har krav på	Tas med på høring	Få reell påvirkning på planene
Media	Vekslende støttende	Tilgang på relevant informasjon	Adgang til møter/ beslutningstakere	Økt salg grunnnet prosjektinteresse

Tabell 30 interesse og behovs analyse for en full utbygging

De forskjellige aktørene vil stille forskjellig til prosjektet, ved å systematisere deres synspunkter i en matrise får man et grovt overblikk over hvilke utfordringer som kommer, og om opinionen er for eller imot konseptet

#### SWOT-analyse

Ved å se på en SWOT analyse av konseptet delvis utbygging, fig. 16, ser man allerede en del usikkerheter og at det finnes mange høy risiko elementer. Det som vises spesielt godt frem er potensialet for reduksjon av utslipp i den maritime sektoren. Det står i dag bare på politisk vilje og kapital for å gjennomføre en slik omveltning.



Figur 17 SWOT-analyse av konseptet full utbygging

#### Strategiske rammebetingelser

##### Effekt mål:

Havna:

- Eksternt: Skal oppleves av kunden som behovsorientert, fremtidsrettet, profesjonell og effektiv.
- Internt: effektivisere driften, øke dokking kapasiteten, redusere støy og utslipp.

Rederier:

- Eksternt: Skal oppleves av kunden som miljøorientert, behovsorientert, fremtidsrettet, profesjonell og effektiv.
- Internt: effektivisere driften, forbedre HMS og redusere støy og utslipp.

#### Resultatmål:

##### Havna:

1. Redusere lokal forurensning og klimautslipp
2. Øke bunnlinjen
3. Økt trafikk
4. Havnens omdømme øker.

##### Rederier og operatører:

1. Økt omsetning
2. Økt trafikk
3. Øke omdømmet
4. Reduserte utgifter

**Tidsramme:** I løpet av en 2-5 års periode skal de utvalgte havnene i Norge ha HVSC-anlegg tilgjengelig for maritimt bruk

**Lønnsomhet:** Etter 3-5 år skal konseptet gi overskudd til havna, mens for rederiene bør overskuddet komme i løpet av 1-2 år

**Utbredelse:** Som konseptet tilsier skal de utvalgte havnene ha landstrøm, det bør settes opp en prioritert rekkefølge på utbygging av disse. På lengre sikt vil det være lønnsomt å utvide antall havner.

**Medvirkende parter:** Kommuner, fylkeskommuner, storting, regjering og brukere av kai anleggene

**Evaluering** Det skal årlig gjennomgås evaluering for å oppnå mer effektiv og rasjonell drift, samtidig som havnestrategiene og utvidelse av tilbudet må ses i sammenheng med de føringer som ligger i NTP.

### Strategianalyse

	Prosjektet		Prosjektets hensikt	
Prosjektets strategi	Ressurser	Resultatmål	Effekt mål	Samfunns mål
	Operativ plattform God logistikk Kvalifisert personell	Kompatibel med alle typer skip	Øke inntektene til havner og redusere driftskostnadene for rederier  Øke konkurranse-dyktighet til norsk maritim næring	Reduksjon av lokal forurensning ved havner  Sikre arbeidsplasser Redusere natur-inngrep
Prosjektets omgivelser	Forutsetninger	Usikkerhet	Usikkerhet	Usikkerhet
	1. Prosjektet er bedriftsøkonomisk lønnsomt 2. Prosjektet er samfunnsmessig lønnsomt	3. Personellet er kapable til å løse de utfordringer som måtte komme 4. Gode HMS rutiner for behandling av høy elektriske spenninger	5. Effektivisering av drift og logistikk 6. Reduksjon av lokal luftforurensning 7. Reduserte klimagass utslipp	8. Leverings-sikkerhet 9. Rutetabeller og tidsplaner blir overholdt 10. Ny miljø krav fra myndigheter 11. Nye internasjonale miljø krav fra EU 12. Naturinngrep

Tabell 31 strategianalyse av delvis utbygging

De strategiske rammebetingelsene, tabell 31, gir noen utfordringer for full utbygging med klare indikasjoner på at staten sammen med kommunesektoren og næringslivet må gå inn på et spleiselag for å kunne gjøre en slik utbygging. Samtidig er det flere steder der spesielt leveringsikkerhet vil bli en utfordring, både på grunn av kapasitet og produksjon av elektrisk effekt i nettet.

Som det fremgår av usikkerhetsanalysen i tabell 32, er det gode muligheter for å få forretningsmuligheter her, samtidig som det koster samfunnet lite og gir klimaet og lokalmiljøet positive bidrag. Det er liten risiko for at dagens rutetilbud forandres (9). Det vil være viktig å få på plass kapabelt personell og gode HMS rutiner slik det er i dag, dog tilpasset elektrisitet med høy spenning og styrke (3 og 4). Gjennom de nye kravene fra EU og IMO, og regjeringen Solbergs løfte om klimakutt i alle sektorer, åpner dette et mulighetsrom for en omstilling i havner. Dette er ønskelig fra statlig side og kan åpne for statlige midler og OPS finansiering, både i havnene og for skip som velger å gå over til elektrisk drift (10 og 11). For kommunene

der havna holder til, vil en omlegning kunne føre til betydelige kutt i lokal luftforurensing og klimagassutslipp. Samtidig vil logistikkutfordringer til drivstoff forminskes fordi behovet for påfylling av fossilt drivstoff blir mindre (5-7). Det vil være en fare for at det blir naturinngrep som kan komplisere prosjektet og øke kostnadsrammene og tidsrammen (12). De største utfordringene, men også de største mulighetene, ligger i å få en sikker og økonomisk levedyktig modell for både havner og skip, uten at det går utover leveringssikkerheten på strøm til befolkningen og industriområdene rundt havna (1-2 og 8),

### Usikkerhets analyse

Konsekvens	Vesentlig virkning	Vesentlige Muligheter	Reel Risiko	Fatal Risiko
		5. Effektivisering av drift og logistikk 6. Reduksjon av lokal luftforurensing 7. Reduserte klimagass utslipp 10. Nye miljø krav fra myndigheter 11. Nye internasjonale miljø krav fra EU	1. Prosjektet er bedriftsøkonomisk lønnsomt 2. Prosjektet er samfunnsmessig lønnsomt 8. Leverings sikkerhet 12. Naturinngrep	
Liten virkning	Liten virkning	Liten Risiko	Liten Risiko	Liten Risiko
		4. Gode HMS rutiner for behandling av høy elektriske spenninger	3. Personellet er kapable til å løse de utfordringer som måtte komme	9. Rutetabeller og tidsplaner blir overholdt
		Stor	Middels	Lav
		Sannsynlighet		

Tabell 32 viser usikkerhets analyse til konseptet delvis utbygging

### Grovanalyse av usikkerhet

Stor konsekvens	8				6,7,10, og 11
					1 og 2
		12	5		
Liten konsekvens					
	9		3		4
	Lav sannsynlighet			Høy sannsynlighet	

Tabell 33 delvis utbygging

Tabell 33 viser en risiko matrise for de forskjellige elementer og gir et overblikk over de viktigste risikoene i dette konseptet. Det øverste høyre hjørnet peker seg ut. Her er sterke og sikre miljø- og klimagevinster. Investeringskostnadene er ikke store når man ser på antall skipsanløp til havna i året. I alle cruisehavnene er det totalt over 3000 anløp i året. For Hammerfest og Bodø var det i underkant av 2000 anløp i 2013. For Hammerfest var anløpene hovedsakelig knyttet til olje og gass virksomhet i Barentshavet. For Bodø havn var det gods- og cruise- / passasjer-trafikk. Vardø og Kirkenes har liten aktivitet utenom Hurtigruten av skip med effektbehov over 1 MVA.

### Sannsynlighetsbasert kostnadsanalyse

For skip er det de samme kostnadsutfordringene for en delvis utbygging som for en fullstendig utbygging, se kapittel 7.2. Havnekostnadene blir mer konkrete siden det er færre havner, og dermed synker usikkerhetene rundt kostnadskalkylene. De tre usikkerhetsmomentene rundt en HVSC-anleggsutbygging blir her: utvidelse av kapasiteten i nettet, avstanden fra nærmeste høyspent nett til HVSC-anlegget og om det skal dimensjoneres for samtidighet eller ikke.

### Havna

I en delvis utbygging vil de fleste havner også være cruiseskiphavner, i cruisesesongen. Derfor er det et stort miljø potensial i å tilby mer effekt enn det Hurtigruten trenger. Spesielt Bergen, Ålesund, Trondheim og Tromsø har besøk av store skip som ligger flere timer til kai. Anslagene er basert på kalkylene for effektbehov i Rambøll rapporten fra 2012. Utenom Bergen er det få steder som har besøk av mere enn et cruiseskip om gangen. Derfor er anslått effektbehov på 7 MVA, mens dimensjonerende effekt er 10 MVA i havner utenom Bergen. Rambølls rapport for Bergen havn anslø behovet for Bergen Havn opp mot 90 MVA, der den største dimensjonerende effekten for ett HVSC-anlegg var på 20 MVA (Rambøll 2012). Hurtigruten har et behov på 1,8

MVA og havner som ikke har noe særlig annen trafikk enn Hurtigruten da vil ha 2 MVA dimensjonerende effekt.

Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3
Installasjoner	Anskaffelse av utstyr Installasjon av utstyr	Etablering av leverandør avtaler
	Generelle forhold	Undersøkelse av behov for utfyllende tiltak
Lokalisering	Kartlegging av optimal plassering av AMP anlegg i havna	Detalj prosjektering
Personell	Ansettelse	Opplæring
Strøm	Levering avtaler	Forbruk

Tabell 34 viser overordnede kostnadsposter for et HVSC-anlegg

I grovkalkylene kolonne for kostnadsanslag i tabell 35 vil P10 være minste prisen for et automatisert HVSC-anlegg på Hurtigruten. Sannsynlig er gjennomsnittlig vektning av de potensielle kostnadene for havnen. P90 er definert som den høyeste prisen for et HVSC-anlegg.

I disse kalkylene er ikke nettutbedring utover regional eller stamnett inkludert.

Grovkalkyle	Kostnadsanslag			Forventet verdi	Standard-avvik	Varians
	P10	Sannsynlig	P90			
1. Installasjoner	20.742	132.933	295.000	245.281	112.581	12.674.442.615
2. Generelle forhold	500	2.800	7.600	3.050	2.958	8.748.889
3. Lokalisering	0	1.000	4.000	1.200	1.700	2.888.889
4. Personell	1.000	1.200	1.400	1.200	163	26.667
		137.933		250.731	117.402	12.686.107.059

Tabell 35 viser en grovkostnadskalkyle for utbygging av et HVSC-anlegg

I tabell 35 ser man en grovkostnadskalkyle ved installasjon av anslått behov for de utvalgte havnene. Det er her knyttet stor usikkerhet til de faktiske kostnadene ved installasjonen som

kan variere med over 269,3 MNOK fra den minste havnen til den største, avhengig av dimensjonerende effekt, antall kaier og avstand fra trafo til HVSC-anlegget.

Detaljalkyle i 1000 NOK	Kostnadsanslag kNOK			Forventet verdi	Standard-avvik	Varians
	P10	Sannsynlig	P90			
1. Installasjoner						
1.1. HVSC land	74.066	133.330	143.701	244.436	30.675	940.979.174
1.2. HVSC skip	2.910	4.623	6.383	4.435	1.418	2.010.411
2. Generelle forhold						
2.1. Kabel grøft m/kabel	500	2.500	5.000	2.550	1.841	3.388.889
2.2. Nett utbedring	8.000	14.000	21.000	14.100	5.312	28.222.222
3. Lokalisering	0	1.000	4.000	1.200	1.700	2.888.889
4. Personell	1.000	1.200	1.400	1.200	163	26.667
		156.653		267.921	41.110	977.516.251

Tabell 36 viser detaljkostnadskalkyle for et HVSC-anlegg

I tabell 36 ser man detaljkostnadskalkyle ved installasjon av anslått behov for Bodø, Hammerfest, Kirkenes, Tromsø, Trondheim og Ålesund. Bergen og Vardø er holdt utenfor, siden kostnadene for disse er radikalt annerledes enn resten. Det er medregnet en snitt avstand mellom HVSC punktet og trafo på 250 meter. Heller ikke kostnadene for en potensiell utvidelse av kapasitet fra region- / stamnett er tatt med. For det sistnevnte vil utbygger måtte betale en prosentsats, tilsvarende beslaglagt effekt av den utvidede kapasiteten. For detaljerte kostnadskalkyler, se vedlegg 5 (kostnadskalkyle HVSC utbygging).



Hvor	Tilgjengelig effekt fri effekt	Potensiell ny effekt	Pris for tilgjengelig oppgradering	Antall kaier	Anslått behov for effekt	Pris totalt anslått behov*
Bergen*	*	*			60-90 MVA	295.000 kNOK
Ålesund	2 MW	2MW	2.000 kNOK	8	25 MVA	102.216 kNOK
Trondheim	*	*	*	11	30 MVA	133.330 kNOK
Bodø	*	*	*	12	35 MVA	143.701 kNOK
Tromsø	*	*	*	8	25 MVA	102.216 kNOK
Hammerfest	*	*	*	11	30 MVA	133.330 kNOK
Vardø	850 kW	1.250 kW	1.000 kNOK	2	8 MVA	20.742 kNOK
Kirkenes	60 kW	1.250 kW	1.000 kNOK	4	12 MVA	74.066 kNOK
Total Sum						

Tabell 37 viser kostnad og tilgjengelig samt potensiell effekt i enkelt havner.

I tabell 37 ser man kostnadene ved installasjon av anslått effektbehov, ved spesifiserte havner. I disse beregningene er avstand fra HVSC punktet og trafo medtatt og satt til 250 meter. Kostnadene for utvidelse av kapasitet fra region-/ stamnett er ikke medberegnet. For sist nevnte vil utbygger måtte betale en prosentats tilsvarende prosentutnyttelsen av den nye kapasiteten. Totalt vil en investering for havnene for et slikt scenario være på 1.004,6 MNOK. Det er knyttet en del usikkerhet rundt estimatene på effektbehov da AIS dataene for 2013 ikke nødvendigvis representerer fremtidig skipstrafikk (www.lloydlistintelligence.com 2014).

Den potensielt tilgjengelige nye effekten er ikke tilstrekkelig for å dekke dagens behov for Hurtigruten i Kirkenes eller Vardø. I Ålesund derimot kan den dekke behovet for Hurtigruten. Kostnadskalkyler for resten av HVSC-anlegget finner man i vedlegg 5.

Hvis Hurtigruten ASA skal dekke sine egenbehov for de utvalgte havnene vil kostnaden komme på 84,190 MNOK.

### Lønnsomhetsvurdering

For å se på lønnsomheten til konseptet, må dagens kostnader etableres og kunne sammenlignes med fremtidens kostnader. For rederier betyr det å se på reduksjon i drivstoff utgifter kontra investering i nytt utstyr.

	Vår	Sommer	Høst	Vinter	Sum
Timer ved kai	202,25 t	269,67 t	202,5 t	438,21 t	1.113 t
Forbruk av diesel pr time	500 L/t	500 L/t	500 L/t	500 L/t	500 L/t
Antall liter pr periode	101.125 L	134.883 L	101.125 L	219.104 L	556.188 L
Diesel pris	10 NOK	11 NOK	11 NOK	10 NOK	10,5 NOK
Kostnad	1.011 kNOK	1.483 kNOK	1.112 kNOK	2.191 kNOK	5.840 kNOK

Tabell 38 forbruk og kostnader for diesel drift av MS Richard With

I tabell 38 så ser man drivstoff utgiftene til Hurtigruten pr årstid i de utvalgte havner. Ved å sammenligne med de potensielle kostnadene en elektrisk drift vil gi. Kan man estimere den årlige besparelsen til Hurtigruten ASA.

	Vår	Sommer	Høst	Vinter	Sum
Timer ved kai	202 t 15 min	269 t 40 min	202 t 30 min	438 t 15 min	1.112t 40 min
Effekt behov (kW)	900 kW	1450 kW	1450 kW	900 kW	1206kW
Forbrukt energi (kWh)	182.025 kWh	391.017 kWh	293.263 kWh	394.388 kWh	556.188 kWh
Pris pr kWh	0,5 NOK	0,5 NOK	0,5 NOK	0,5 NOK	0,5 NOK
Kostnad i NOK	91,0 kNOK	195,5 kNOK	146,6 kNOK	197,1 kNOK	630,3 kNOK

Tabell 39 viser potensielt forbruk av energi for MS Richard With ved landstrøm

Det er tatt høyde for en spot pris på 0,35 NOK pr kWh pluss en nettleie på 0,15 NOK pr kWh. Dette er en verdi som vil representere snittet av pris i landet og med prioritert avkoblingsgebyr på nettleien.

Prismodell MS Richard With	Antall time ved kai	Kost diesel NOK	Kost elektrisk NOK	Differanse NOK
Vår	202 t 15 min	1.011 kNOK	91,0 kNOK	920 kNOK
Sommer	269 t 40 min	1.483 kNOK	195,5 kNOK	1.287,5 kNOK
Høst	202 t 30 min	1.112 kNOK	146,6 kNOK	965,4 kNOK
Vinter	438 t 15 min	2.191 kNOK	197,1 kNOK	1.993,9 kNOK
<b>Total</b>	<b>1.112t 40 min</b>	<b>5.840 kNOK</b>	<b>630,3 kNOK</b>	<b>5.209,7 kNOK</b>

Tabell 40 viser forskjellen i pris mellom diesel drift og elektrisk drift i havn for MS Richard With

Tabell 40 viser kostnadene for MS Richard With sitt stipulerte energiforbruk, her med en antatt fastpris avtale. MS Richard With vil redusere sine energiutgifter i havn med 5 209,7 kNOK pr år. Legger man diesel forbruket for alle Hurtigrutens skip til grunn, er verdien av det årlige forbruket til generatorene på 70,153 MNOK i havn.

På en tur/retur reise med et Hurtigruteskip er skipet totalt 33 timer og 40 min i havn på de utvalgte stoppestedene i analysen tabell 40. Pr år blir dette 1.112 t og 40 min pr skip. Ser man på alle skipene ligger de totalt 12.236 timer og 10 min i disse havnene pr år. Da er tiden for av/på kobling til HVSC-anlegg med NG<sup>3</sup> systemet medregnet. Tiden valgte overføringssystem bruker for å koble på landstrøm, vil her være avgjørende for den potensielle innsparingen.

Energi bærer drivstoff	Antall timer	Forbruk av drivstoff/effekt	Pris drivstoff (NOK)	Sum (NOK)
Forbruk i andre havner	640 t 45 min	600 L/t	10,5 NOK	4.036 kNOK
Forbruk i utvalgte havner				
Diesel	1.112 t 20 min	600 L/t	10,5 NOK	7.007 kNOK
Elektrisitet	1.112 t 20 min	1.206 kW	0,5 NOK	670 kNOK
<b>Totalt forbruk pr skip</b>				<b>4.706 kNOK</b>
<b>Total innsparing pr skip</b>				<b>6.337 kNOK</b>

Tabell 41 viser total forbruk og innsparinger potensialet på energi kostnader årlig for snitt skipet til Hurtigruten ASA.

Fra tabell 41 ser vi at innsparingspotensialet for et skip være 6,337 MNOK pr år, når synkroniseringstiden for skipet og HVSC-anlegget er medregnet. Det totale innsparingspotensialet er da på 70,153 MNOK pr år for alle skipene til Hurtigruten. Hvert enkelt skip vil fortsatt ha behov for generator i havn på de havner som ikke er utbygd. Dette behovet stipuleres til 384.450 liter med en kostnad på 4,04MNOK pr skip i snitt.

Disse utregningene er antall timer til kai multiplisert med forbruket diesel pr time multiplisert med diesel pris. Dette settes opp mot antall timer til kai multiplisert med strømpris og trukket merkeeffekt.

Med en investerings kostnad på mellom 2,5 MNOK og 3,5 MNOK pr. skip avhengig av skipets størrelse, vil tilbakebetalingstid på skipets installasjoner være ett år. For Hurtigruten vil skips installasjoner for samtlige skip komme på ca. 34 MNOK. Når de potensielle innsparingene er på 69,71 MNOK årlig vil dette være en gunstig investering. Dette vil gi en tilbakebetalingstid på 6 måneder for skipsinstallasjonene. Det er en forutsetning at havnene dekker utbygningen av landdelen til HVSC-anlegget og benytter NG<sup>3</sup> sitt automatiserte system. I den grad Hurtigruten ASA og andre rederier bidrar på landdelen vil tilbakebetalingstiden øke i henhold til investeringene. Hvis Hurtigruten ASA skal dekke alle utgiftene ved HVSC-anleggene i de utvalgte havnene vil total kostnaden bli på 84,1 MNOK

Nåverdi beregninger (se vedlegg 6) gjort med bakgrunn av Hurtigrutens AS sine regnskaps tall og med en antatt vekst på inntektssiden med 5% årlig, vil nåverdien til en utbygging være på 648,768 MNOK og internrenten vil være på 45,5% som gjør dette til en lukrativ investering. For Hurtigruten ASA vil da begynne å gå med overskudd i 4.kvartal 2016. Mot underskuddet på 312,25 MNOK i 2012 og 247,68 MNOK i 2011.

### Risikoanalyse

Ved et prosjekt vil det alltid være en del risiko, i tabell 42 er de viktigste risikoen samlet å gitt en sannsynlighet for at situasjonen inntreffer. Den største risikoen er at Hurtigruten ASA og andre rederier går med underskudd. Ifølge Hurtigruten ASA har bare gått med overskudd to år siden 2004, og går med årlig med underskudd i hundre MNOK klassen. Dermed må det gjøre forandringer for å få driften til å gå rundt. Kostnadene i dag for utslipp av klimagasser, lokal- og luftforurensing er så lav at i et bedrift økonomisk perspektiv at det ikke er noen særlige insentiver til å stoppe utslippene. Derimot er kostnaden for samfunnet store med et økende astma problem spesielt i byer.

Det bedriftsøkonomiske perspektivet vil forandre seg veldig i henhold til hvem som dekker kostnadene ved land delen til et HVSC-anlegg. Ved at havnen tar på seg utbyggingen elimineres risikoen for at det skal ikke skal være bedriftsøkonomiske lønnsomt for rederiene.

		Sannsynlighet	Virkning	Risiko
1	Prosjektet er ikke samfunnsøkonomisk lønnsomt	0,1	4	2
2	Prosjektet er ikke bedriftsøkonomisk lønnsomt	0,1	5	0,5
3	Innovasjonsverket vil ikke bidra til finansiering av prosjektet	0,7	1	0,7
4	Internasjonal/nasjonal lovgiving tvinger frem karbon nøytrale løsninger	1	5	5
5	Internasjonal/nasjonal lovgiving tvinger frem elektriske løsninger	0,6	5	3
6	Rederier bygger ikke om til HVSC drift i havn	0,3	5	1,5

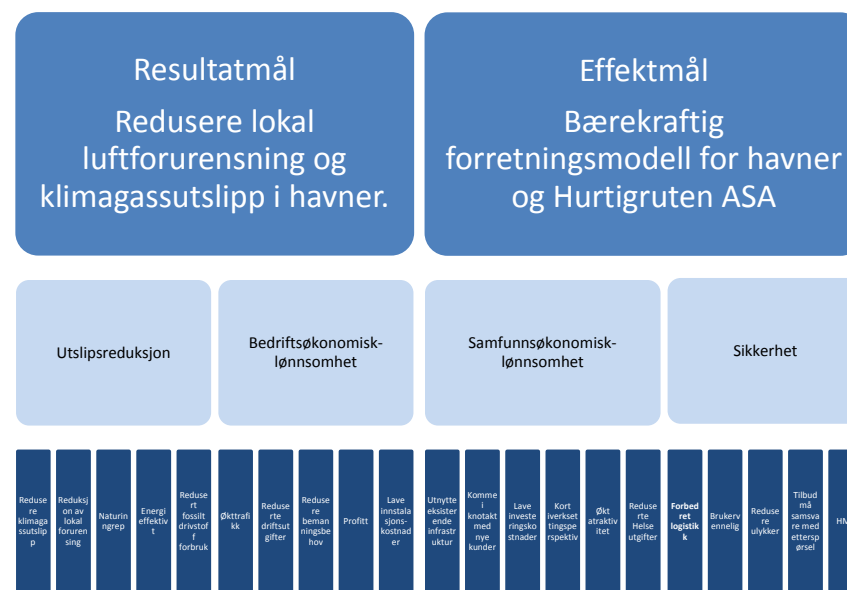
Tabell 42 risiko matrise for dagen situasjon

Hvis Hurtigruten skal dekke kostanden selv er risikoen liten for at det ikke blir bedriftsøkonomisk veldig lav, og er helt avhengig av tiden en slik utbygning tar. Ved at rederiene dekker utgiftene ved en HVSC utbygging vil det bli god samfunnsøkonomi av prosjektet da samfunnet for flere arbeidsplasser og reduserte utslipp. Risikoen for at rederiene ikke bruker HVSC i havn vil reduseres, men de rederier som ikke invester i utbyggingen av HVSC anlegg vil nok ikke bruke anleggene heller.

## 8. KONSEPTVURDERING

For å kunne diskutere de forskjellige konseptene, opp mot de effekt- og resultatmål som er definert, er det viktig å ha en måte å sammenligne konseptene på, der man får belyst de styrker og svakheter de forskjellige konseptene har, sammenlignet med de andre konseptene. Gjennom en god modell der målhierarkiet og modellstrukturen er godt definert kan man vurdere de enkelte konseptene opp mot hverandre i en flermålsanalyse. Hvor godt de forskjellige alternativer oppfyller kriteriene til delmålene og hovedmålet, er avgjørende for vektningen i flermålsanalysen.

Disse konseptene vil i forskjellig grade ha en mål oppnåelse på effekt-, resultat-, del-, og hovedmål. For å kunne måle de forskjellige resultatene skal det gjøres en flermålsanalyse, basert på NTNU sin Concept rapport nr 17 og nr 18 og Knut Samsets bok "Prosjekter i tidligfase" (NTNU 2007a; NTNU 2007b; Samset 2008).



Figur 18 viser resultat-, effekt- og delmål for konseptene, samtidig vises kriteriene som må oppfylles for å nå målene.

De 21 mørkeblå kriteriene er de samme som står i tabell 43, disse kriteriene skal oppfylle delmålene for å realiser resultat og effektmålene.

Hovedmålet til denne konseptutredningen er å reducere lokal luftforurensning og klimagassutslipp i norske havner. Samtidig må det være en bærekraftig forretningsmodell for havner. Hurtigruten ASA og andre rederier.

De **resultatmål** som konseptene skal måles opp mot er: 1. *reduksjon av lokal forurensning i havner* og 2. *reduksjon av klimagassutslipp i havner*. Dette gir **effektmålene** 1. *økte inntektene til havner* og 2. *reduserte driftskostnader for rederiene*. Dette gir også delmål som samfunnsøkonomisk lønnsomhet, bedriftsøkonomisk lønnsomhet, utslippsreduksjon og sikkerhet.

For at hovedmålet om å redusere lokal luftforurensning og klimagassutslipp i norske havner skal oppnås, må delmålene om utslippsreduksjon, samfunnsøkonomisk- og bedriftsøkonomisk lønnsomhet og sikkerhet være helt eller delvis oppfylt. Dette skjer gjennom å oppfylle de krav eller kriterier som er satt til modellen. Utviklingen av modellen må gjøres slik at man for en komplett modell som er representativ for alle beslutningsproblemer, slik som det er beskrevet i kapittel 3.2 i Concept nr 18 (NTNU 2007b). Det er viktig at unødvendige kriterier der alle konseptene scorer likt er fjernet. Gjennom en ytelsesvurdering av modellens kravspesifikasjoner kan man se modellens relevans.

#### Kravspesifikasjoner

For å kunne analysere et enkelt alternativ, må kravspesifikasjonen, også kalt kriterier, ligge til grunn. I denne oppgaven er det fire kravspesifikasjonsgrupper med 5 til 6 punkter i hver. Disse kravene danner grunnlaget for en flermålsanalyse. Se tabell 43.

Bedriftsøkonomiske krav	Samfunnsøkonomiske krav	Miljøkrav	Operasjonelle og sikkerhetskrav
Økt trafikk	Utnytte eksisterende infrastruktur	Redusert lokal forurensning	Forbedret logistikk
Reduserte driftsutgifter	Komme i kontakt med nye kunder	Reduserte klimagassutslipp	Brukervennlig
Redusere bemanningsbehov	Lave investeringskostnader	Naturinngrep	Redusere ulykker
Profitt	Kort iverksettingsperspektiv	Energi effektivt	Tilbudet må samsvare med etterspørselen
Lave installasjons kostnader	Øke attraktivitet	Redusert fossilt drivstoff forbruk	HMS
	Reduserte helse utgifter		

Tabell 43 kravspesifikasjonene for konseptene

I tabell 43 vises kravene konseptet skal vurderes etter. Gjennom en ytelsesvurdering kan hvert enkelt konsept måles opp mot hverandre, ved at hvert enkelt kriterium får en poengscore. Denne poengscoren er ikke vektet, men vil si noe om hvor det enkeltes konsept har sine styrker og svakheter.

#### Ytelsesvurdering

Ytelsesvurderingen er en vurdering av hvert enkelt krav fra kravspesifikasjonen. Ytelsesvurderingen tar ikke høyde for vektning eller effekt-faktorer. Det er en grov analyse som sier om krav er: bedre (2), litt bedre (1), like bra (0), litt dårligere (-1) eller klart dårligere (-2).

Kriterier	Egen generering	Full utbygging	Delvis Utbygging
<b>Bedriftsøkonomiske krav</b>			
Økt trafikk	-1	2	1
Reduserte driftsutgifter	0	2	1
Redusere bemanningsbehov	0	2	1
Profitt	-2	2	2
Lave installasjons kostnader	0	-2	-1
<b>Samfunnsøkonomiske krav</b>			
Utnytte eksisterende infrastruktur	0	-2	-1
Komme i kontakt med nye kunder	0	2	1
Lave investeringskostnader	0	-2	-1
Kort iverksettingsperspektiv	2	-1	1
Øke attraktivitet	0	2	2
Reduserte helse utgifter	0	2	2
<b>Miljø krav</b>			
Redusert lokal forurensning	0	2	1
Reduserte klimagassutslipp	0	2	1
Naturinngrep	0	-2	-1
Energi effektivt	-2	2	2
Redusert fossilt drivstoff forbruk	-2	2	2
<b>Operasjonelle og sikkerhets krav</b>			
Forbedret logistikk	-1	2	2
Brukervennlig	-1	2	2
Redusere ulykker	0	-2	1
Tilbudet må samsvare med etterspørselen	0	-1	1
HMS	-1	2	1
<b>Total sum</b>	<b>-8</b>	<b>18</b>	<b>20</b>

Tabell 44 er en ytelsesvurdering av de forskjellige konseptene

Sett ut fra ytelsesvurdering i tabell 44 scorer alternativene for en omlegging til HVSC-anlegg best. Disse tallene er imidlertid ikke gode nok for å kunne brukes som et beslutningsgrunnlag. Hvordan de forskjellige kriteriene vektet opp mot hverandre, eller hva kostnaden for en høyere mål oppnåelse er, gis det ikke svar på.

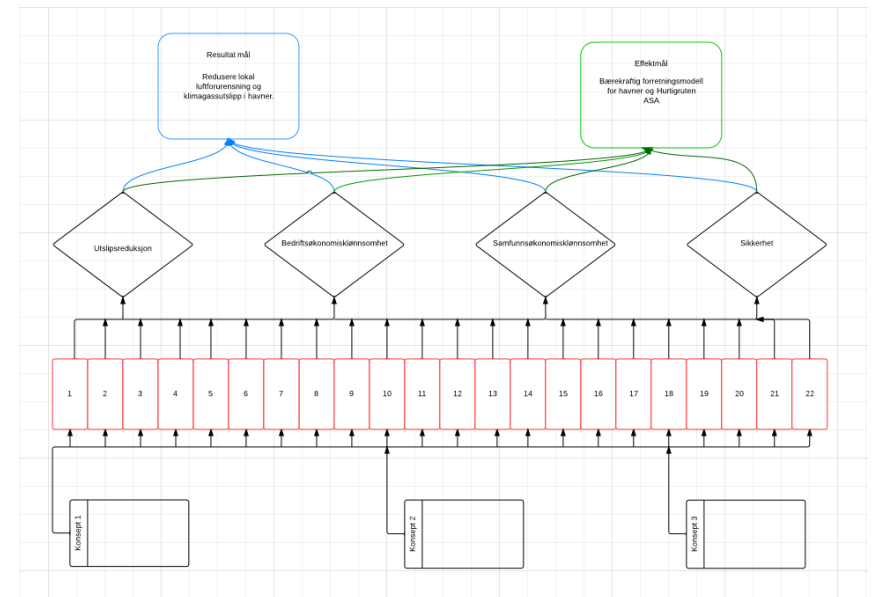
Ytelsesvurderingen gir likevel noen rettingslinjer for hvordan modellen vil gi svar i fremtiden. Ser man ytelsesvurderingen opp mot kriteriene i målhierarkiet er det tydelige avvik på måloppnåelse for de forskjellige konseptene til de forskjellige kriteriene. Spesielt egen generering scorer lavt på mange kategorier. Ved å fortsette som i dag vil ikke det være store insentiver for å legge om på rutiner. Potensiell profitt er ikke mulig å ta ut for havner, og Hurtigruten ASA har gjennom regnskapene de siste årene vist at det ikke er profitt å hente. Egen generering scorer også på bunn nivå på energieffektivitet og reduksjon av fossilt drivstoff, disse to henger sammen.

Ved å se på ytelsesvurderingen ser man også at en full utbygging ofte scorer maksimalt eller minimalt. Dette fordi en full utbygging gir størst reduksjon, men dette vil også gi størst inngrep i natur- og kulturlandskap. Det er her ikke bygget etter behov for landstrøm, men bygget ut for å ha en helhetlig infrastruktur.

En delvis utbygging scorer jevnt på de fleste kriterier, men har ikke mange maksimale eller minimale poengsummer. Dette fordi de er tilpasset de behov som eksisterer, og fordi man bare bygger ut noen få steder.

For å kunne analysere informasjonen som nå er tilgjengelig, må man se på en flermålsanalyse der hvert enkelt kriterium vektet opp mot hverandre, og graden av måloppnåelse drøftes. På den måten kan man skape en realistisk modell for å måle konseptene opp mot hverandre.

## Flermålsanalyse



Figur 19 viser hvordan de forskjellige konseptene kan måles opp mot kriteriene, delmålene og hovedmålet

Nummer 1 til 22 representerer hvert enkelt kriterium. Ved å se på hvilke av kriteriene som oppfyller del- resultat- og effekt mål, og til hvilken grad, kan modellen analyseres. Gjennom en vektingsmatrise, der kriteriene for preferansen vektet, kan man gjennomføre en flermålsanalyse. Da får man en kvantitativ sum i henhold til de preferansene som foretrekkes. Her vil de konkrete resultatene til hvert enkelt konsept bli målt opp mot de andre konseptene og dermed gi oss en kvantitativ sum som gjør dem sammenlignbare.

Det er 3 preferanse variasjoner for beslutningstager (1. økonomi, 2. miljø, klima og natur 3. samfunnsikkerhet og HMS) som er avgjørende for et slikt prosjekt, og de vektlegges forskjellig ved de forskjellige flermålsanalyse alternativene. Ut fra kravspesifikasjonen har de forskjellige kriteriene blitt klassifisert i sekkepostene som passer preferansene. På bakgrunn av de 3 preferansene utvikles det 6 forskjellige vektingsalternativer. De forskjellige punktene for en vektning blir tildelt en effektfaktor på henholdsvis 1, 3 eller 9. Tabell 45 viser de forskjellige vektingsalternativene som blir brukt i flermålsanalysen.

Preferanser	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6
Økonomiske aspekter	9	9	3	1	1	3
Miljø, klima og natur konsekvenser	3	1	9	9	3	1
Samfunnsikkerhet og HMS	1	3	1	3	9	9

Tabell 45 viser vektingsalternativene for flermålsanalysen i henhold til preferanser

Ved å multiplisere de forskjellige vektingene og ytelsesvurderingene på de seks ulike alternativene, får man en tallverdi for de forskjellige alternativene. Disse verdiene kan sammenlignes. Utslagene fra ytelsesvurderingen av de forskjellige målene vil ha stor innvirkning på resultatet av flermålsanalysen.

For denne oppgaven har vektings faktorer for punktene blitt satt etter hvilke resultat og effektmål som er blitt valgt. Bedriftsøkonomisk lønnsomhet er viktig. Rederiene og investorer er avhengig av økonomisk avkastning. Prisen på produktet styres av markedet og betalingsviljen til den enkelte kunde. Det finnes allerede et marked for transport og cruise, og dette marked er veldig kompetitivt. Derfor ilegges bedriftsøkonomisk lønnsomhet en vekting på 9. Sett fra det offentlige må det samfunnsøkonomiske perspektiv være viktigst, og dermed gis det en vekting på 10. I disse dager og i årene fremover er det klima som er den store utfordringen. Det gir en vekting på 8, mens lokal luftforurensing bare får en vekting på 7. Naturinngrep blir vektet til 6. Her er det snakk om inngrep som ikke kommer i konflikt med verneområder eller rød-liste arter.

Det er vanskelig, nært umulig, å sette pris på ett menneskeliv eller en pris på utslipp i naturen. Langtidsvirkningene og konsekvensene for mennesker og dyr ved ulykker kan være enorme. Derfor streber man etter å redusere risikoen for slike hendelser, HMS rutiner vektlegges med 7 og ulykke reduksjon med 9 for å redusere fremtidige økonomiske og konsesjonsmessige utfordringer. For å redusere unødige inngrep er det viktig at man tilstreber gjenbruk av infrastruktur og bygger slik at det er enkelt å utvide der det er mulig. Derfor vektlegges utnyttelse av eksisterende infrastruktur med 5. Investerings- og betalingsviljen til rederier og havner er avhengig av inntjeningen. Vil det bli en økt økonomisk profitt ved investering, vil det lønne seg å investere. Tiden det tar før investeringen er inntjent vil være avgjørende. Derfor vektet installasjonskostnader og brukerkostnadene til 5. Det skal ikke være økte personell utgifter ved en slik investering. Derfor må brukervennligheten være høy og vektet med 5.

Reduksjonen av personell eller utnyttning av personell til mer kapitalinnbringende oppgaver, anses som et sekundærbehov og vektet derfor bare med 1.

Ved en omlegning til HVSC vil det være muligheter for nye operatører å komme inn på markedet, både på eksisterende og på nye ruter. Dette vil være en viktig bidragsyter til å øke samfunns-effekten av en slik investering, og derfor vektet kontakt med nye kunder til 6. Siden det er vanskelig å anslå kommende markeder, er vektingen av tilbud må samsvare med etterspørsel bare vektet til 2.

Vurderingen av hvert enkelt konsept er i denne oppgaven gjort som en kombinasjon av måloppnåelse i målhierarki modellen beskrevet i Concept nr. 18, preferanse modellering og en intern rangering mellom de forskjellige kriteriene, her vist ved tabell 46. Til slutt skal de vektet med den måloppnåelsesgraden kriteriene oppnådde i mål hierarkiet. På denne måten får man et anslag på hvor godt de forskjellige konseptene leverer. Siden denne oppgaven ikke har hatt mer enn en forfatter, kjøres analysen gjennom alle de 6 forskjellige preferanse modellene. Kriterienes måloppnåelsen vil bli diskutert i diskusjons kapittelet.

I tabell 46 er EG konseptet “egen generering”, FU “full utbygging” og DU er “delvis utbygging”. Samler man scoren for de forskjellige preferansene, får man et datagrunnlag for å sammenligne de forskjellige konseptene opp mot preferanse scoren. I Tabell 47 ser man den samlede scoren for alternativ 1 fordelt utover de 4 delmålene.

Mål	Preferanse vektning	Vektning	Ytelses-vurdering			Sum EG	Sum FU	Sum DU
			EG	FU	DU			
	Økonomi =	9	Miljø =			3	Sikkerhet =	1
Alt 1								
<b>Bedriftsøkonomiske krav</b>								
Økt trafikk	3	7	-1	2	1	-21	42	21
Reduserte driftsutgifter	3	8	0	2	1	0	48	24
Redusere bemanningsbehov	3	1	0	2	1	0	6	3
Profitt	3	9	-2	2	2	-54	54	54
Lave installasjons kostnader	3	5	0	-2	-1	0	-30	-15
<b>Samfunnsøkonomiske krav</b>								
Utnytte eksisterende infrastruktur	3	7	0	-2	-1	0	-42	-21
Komme i kontakt med nye kunder	3	5	0	-2	-1	0	-30	-15
Lave investeringskostnader	3	4	0	-2	-1	0	-24	-12
Kort iverksettings-perspektiv	3	3	2	-1	1	18	-9	9
Øke attraktivitet	3	2	0	2	2	0	12	12
Reduserte helse utgifter	3	2	0	2	2	0	12	12
<b>Miljø krav</b>								
Redusert lokal forurensing	9	10	0	2	1	0	180	90
Reduserte klimagass-utslipp	9	10	0	2	1	0	180	90
Naturinngrep	9	6	0	-2	-1	0	-108	-54
Energi effektivt	9	3	-2	2	2	-54	54	54
Redusert fossilt drivstoff forbruk	9	9	-2	2	2	-162	162	162
<b>Operasjonelle og sikkerhets krav</b>								
Forbedret logistikk	1	1	-1	2	2	-1	2	2
Brukervennlig	1	7	-1	2	2	-7	14	14
Redusere ulykker	1	8	0	-2	1	0	-16	8
Tilbudet må samsvare med etterspørselen	1	6	0	-1	1	0	-6	6
HMS	1	8	-1	2	1	-8	16	8
<b>Total sum</b>			-8	12	18	-289	517	452

Tabell 46 viser data grunnlaget for vektingsalternativ 1 i flermålsanalysen

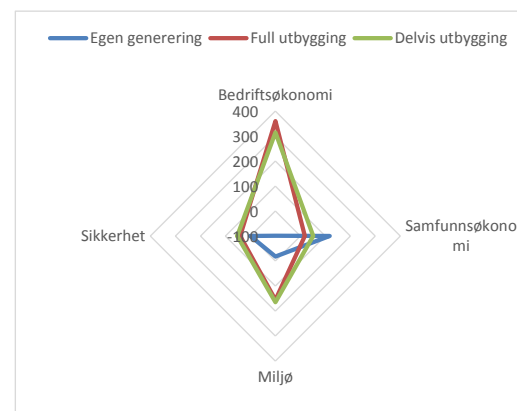
	Bedriftsøkonomi	Samfunnsøkonomi	Miljø	Sikkerhet
Egen generering	-234	72	-96	-19
Full utbygging	360	-108	144	13
Delvis utbygging	261	138	120	45

Tabell 47 viser scoren for de forskjellige konseptene ved vektings alternativ 1

For begge tabellene 46 og 47 er det vanskelig å visualisere og tolke resultatet. Derfor benyttes radardiagram som et visualiseringsverktøy. Her vises positive verdier lengst vekk fra sentrum, mens de negative verdiene er nærmere sentrum.

Ser man på alle verdiene i vektingsgrunnlaget, får man en visualisering av hvilket alternativ som er best (sett fra et 1, 3, 9 vektning på preferansene, se figur 20). Dette gir et bilde på hvilke løsninger som er gunstige, gitt preferanse vektingen. Det er et problem med denne metoden og det er at det finnes flere bedriftsøkonomiske og samfunnsøkonomiske målepunkter, enn for de andre kriteriene. Dette trekker analysen av alternativene sterkt mot utbygging siden det er der den største bedriftsøkonomiske innsparingen er. Derfor må vektingen mellom de forskjellige delmålene gjøres for å få et resultat som tar høyde for alle aspekter og perspektiver for en potensiell utbygging

#### Kvalifisering av alternativer



Figur 20 visualiserer tabellverdiene fra tabell 47

For å få en modell som vektet behovene mer likt, har jeg valgt en rangerings metode for kriteriene. De forskjellige kriteriene rangeres fra 1-10 og det skal være en jevn fordeling av vektallene, dvs 2-3 av samme vekt tall. Alle vektall skal minst ha 2 kriterier. Ut fra hovedmålet i mål hierarkiet (se figur 18) må da reduksjon av luftforurensing og klimagass utslipp settes som topp- prioritert. Deretter er det den økonomiske gevinsten som må prioriteres sammen med reduksjon av fossilt drivstoff.

## Konsekvenser av alternativene

Kriterier	Egen generering	Full utbygging	Delvis Utbygging
<b>Bedriftsøkonomiske krav</b>			
Økt trafikk	1	2	2
Reduserte driftsutgifter	0	2	2
Redusere bemanningsbehov	0	2	1
Profitt	-2	2	1
Lave installasjons kostnader	0	-2	-1
<b>Samfunnsøkonomiske krav</b>			
Utnytte eksisterende infrastruktur	1	-2	0
Komme i kontakt med nye kunder	0	2	1
Lave investeringskostnader	1	-2	-1
Kort iverksettelsesperspektiv	2	-2	-1
Øke attraktivitet	0	2	2
Reduserte helse utgifter	-2	1	1
<b>Miljø krav</b>			
Redusert lokal forurensing	0	2	2
Reduserte klimagassutslipp	0	2	2
Naturinngrep	0	-2	-1
Energi effektivt	-2	2	1
Redusert fossilt drivstoff forbruk	0	2	2
<b>Operasjonelle og sikkerhets krav</b>			
Forbedret logistikk	0	1	1
Brukervennlig	0	2	2
Redusere ulykker	0	2	2
Tilbudet må samsvare med etterspørselen	0	-1	1
HMS	0	2	2
<b>Total sum</b>	<b>-1</b>	<b>17</b>	<b>21</b>

Tabell 49 viser vektningen av hvordan de forskjellige alternativene oppfyller kriteriene for hovedmålet

Ut fra tabell 48 i ytelsesvurderingen ser man hvordan de forskjellige alternativene scorer på kriteriene i målhierarkiet. De samme vurderingsverdiene blir brukt her som i ytelsesvurderingen.

Reduksjon av klimagassutslipp og av lokal forurensing skjer når man reduserer bruken av fossilt drivstoff. Ikke bare i form av gassutslipp, men også forhold til støy da motorene bråker når de er i drift. Derfor vektet de nye anleggene med en positiv konsekvens på 2 på disse punktene mens egen generering scorer 0. Å bruke fossilt drivstoff er ikke energieffektivt, da motorene har en virkningsgrad på mellom 35 og 45%. I tillegg kommer de elektriske tapene inne i

Bedriftsøkonomiske krav	Orginal	Ny verdi	Begrunnelse for verdi
Økt trafikk	8	7	Trengs for å øke omsetningen
Reduserte driftsutgifter	8	8	Største enkelt utgiften for Hurtigruta ASA
Redusere bemanningsbehov	1	1	Hjelper på bunnlinja
Profitt	9	9	Det enkelt viktigste Bed. Øk. kriteriet
Lave installasjons kostnader	6	5	For å ha høyest mulig avkastning må installasjons kostnadene være lave
<b>Samfunnsøkonomiske krav</b>			
Utnytte eksisterende infrastruktur	8	7	Det billigste er å ta i bruk det man har
Komme i kontakt med nye kunder	6	5	For å øke kost/nyttan av investeringen
Lave investeringskostnader	5	4	Minimerer risiko og øker avkastning
Kort iverksettelsesperspektiv	4	3	Styrer tidsperspektivet, er avhengig av NTP
Øke attraktivitet	4	2	Synergi effektene av et HVSC prosjekt
Reduserte helse utgifter	3	2	Vanskelig å dokumentere enkelt tilfellene, men statistisk vil det hjelpe
<b>Miljø krav</b>			
Redusert lokal forurensing	7	10	Hovedmål
Reduserte klimagass-utslipp	8	10	Hovedmål
Naturinngrep	7	6	Viktig for rekreasjon og biotopene i nærheten av byene
Energi effektivt	6	3	Utnytte ressursene bedre
Redusert fossilt drivstoff forbruk	10	9	Nå Norges miljø krav
<b>Operasjonelle og sikkerhets krav</b>			
Forbedret logistikk	3	1	Forenkler arbeidet og organisasjonen
Brukervennlig	7	7	Hvis noe skal bli tatt i bruk må det være forståelig og enkelt å bruke
Redusere ulykker	9	8	Viktig for å redusere uforutsette utgifter
Tilbudet må samsvare med etterspørselen	7	6	Til hvilken grad skal ting dimensjoneres
HMS	9	8	Trygghet for miljø, arbeidere og bedriften

Tabell 48 viser justeringene i vektings verdier for hvert enkelt kriterium, inn i en rangeringsstruktur

Ved detaljprosjekteringen ved det enkelt utbyggings-sted, vil en slik vektning kunne gjøres ved å se på lokasjoner, kostnadsrammer, miljøkrav etc. For fullstendig tall grunnlag se vedlegg 4



strømkretsen på skipene. Derfor vektes egen generering med -1, mens en full utbygging får 2 og delvis utbygging får 1 poeng.

Reduserte driftsutgifter kommer ved å skifte energibærer og automatisere en del prosesser som i dag gjøres manuelt. Dette kan frigjøre hender til mer verdiskapende arbeid. Bygges HVSC-anleggene ut slik som det er skissert, vil det bli et potensiale for reduserte driftskostnader både for havn og rederier. Derfor vektes utbyggings alternativene til 2 mens egen generering får 0.

Krav om profitt er viktig, Hurtigruten ASA går ikke med profitt i dag, og dagens løsning fungerer ikke. Ved å skifte energibærer, vil Hurtigruten ASA begynne å få positive regnskap i løpet av 2016-17. Av den grunn vektes egen generering til -2, full utbygging til 2 og delvis utbygging til 1. Lave installasjonskostnader er viktig for å minimere risikoen ved en installasjon og for å øke avkastningen på investeringen. Uansett valg av konsept må det skje en oppgradering og investering for å redusere utslipp. Investeringskostnaden for en full utbygging er over 4 ganger så høy som en delvis utbygging, mens små oppgraderinger i havnene vil kreve enda lavere investeringer. Det er relativt små summer i forhold til inntjeningen for en delvis utbygging, og dermed vektes den med 1. Det samme gjelder egen genereringen, mens en full utbygging er meget dyrt og gir ikke samme avkastning på investeringen. Derfor vektes den med -2. Alle konsepter vil kunne gi økt trafikk. Ved å tilby HVSC-anlegg til potensielle transportører vil det åpne et nytt marked, dermed er sannsynligheten for økt trafikk størst i utbyggingsalternativene. De vektes dermed med 2, mot 1 for egen genererings konseptet.

Der det knyttes størst usikkerhet rundt et HVSC anlegg er kapasitet i infrastruktur. Det er også her flest konflikter vil komme mellom lokale- og miljøinteresser på den ene siden mot klima- og næringsinteresser på den andre. For å minimere kostnader og konflikter bør man tilstrebe å utnytte eksisterende infrastruktur. Egen genererings alternativet gjør det og vektes med 1, mens en full utbygging må bygge ut mye ny infrastruktur og vil i mange tilfeller ikke kunne benytte seg av allerede eksisterende infrastruktur. Derfor vektes den med -2. En delvis utbygging vil i større grad kunne utnytte seg av eksisterende infrastruktur enn en full utbygging, men vil bygge ut mer enn egen genererings konseptet. Derfor vektes delvis utbygging med 0.

For at det skal kunne investeres i et HVSC-anlegg bør det legges til rette for at nye kunder kan komme til. Her vil det være en varierende grad av måloppnåelse med hensyn til hvem som bygger ut HVSC-anleggene. Hvis det er et statlig eller offentlig selskap som står for utbyggingen, vil man oppnå nye kunder over hele Norge ved en full utbygging. Dermed scorer

full utbygging 2, mens en delvis utbygging vil få nye kunder bare der det bygges HVSC-anlegg og vil få scoren 1. Egen generering vil være slik det er i dag og dermed bare få en vektning på 0. Det er i de fleste tilfeller høye investeringskostnader for HVSC-anlegg til hele havnen. Derfor vektes full utbygging til -2 og delvis utbygging til -1. Det er relativt beskjedne investeringskostnader i havnene i dag, derfor vektes egen generering til 1. Kort iverksettelsesperspektiv er viktig for å se på nåverdien og tilbakebetalingstiden. Investeringer gjort i havnene, vil trå i kraft med en gang og dermed ha et kort iverksettelsesperspektiv. Dermed vektes egen generering med 2. For en HVSC utbygging vil tidshorizonten være en del lengere. Derfor vektes full utbygging til -2 mens delvis utbygging vektes med -1.

Et HVSC-anlegg vil øke attraktiviteten til havnen, fordi det tilbys billigere energi enn ved egen generering. Det vil i tillegg øke attraktiviteten til området og byen HVSC-anlegget ligger i, da lokal forurensing vil bli kraftig redusert. Derfor vektes HVSC utbyggings alternativene med 2, mens egen genererings alternativet får 0. Sannsynligheten for reduserte helse utgifter for lokal befolkningen og ansatte, øker med reduksjonen av utslipp. Utbyggings alternativene vektes med 2, mens dagens situasjon, egen genereringen, vektes med 0.

Naturinngrep vektes til henholdsvis -2 og -1 da det vil bli inngrep i natur- og kulturlandskap ved en utbygging av HVSC anlegg. For egen generering er det liten sannsynlighet for å komme i nye konflikter på dette området, derfor vektes egen generering med 0. Det åpner seg et mulighetsrom for forbedring av logistikk når man bygger om en havn. Ved å redusere nødvendige bevegelser, frigjør man plass til andre bevegelser og skaper et mer oversiktlig system. I et oversiktlig system er det lettere å drive logistikk. Utbyggings alternativene vektes til 1, mens egen genereringen for 0 i score. I dag er det mye manuelt arbeid som må gjøres for å koble til HVSC-anlegg. Det er mange papirer som skal sendes frem og tilbake, og hvert enkelt anløp skal betales så fort man er i havn. Ved å øke automatiseringen vil brukervennligheten til systemet øke. Samtidig vil man også kunne minimere ulykker ved mer automasjon, ved å minimere menneskelig kontakt med farlige situasjoner. Derfor vektes utbyggings alternativene med 2 både for reduksjon av ulykker og brukervennlighet, mens egen generering for 0 i begge tilfeller.

Tilbud må samsvare med etterspørsel. I dag gjør det ikke det, da det er vanskelig å få profitt med dagens havneregulativ og drivstoff priser for Hurtigruten ASA. Det er heller ikke et behov for strøm til alle skip hele tiden og over alt. Derfor må en tilpasse seg det behovet som er, ved å tilby løsninger som gir mulighet til å skape verdier. Dagens situasjon med egen generering

klarer ikke å innfri det behovet som er der verken for Hurtigruta ASA eller andre spedisjons selskaper med mye trafikk. Derfor vektes det med -1. Ved å bygge ut alt, har man overdimensjonert tilbudet og det vil ta mange år før det trafikken nærmer seg den utbygde kapasiteten. Innen da vil nok prisen for HVSC anlegg ha sunket, derfor vektes en full utbygging med -2. En delvis utbygging vil skje på de steder der det er store gevinster for HVSC anlegget og brukere, derfor vektes en delvis utbygging til 1.

HMS arbeidet er en kontinuerlig prosess, der utskiftning av utstyr, rutiner og planer er nødvendig for å holde sikkerheten oppe. Egen generering vil fortsatt med HMS arbeidet på lik linje som i dag og vil ikke ha noen store forbedringer. Utbyggings alternativene vil redusere utslipp av gasser og støy, samtidig som man reduserer menneskelig aktivitet i potensielt farlige situasjoner med automasjon. Derfor vektes utbyggings alternativene med 2.

Den klare tendensen her er at med en utbygging vil flere rederier velge og gå over til HVSC-anlegg for å redusere sine kostnader. Dette vil igjen føre til et press på å bygge ut mer kapasitet som vil komme i konflikt med lokal befolkningen, da natur, kulturlandskap og rekreasjons områder kan måtte vike for næringsinteresser. Prisen for en mer miljø- og klimavennlig samt lønnsom maritim næring, kan da komme i konflikt med lokalbefolkningens ønsker i forhold til rekreasjons områder, natur- og kulturlandskap. For å kunne verdisette de tap andre næringer har, som en direkte konsekvens av en eventuell utbygging, må man se på hver enkelt havn spesielt. Det vil i mange tilfeller kunne skapes ny næring i kjølvannet av en slik investering, spesielt knyttet opp mot opplevelses næringen.

Det er klart at en HVSC utbygging vil bidra til forbedret luft kvalitet og økt attraktivitet for områdene nærmest havnen. Mulighetene for nye arbeidsplasser er også større da sjøtransporten får bedre arbeidsvilkår.

## 9. DISKUSJON

### Generelle antagelser

I dag finnes det offisielt 75 offentlige havner i Norge (BarentsWatch 2014). Denne oppgaven har et geografisk utsnitt som omhandler 36 av disse havnene. Det er ikke satt noen offisielle tall på reduksjon av CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> eller PM<sub>10</sub> i sektoren i dag. Det er derimot ingen tvil om ønsket om reduksjon. NTP omtaler reduksjon i sektoren som viktig, her vist ved et utdrag fra kapittel 12.3.2.2 i NTP” *Det er mange eldre skip i den norske nærskipfartsflåten. Energieffektive og miljøvennlige skip vil gi lavere transportkostnader og mindre utslipp til luft. Regjeringen vil stimulere til økt innovasjon og raskere innføring og bruk av miljøvennlige teknologier gjennom statens kjøp av sjøtransporttjenester. I riksferjedriften legges det opp til teknologinøytrale krav til utslipp*” (Samferdselsdepartementet 2013). Klimaminister Sundtoft har ytret regjeringen Solbergs ønske om utslippskutt i alle sektorer (NRK 2014b). Med reglene for Nordsjøbassenget anno 2007 og norske havner fra 2010, har man fått til en storstilt reduksjon av SO<sub>2</sub> (Inge Stensland shipping 2014; Rambøll 2012). Som enkelt operatør finnes det ikke noen andre som har flere anløp på de utvalgte havnene enn Hurtigruten ASA. Hurtigruten har 70 anløp pr tur/retur pr skip. Med 11 skip og 33 tur/retur løp pr år blir dette over 25 400 anløp i året (Hurtigruten.no 2014(Hurtigruten.no 2014)). Effektbehovet for skipene som kommer til land vil variere en del. Som minstestandard er Hurtigrutens behov på 1,45 MW blitt lagt til grunn, basert på opplysninger fra Hareide Groupe om forbruket og effektbehovet til Hurtigrutens ASA sine skip (Moltubak 2014). Mens dimensjoneringen av anleggene er blitt lagt til nærmeste øvre hele tall i MW, altså 2 MVA. Dette er for å ta høyde for en eventuell vekst i effektbehovet, og for å redusere tap i kablene, da tapene øker jo nærmere man kommer dimensjonert størrelse (Svarte 2002).

Det er noen usikkerhetsmomenter som det ikke er tatt høyde for. Blant annet er det møte med det offentlige, for eksempel ved reguleringsplaner og søknadsprosesser. Det enkelte detalj prosjektet må få avklaringer rundt en rekke detaljer og kostnader knyttet til byggesøknad som: nabovarsling, kommuneplan, reguleringsplan byantikvar, fornminner og geotekniske undersøkelser.

I diskusjonen er det sett bort fra mellomlagring av energi på skip og land, selv om det gir store innsparinger i energiprofilen for det enkelte skip og nettkapasiteten i land. Diskusjonen legger

seg heller ikke opp i hva slags drivlinje skipene bør ha for en mest optimal utslippsprofil. For et fremtidig arbeid vil det å se på energieffektivisering av skip og mellomlagring av energi ved f.eks. flow batterier, kinetisk mellomlagring, vind, hydrostatisk mellomlagring og varmelagring være spennende og mulige forbedrende konsepter. Dette er alle systemer som på sikt kan løse en del av utfordringene knyttet til energi og skipsfart: Dette bør undersøkes nærmere for å kunne bidra til løsninger.

Det er vurdert tre mulige konsepter. Det første konseptet baserer seg på at det bygges ut HVSC-anlegg i alle havner. Disse skal dekke det behovet skipsfarten har i den aktuelle havnen. Alternativ to er en delvis utbygning der man ser på de havnene som har et betydelig antall anløp i året. Skipene ligger til kai lenge nok til at et HVSC-anlegg bidrar positivt i et miljø-, klima- og økonomisk perspektiv. Det må også finnes kapasitet i strømmettet og produksjon til nett rundt havna, samtidig som det er samfunnsøkonomisk forsvarlig med en utbygging. Ut fra de data som analysen er basert på, er det da hovedsakelig mengden skipstrafikk (www.lloydslistintelligence.com 2014) og tiden skipet ligger til kai som avgjør behovet for et HVSC-anlegg. Dimensjoneringen av HVSC-anlegget skjer på bakgrunnen av type skip som bruker havnen, da effekt behovet varierer stort med type skip. Disse beregninger er gjort etter mal fra IEEE som ble brukt av Rambøll (IEEE 2007; Rambøll 2012). I noen tilfeller, som i Lofoten, er kostnadene knyttet til kapasitetsutvidelse i nettet store. Her er det behov for større kapasitet og mengde strøm tilgjengelig i nettet. Derfor vil Lofoten trenge en mye grundigere analyse av tiltak for å kunne takle et HVSC-anlegg.

I vurderingen av de ulike konseptene har det blitt fokusert på lønnsomhetsberegninger, nåverdiberegninger, tid, HMS og miljø- og klimagevinster.

## Konsept 1: Egen generering

Dette konseptet er å gjøre som i dag. Det har en del fordeler med at det ikke trengs å gjøre noe med infrastrukturen, og det gir ingen nedetid i trafikken mens utbedringer pågår. Det vil fortsatt være en viss økonomisk gevinst for selskapene for å gjøre miljøtiltak knyttet til utslipp. Forbruket av fossilt drivstoff vil være konstant, da det med stor sannsynlighet ikke vil være økonomisk lønnsomt å skifte ut dieselgeneratorene. Ved en omlegning fra diesel til LPG kan det være en innsparing.

Dagens situasjon har noen veldig klare fordeler, og det er at det er lett å oppbevare og fylle drivstoff uansett hvor man er i landet. Skipet er selv ansvarlig for den energien det trenger. Det gir ingen negativ effekt til leveringssikkerheten av elektrisk energi, for det lokale nettet skipet er tilknyttet.

Klimagass utslippene og den lokale forurensingen som skip bidrar med inne i havn er stor (IEEE 2007; Rambøll 2012). Spesielt Bergen sliter med dette da det i 2010 var 154 timer over maks grensen for utslipp allerede i mars (www.TU.no 2010a). Konseptet bidrar på ingen måte til å løse dette problemet, og det er spesielt fra skipstrafikken at utslipp av NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub> er størst. Samtidig vil man ikke få redusert støyen som kommer fra skip ved land.

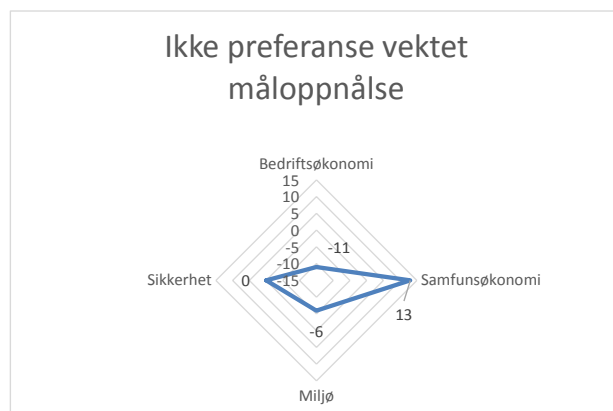
Dette konseptet er det beste for potensielle nye miljøinngrep, da det ikke vil være behov for å bygge ut noen høyspentkabler eller nye trafostasjoner, som kan komme i konflikt med natur- eller kulturvern.

HMS perspektivet til dagens situasjon er litt delt. Det er store tunge skip som krever en tydelig HMS plan, men dagens planer klarer ikke å forhindre langtidsvirkning av lokal forurensning og støy. Under eksponering av SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, og PM<sub>10</sub> påføres kroppen sakte, men sikkert skader, som på lang sikt kan føre til betydelige helseplager for den ansatte og naboer til havnen (ww.fhi.no 2013). I tillegg krever en del av jobbene som gjøres på kaia i dag god fysikk og det kan medføre fare for fysiske skader hvis de ikke utføres riktig.

Ser man på de økonomiske aspektene vil ikke en fortsettelse av dagens drift generere nok inntekter til at Hurtigruten ASA vil fortsette driften. Dagens kostnadsnivå gjør at Hurtigruten ASA i flere år har gått med underskudd i hundre millioners klassen. I tillegg går havnen glipp av potensielle inntekter ved å videreselge elektrisk energi. Det er for rederiene vanskelig å skape et bedre omdømme ved å drive med utslipp i by-sentrene. Det er også vanskelig å få reduserte

utgifter da man er avhengig av energi også i havn. Diesel prisen er stabilt høy og bidrar til røde tall. For å kunne tiltrekke seg mer trafikk må man kunne tilby noe billigere enn sine konkurrenter eller noe mer spektakulært. Ved å forurense miljøet rundt seg selv, vil man miste det spektakulære man transporterer kunder til. Dette øker ikke sannsynligheten for økt trafikk, eksempelvis dårlig luft kvalitet i Bergen eller en helt røyklagt Geirangerfjord når cruiseskipenes motorer går for fullt mens de ligger innerst i fjorden, og passasjerene “nyter” utsikten.

Måloppnåelsen til egen genererings konseptet er ifølge tabell 49 i kapittel 8, relativt liten. Dagens situasjon genererer ikke profitt for Hurtigruten ASA og klarer ikke å redusere utslippene. Hvis antall skip øker uten at det blir satt inn krav om rensing av avgasser, vil forurensningen øke. Dette alternativet er det som sløser mest med energi og reduserer ikke forurensning i havnene. Det scorer litt på at evt forbedringer tar kort tid, og utnytter den infrastrukturen som er tilstede. Det er heller ikke noen særlige investeringskostnader knyttet til egen generering.



Ved å ilegge preferanse verdiene på måloppnåelsen, får man et beslutningsgrunnlag. Og ifølge Concept nr. 18 (NTNU 2007b) sitt oppsett for en flermålsanalyse, vil man kunne anbefale et konsept.

Figur 21 visualiserer måloppnåelsen til egen genererings konseptet

Ut fra figur 21 ser vi at det er de samfunnsøkonomiske kriteriene som dette konseptet scorer godt på. Dette er også et resultat av at egen generering er dagens situasjon og derfor blir brukt til benchmarking.

## Konsept 2: Full utbygging av HVSC-anlegg

Sett fra et utslipps- og energiperspektiv er dette soleklart den beste løsningen. Det meste av de lokale utslippene forsvinner fordi man slutter å forbrenne fossilt drivstoff i havn. Energien vil også bli bedre utnyttet da elektrisk energi har veldig få og små tapsledd før den blir brukt til sine applikasjoner. I motsetning vil diesel ha et effektivitetstap på omgjøringen fra flytende form til elektrisk energi på mellom 55 og 70 %. I tillegg vil alle de samme tapene i de elektriske kretsene ombord på skipet legges til på lik linje som ren landstrøm. Dette gir en energieffektivitet på mellom 25-30 % i forhold til elektrisiteten.

De totale årlige utslippene fra Hurtigruten ASA i norske havner vil bli kuttet med 37 792 tonn CO<sub>2</sub> og 709,48 tonn NO<sub>x</sub>, 23,65 tonn SO<sub>x</sub> og 11,825 tonn svevestøv. I tillegg kommer utslippene fra alle andre skip som også ligger til kai.

Tar man drivstoffets forbruket beregnet av Zero for Bergen havn i 2007 (Zero 2012), viser det et utslipp fra andre skip på tilsvarende 2 110 794 Liter diesel. Med dagens drivstoff krav og 2007 sine forbrukstall, tilsvarer dette et utslipp på 11 623,7 tonn CO<sub>2</sub>, 218,6 tonn NO<sub>x</sub>, 7,3 tonn SO<sub>x</sub> og 3,6 tonn svevestøv, bare i Bergen by. Skipstrafikken er i dag høyere enn 2007 nivå, så utslippene i dag vil også være noe høyere.

For de økonomiske konsekvensene har dette konseptet de største utgiftene og de største potensielle innsparingene. For havnene er dette en investering på over 2 166,117 MNOK for installasjoner. Disse beregningen er gjort uten å ta hensyn til nettkapasitets utbedringer og med et antatt behov for nye kabelgrøfter fra omformer til HVSC plugg på 250 m. Investeringene vil også øke betraktelig hvis det skal dimensjoneres for samtidighet utover Bergen havn. For rederiene vil potensialet for innsparingene være stort, med en rask tilbakebetalingstid avhengig av antall anløp og forbruk inne i havnen.

For Hurtigruten ASA, hvis de bare skal dekke totalkostnaden av sitt eget behov, vil det måtte investeres 579,560 MNOK. Innsparingene vil da for Hurtigruten ASA være på totalt 101,8 MNOK pr driftsår i energikostnader, noe som vil gi en tilbakebetalingstid på 5 år 8 måneder. Det vil ikke være samfunnsøkonomisk fornuftig å bygge ut for bare en aktør av gangen i havna. Derfor anbefales det å undersøke behovet og ønskene for alle operatørene i havnene, før en bygger ut. Dette vil også redusere noe av utgiftene til det enkelte HVSC-anlegget.

Tilbakebetalingstiden for investeringer på skipene er beregnet til 4 måneder fra installasjonsdatoen, gitt dagens diesel og strøm pris. Nåverdi beregninger er gjort (se vedlegg 5) på bakgrunn av Hurtigruten ASA sine regnskapstall, og med en antatt vekst på inntektssiden med 5% årlig. Nåverdien til en full utbygging viser en nåverdi på 365,111 MNOK. Internrenten vil være på 19,3% som gjør dette til en relativt lukrativ investering. For Hurtigruten ASA vil det da begynne å gå med overskudd i 1.kvartal 2017. Dette kan sammenlignes med underskuddet på 312,25 MNOK i 2012 og 247,68 MNOK i 2011. Her antas det at utbyggingen med prosjektering tar 1 år, og startes øyeblikkelig.

Hvis det er havnene som tar investeringen, kan de dekke inn investeringen ved justering av havneregulativet eller ta ut en profitt i energiprisen ut til rederiene. Havnene har ikke samme avkastningskrav som et rederi og kan ha et lengere investeringsperspektiv. Samtidig kan det komme andre sekundære mål, pålagt av kommunestyrene.

Ved å innføre et automatisk identifikasjons- og betalingssystem, vil det være mulig å frigjøre hender i regnskapsavdelingen til både havnene og rederiene. Et fullautomatisert system vil kunne ta de betalingene som trengs mellom havn og rederi automatisk, både elektrisk forbruk, kaivederlag, anløps- og ISPS avgifter. Samtidig vil et automatisert system redusere ulykkesrisikoen for arbeiderene (Scheifer 2014; Stensønes 2014).

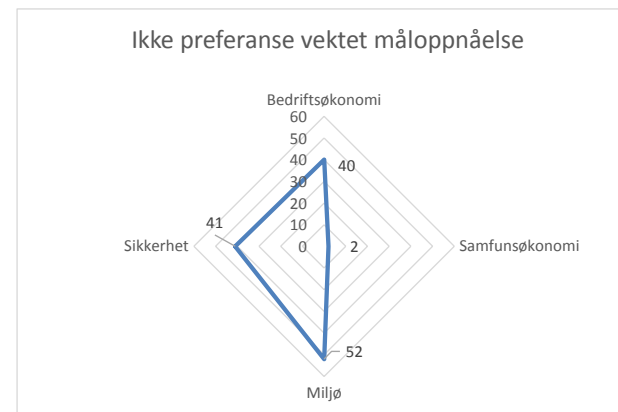
HMS utfordringene knyttet til en full utbygging er minimale. Det er liten til ingen utslipp av lokal forurensing, og det fullautomatiserte anlegg gjør at det ikke er behov for mennesker i kontakt med høyspentledningen. Automatisk jord- og elektrisk feiltesting kjøres hver gang et skip kobles til. (Stensønes 2014) Derfor vil gode HMS rutiner for de daglige jobbene og rutiner rundt nye elektriske installasjoner være nødvendig.

Inngrep i naturen, kultur-landskap og verneområder kan bli en utfordring, hvis det blir behov for nettkapasitetsutvidelse fra enten regions- eller stamnett. Konflikten vil bli veldig store i bysenter der innbyggerne ikke vil ha høyspent hengende i nærheten av sin bopel eller over rekreasjons områder.

Ser man på måloppnåelsen til en full utbygging (tabell 49 i kapittel 8) er det klart at en full utbygging scorer lavt på en del samfunnsøkonomiske kriterier, innenfor den gitte målperioden. Med liten utnyttelse av eksisterende infrastruktur, høye investeringskostnader, høye installasjonskostnader, langt iverksettelsesperspektiv og potensielt store inngrep i sårbare naturområder er scoren for samfunnsøkonomien lav. Tilbudet er totalt overdimensjonert i

forhold til etterspørselen, og anleggene vil sannsynligvis ligge brakk store deler av dagen. Dette siden mange skip ikke er kompatible med HVSC-anlegg ennå, og enda færre har et automatisk anlegg. Potensialet for å kunne ha en kunde gruppe i fremtiden er stor, hvis man ser på AIS statistikken fra Lloyd's list intelligence for norske havner (www.lloydslistintelligence.com 2014).

På bedriftsøkonomiske-, miljø-, operasjonelle- og sikkerhets krav, scorer en full utbygging veldig godt. Men hvordan utgiftene til et HVSC-anlegg skal fordeles, har mye å si for den bedriftsøkonomiske lønnsomheten. Figur 22 visualiserer grad av måloppnåelse for de enkelte delmål.



Figur 22 viser en fremstilling av måloppnåelsen for en full utbedring på de 4 delmålene

Ved å ilegge preferanse verdiene på mål oppnåelsen får man et beslutningsgrunnlag. Og ifølge Concept nr. 18 (NTNU 2007b) sitt oppsett for flermålsanalyse vil man kunne ha data grunnlag for å kunne måle konseptet opp mot

andre konsepter, for så å gi en anbefaling av et konsept.

### Konsept 3: Delvis utbygging av HVSC-anlegg

Sett fra et utslipps- og energiperspektiv er dette den nest beste løsningen. Det meste av de lokale utslippene forsvinner i de utvalgte havnene ved at man slutter å forbrenne fossilt drivstoff. Dette vil gjelde de mest trafikkerte havnene mellom Bergen og Kirkenes, samtidig som det er der Hurtigruten ligger lengst til kai. Ved å bruke ren elektrisk energi vil energien bli bedre utnyttet, da elektrisk energi har veldig få og små tapsledd før den blir brukt til sine applikasjoner. I motsetning vil diesel ha et effektivitets tap på omgjøringen fra flytende form til elektrisk energi på mellom 55 og 70 %. I tillegg vil alle de samme tapene i de elektriske kretsene om bord på skipet legges til på lik linje som ren landstrøm. Dette gir en energi effektivitet på mellom 25-30 % forhold til elektrisiteten. De havnene som ikke bygger ut et HVSC-anlegg vil da ha utslipp på lik linje med dagens utslipp.

For de økonomiske konsekvensene har dette konseptet både store utgifter og en stor innsparing for rederiene. For de utvalgte, 8 havnene er dette en potensiell investering på 699,434 MNOK for installasjonen av HVSC-anlegg. Dette er 32,3 % av kostnadene ved en full utbygning. Dimensjonerer man etter ett anlegg pr havn som skal takle opp til 4 MVA blir prisen 101,08 MNOK. Hvis man dimensjonerer etter Hurtigruten ASA sitt behov vil det koste 50,19 MNOK. Disse beregningene er gjort etter en dimensjonering på bakgrunn av anløp, antall forskjellige kaier der både passasjer/cruise kaien og øvrig transport kai har installert eget HVSC-anlegg se vedlegg 7.

For Finnmarks havnene utenom Hammerfest (Rambøll 2012), er det Hurtigrutens behov som har vært dimensjonerende. Bergen havn har et detaljutarbeidet utkast estimert til en kostnad på 295 MNOK, og det legges til grunn at dette blir brukt for Bergen. For de øvrige havnene er det antatt et behov for nye kabelgrøfter fra omformer til HVSC pluggen på 250 m. Utbedringer av nettkapasiteten er ikke medberegnet. Investeringene vil også øke betraktelig hvis det skal dimensjoneres for samtidighet utover Bergen havn.

For rederiene vil potensialet for innsparingene være stort med en rask tilbakebetalingstid, avhengig av antall anløp og forbruk i havn. Hurtigruten ASA, hvis de bare skal dekke total kostnaden av sitt eget behov, vil måtte investere 84,1 MNOK, der 34 MNOK er til skipsinstallasjoner. Innsparingene vil da for Hurtigruten ASA være på totalt 69,2 MNOK pr drifts år i energi kostnader. Dette vil gi en tilbakebetalingstid på 1 år og 2 ½ måneder. Det vil ikke være samfunnsøkonomisk fornuftig å bare bygge ut for en aktør av gangen. Det anbefales

derfor å undersøke behovet og ønskene for alle operatørene i havna før en bygger ut. Et alternativ som bare dekker Hurtigrutens effekt behov, vil sette en stopper for evt nye skip som trenger effekter over 2 MVA. Hvis det skal dimensjoneres for en litt større effekt som for eksempel 4 MVA, vil kostnadene bli på 101,08 MNOK. Dette gir en viss mulighet til å øke effektbehovet til skipene i fremtiden.

Hvis det er havnene som tar investeringen kan de dekke inn investeringene ved justering av havneregulativet eller ta ut en profitt i energiprisen ut til rederiene. Havnene har ikke samme avkastningskrav som et rederi og kan ha lengere investeringsperspektiv. Samtidig kan det komme andre sekundære mål, pålagt av kommunestyrene.

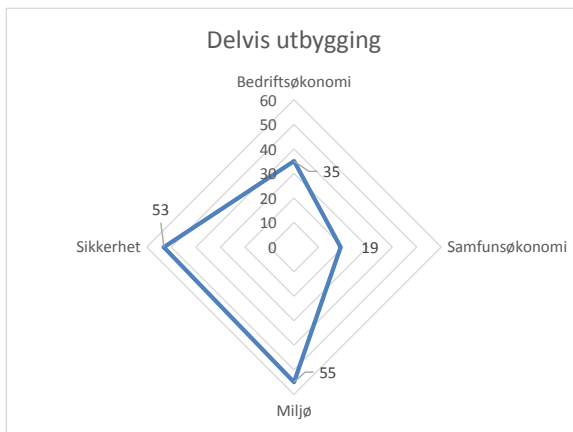
Ved å innføre et automatisk identifikasjons- og betalingssystem, vil det være mulig å frigjøre hender i regnskapsavdelingen til både havnene og rederiene. Et fullautomatisert system vil kunne ta de betalingene som trengs mellom havn og rederi automatisk, både elektrisk forbruk, kaivederlag, anløps- og ISPS avgifter. Samtidig vil et automatisert system redusere ulykkesrisikoen for arbeiderene (Scheifer 2014; Stensønes 2014).

HMS utfordringene knyttet til en full utbygging er minimale. Det er liten til ingen utslipp av lokal forurensing, og det fullautomatiserte anlegg gjør at det ikke er behov for mennesker i kontakt med høyspentledningen. Automatisk jord- og elektrisk feiltesting kjøres hver gang et skip kobles til. (Stensønes 2014) Derfor vil gode HMS rutiner for de daglige jobbene og rutiner rundt nye elektriske installasjoner være nødvendig.

Nåverdi beregninger er gjort (se vedlegg 6) på bakgrunn av Hurtigruten ASA sine regnskaps tall og med en antatt vekst på inntektssiden med 5% årlig. Her vil nåverdien til en utbygging være på 648,768 MNOK og internrenten vil være på 45,5% som gjør dette til en lukrativ investering. Hurtigruten ASA vil da begynne å gå med overskudd i 4.kvartal 2016. Dette kan ses opp mot underskuddet på 312,25 MNOK i 2012 og 247,68 MNOK i 2011.

Inngrep i naturen, kultur-landskap og verneområder kan bli en utfordring, hvis det blir behov for nettkapasitetsutvidelse fra enten regions- eller stamnett. Konfliktene vil bli veldig store i bysenter der innbyggerne ikke vil ha høyspent hengende i nærheten av sin bopel eller over rekreasjons områder.

Ser man på mål oppnåelsen til en delvis utbygging (tabell 49 i kapittel 8) så scorer en delvis utbygging godt. Med positive verdier på alle områdene, scorer konseptet generelt godt. Spesielt på operasjonelle og sikkerhets krav oppnår dette alternativet positiv måloppnåelse på alle



Figur 23 viser en fremstilling av måloppnåelsen for en delvis utbygging på de 4 delmålene

Ved å ilegge preferanseverdiene på måloppnåelsen får man et beslutningsgrunnlag. Og ifølge Concept nr. 18 (NTNU 2007b) sitt oppsett for flermålsanalyse, vil man være i stand til å kunne måle konseptene opp mot hverandre for å gi en anbefaling om valg av konsept.

punkter. Faren for naturinngrep gjør at det ikke er full score på miljø, sammen med en litt redusert score, pga fortsatt utslipp i de ikke utvalgte havnene. Siden profitten til Hurtigruten ASA vil øke betraktelig ved en full utbygging scorer ikke delvis utbyggingen like godt, men fortsatt positiv. Det samme gjelder for bemannings behovet.

## 10. KONKLUSJON

Den store miljø og klima krisa er her nå. Hvis samfunnet ikke tar ansvar, vil temperaturen fortsette å stige. Hverdagen vil ikke kunne bli den samme og det vil få uante konsekvenser for økonomien og landet. Kostnadene for å forhindre disse krisene er høy i kroner og øre, men ikke hvis man ser det pr person.

De ulike analysene har belyst konseptene, og man ser klare klima- og miljøgevinster med å innføre HVSC-anlegg i Norge. En forutsetning for at disse gevinstene skal komme, er at rederier bygger om sine skip så de er HVSC compatible. For skip som trafikkerer norsk kysten, er det store innsparingspotensialer i energikostnader i havn. Det billigste konseptet for samfunnet er å la ting være som det er nå, det koster skattebetalerne ingenting. Det gir heller ikke en mulighet for effektivisering av transport langs kysten og ikke noe økonomiske gevinster for andre enn oljeselskapene. Det er en hake ved dette, for de økonomiske og miljømessige konsekvensene av å la være å kutte i klimagasser, er uante og dystre.

For samfunnet vil en investering i HVSC-teknologi i havnen bare være til nytte hvis skipene som ligger til havn benytter seg av den. Det vil være en lang periode mellom starten på en evt. utbyggingsfase før flertallet av skip vil benytte seg av teknologien. Skulle en slik investering komme fra statlig hold, vil det være naturlig at reguleringer i forhold til utslipp, tvinger eller lokker rederier over på en HVSC-løsning. Ser man på risiko analysen av de forskjellige konseptene, er det en klar tendens til at samfunnet ved staten beveger seg i den retningen.

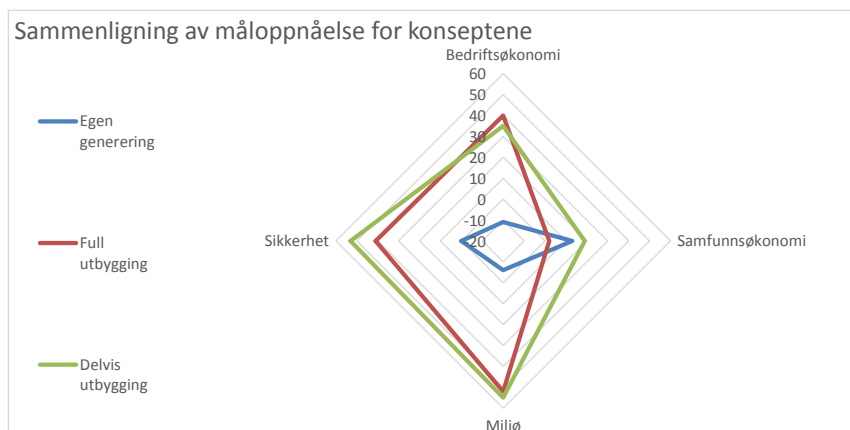
Hvordan en HVSC utbygging skal finansieres, vil ha mye å si for hvilket konsept som bør velges. Ved å starte med noen utvalgte havner som i dag har mye trafikk og flere faste kunder, kan man få bygget ut et HVSC-anlegg uten at staten trenger å bidra. De samfunnsøkonomiske gevinster ved et slikt valgt vil være store. Det gir heller ingen motsetning å bygge ut flere havner etter hvert. Anbefalinger basert på Hurtigrutens ruter, vil da i første omgang være Bergen, Ålesund, Trondheim, Bodø, Tromsø, Hammerfest, Vardø og Kirkenes. Ved å innføre HVSC-anlegg her vil Hurtigrutens utslipp i norske havner reduseres med 62,1%.

For å kunne konkludere med hvilket konsept som er best, må man se på måloppnåelsen i målhierarkiet, med de preferanser som er viktigst. Gjennom å bruke veilederen til en flermålsanalyse i store statlige investeringsprosjekter, Concept nr 18(NTNU 2007b), har konseptene blitt målt og sammenlignet med hverandre.



	Bedriftsøkonomi	Samfunnsøkonomi	Miljø	Sikkerhet	Total Sum
Egen generering	-11	13	-6	0	-4
Full utbygging	40	2	52	41	135
Delvis utbygging	35	19	55	53	162

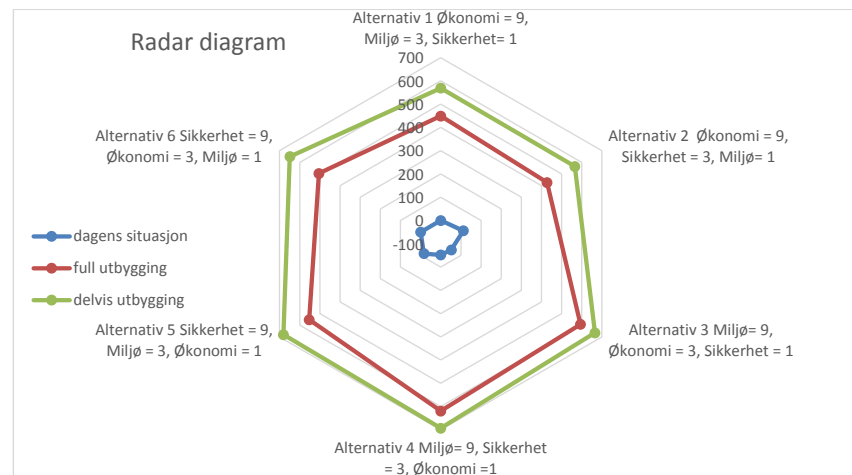
Tabell 50 viser måloppnåelsen på delmålene



Figur 24 visualiser måloppnåelsen til konseptene i tabell 50

Ut fra et ikke preferanse vektet syn, kommer en full og delvis utbygging godt ut. Egen generering har høye driftsutgifter, store utslipp av klimagasser og forurensing, samtidig som det ikke har noe positive eller negative forandringer i forhold til dagens situasjon på sikkerhet og operasjonelle krav. Ser man på delmålet om samfunnsøkonomisk lønnsomhet, så scorer egen generering 13. Dette er fordi det er lite behov for investeringer fra samfunnets side ved å velge dette konseptet. Dog er det viktig å se på kostnadene dagens situasjon har for samfunnet gjennom helseskader og utslipp av avgasser. Total måloppnåelse for egen generering er -4 og maksimum score er 242, gitt en rangert vektning med 21 kriterier (skala 1-10). Dette viser at det finnes et behov for forandring.

Legger man til preferansevektene ser man hvordan de forskjellige konseptene slår ut på forskjellig preferanse vektning.



Figur 25 visualiserer hvordan de forskjellige konseptene scorer i forhold til hverandre ved forskjellige preferanse alternativer.

Ut fra figur 25 ser man at utbyggings alternativene står meget sterkere enn egen genereringen. Man kan også se at delvis utbygging scorer generelt bedre enn en full utbygging. I vedlegg 4 ser man hvert enkelt alternativ og hvordan de forskjellige konseptene scorer med de gitte preferansevektningene.

Den store mangelen ved en analyse som dette, er at kostnadene mellom forskjellige utbyggings alternativer i havnene ikke kommer godt nok frem. Det er en betydelig forskjell på å installere et HVSC-anlegg på en kai for et rederi kontra å bygge ut anlegg for en hel havn. Hvis man skal redusere utslippene fra skipsfarten og ha en infrastruktur som er klar til at hybrid/el skipene kommer, er man nødt til å bygge ut mer enn bare å dekke dagens primærbehov. I tillegg vil en del skip kunne bruke LVSC når standarden er klar for å ruller ut. Dette er en komplementær løsning som kan bidra til å fjerne utslipp fra de skipene med små effektbehov.

I krysningen mellom økonomisk risiko og fremtidsrettet transportpolitikk, bør det bygges ut for mer enn minimumsbehovet i de havner som bygges ut. Der vil en grundig analyse av trafikk grunnlaget og effektbehovet, være avgjørende for dimensjoneringen og antall anlegg. Skal man ta høyde for passasjertrafikk og annen rute trafikk, er man avhengig av et automatisert anlegg for å ta ut mest mulig miljø- og økonomiske gevinster. Derfor anbefales det å innføre et krav om automasjon for å få støtte til en ombygging av skip. Det anbefales også å gi en miljørabatt



gjennom havneregulativene for de skip som bruker en miljøvennlig energibærer, slik som Oslo havn vurderer (www.oslohavn.no 2010). Det bør også ses på å kunne tilby rederier eller HVSC-anleggs operatøren, industri avtaler på elektrisitet slik som EU-lovgivningen åpner for. Dette er gjennomført i Sverige og Tyskland (www.regjeringen.no).

Anbefalingen blir å gå for en delvis utbygging, der man fokuserer på rute- og cruisetraffikken i første omgang, sammen med supply havnene i offshore industrien. Det anbefales at havnene tar investeringen for HVSC-anlegget på land, gjennom et felles HVSC selskap. Enten som et IKS eller at staten gjennom kystverket eller andre organer oppretter et utbyggingsselskap. Rederiene dekker skipskostnadene. Det er nødvendig å minimere administrasjonen knyttet til anløpskostnader og økonomiske utbetalinger. Derfor anbefales det å bruke et automatisk identifikasjons- og betalingssystem. Differansen i pris på energien bør gå til utvidelse av tilbudet, både i havnen og til ny etablering i andre havner. En nasjonal HVSC-struktur i norske havner bør legges inn i neste NTP periode og bør gis høy prioritet. Dette øker konkurranse dyktigheten til godstrafikk på sjøen og reduserer lokal forurensning og klimagassutslipp.

## 11. REFERANSER

### Skriftlige kilder

- IEEE. (2007). Challenges of Connecting Shipboard Marine Systems to Medium Voltage Shoreside Electrical Power.
- Inge Stensland shipping, V. K. S. (2014). *svovel innhold i marin diesel* (3.3.2014).
- Korneliussen, Ø. (2014). *Informasjon om nettkapasitet hos Veranger kraft* (13.03.2014).
- BKK Nett As, o. B. o. O. H. (2008). Landstrøm til skip i Bergen havn. 30 s.
- Carlsen, J.-B. (2014). Landstrøm til skip i Bergen havn.
- Moltubak, H. (2014). (03.02.2014).
- NTNU. (2007a). Beslutninger på svakt informasjonsgrunnlag. I: Sunnevåg, K. J. (red.). *Concept*. NTNU. 331 s.
- NTNU. (2007b). Flermålsanalyser i store statlige investeringsprosjekt. I: Samset, K. (red.). *Concept*. NTNU. 120 s.
- Rambøll, N. A. (2012). Landstrøm Bergen Havn.
- Samferdselsdepartementet. (2013). Nasjonal transportplan - Meld. St. 26. 325 s.
- Samset, K. (2008). *Prosjekt i tidligfasen*. trondheim: Tapir Akademiske Forlag. 344.s s.
- Scheifer, D. M. (2014). *Information about ABB's AMP system* (20.03.20114).
- Schneider-electric.com. (2012). Tilgjengelig fra: [http://www.schneider-electric.com/solutions/ww/en/med/24595077/application/pdf/1513\\_998-3606\\_gma-gb\\_b\\_13\\_july.pdf](http://www.schneider-electric.com/solutions/ww/en/med/24595077/application/pdf/1513_998-3606_gma-gb_b_13_july.pdf).
- Stensønes, A. (2014). *Color Line HVSC anlegg* (02.05.2014).
- Stortinget. (2009). *Lov om havner og farvann (havne- og farvannsloven)*. Tilgjengelig fra: <http://lovdata.no/dokument/NL/lov/2009-04-17-19>.
- Svarte, S. S., Jan H. (2002). *Energiproduksjon og energidistribusjon*. Oslo: Gyldendal. 166 s. s.
- Theodoros, P. G. (2012). *A Cold Ironing Study on Modern Ports, Implementation and Benefits Thriving for Worldwide Ports*. Athens: National Technical University of Athens, School of Naval Architecture & Marine Engineering. 139 s.
- veritas, D. n. (2009). TILTAKSANALYSE - KRAV OM LANDSTRØM FOR SKIP I NORSKE HAVNER.
- Westhagen, H. F., Ole ; Hoff, Kjell Gunnar ; Kjeldsen, Tor ; Røine, Erik. (2013). *Prosjektarbeid : Utviklings- og endringskompetanse*. Oslo: Gyldendal. 352 s. s.
- Wildi, T. (2006). *Electrical machines, drives, and power systems*. 6. utg. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall. xxiii, 934 s. s.
- Zero. (2012). En studie av mulighetene for landstrøm i Norge

## Nett kilder

- Terasaki. (2014). Tilgjengelig fra: <http://www.terasaki.co.jp/tj/en/04products/index.html> (lest 17.03).
- ABB. (2014). *Shore to Ship*. Tilgjengelig fra: <http://www.abb.com/industries/us/9aac170202.aspx>.
- BarentsWatch. (2014). *Nasjonal havneoversikt* fra: [http://www.barentswatch.no/CNSS.C.N.S.S.\(2014\).Tilgjengelig](http://www.barentswatch.no/CNSS.C.N.S.S.(2014).Tilgjengelig) fra: <http://cnss.no/>.
- ENOVA. (2014). *søtte til introduksjon av ny teknologi*. Tilgjengelig fra: <http://www.enova.no/finansiering/naring/ny-teknologi/stotte-til-introduksjon-av-ny-teknologi/124/0/>.
- Gagnat, T. (2014). *Mørenett nettkapasitet rundt Ålesund havn* (21.03.2014).
- Harbors, I. A. o. P. a. (2008). Tilgjengelig fra: [http://iaphtoolbox.wpci.nl/tools\\_ES.html](http://iaphtoolbox.wpci.nl/tools_ES.html).
- <http://www.fch-ju.eu/>. (2014). *Fuel Cells and hydrogen joint underteking*. Tilgjengelig fra: <http://www.fch-ju.eu/>.
- Hurtigruten.no. (2014). *Ruteplan og trafikkinformasjon*. Tilgjengelig fra: <http://www.hurtigruten.no/Repository/Trafikkinformasjon/Trafikkinformasjon/>.
- miljødirektoratet. (2014). *Nitrogenoksid (NOx)*. Tilgjengelig fra: <http://www.miljostatus.no/Tema/Luftforurensning/Sur-nedbor/Nitrogenoksid-NOx/>.
- NG3. (2014). Tilgjengelig fra: <http://ng3.eu/PLUG-A-world-first.html>.
- NHO. (2014). *NOx - fondet*. Tilgjengelig fra: <https://www.nho.no/Prosjekter-og-programmer/NOx-fondet/>.
- NRK. (2014a). *Hurtigruten kan bli nektet å legge til kai*. Tilgjengelig fra: <http://www.nrk.no/nordland/krig-mellom-hurtigruten-og-havnene-1.11525294> (lest 06.02).
- NRK. (2014b). *Vinduet er i ferd med å lukkes*. Tilgjengelig fra: <http://www.nrk.no/verden/-vinduet-er-i-ferd-med-a-lukkes-1.11665578>.
- ww.fhi.no. (2013). *Aktuelle komponenter - luftforurensning* - [http://www.fhi.no/eway/default.aspx?pid=239&trg=List\\_6212&Main\\_6157=6263:0:2\\_5\\_6227&MainContent\\_6263=6464:0:25\\_6250&List\\_6212=6218:0:25\\_6254:1:0:0::0:0](http://www.fhi.no/eway/default.aspx?pid=239&trg=List_6212&Main_6157=6263:0:2_5_6227&MainContent_6263=6464:0:25_6250&List_6212=6218:0:25_6254:1:0:0::0:0).
- [www.Bellona.no](http://www.Bellona.no). (2011). *Regjeringen freder elbilen*. Tilgjengelig fra: <http://bellona.no/nyheter/samferdsel/elbiler/2011-09-regjeringen-freder-elbilen>.
- [www.cavotec.com](http://www.cavotec.com). (2014). *Alternativ Maritim Power (AMP) - Cold ironing system* (lest 24.02).
- [www.lloydslistintelligence.com](http://www.lloydslistintelligence.com). (2014). *AIS trafikk*. Tilgjengelig fra: [www.lloydslistintelligence.com](http://www.lloydslistintelligence.com) (lest 29.04).
- [www.oslohavn.no](http://www.oslohavn.no). (2010). *lavere priser for miljøvennlige skip* - <http://www.oslohavn.no/?module=Articles&action=Article.publicOpen&id=323>.

- [www.proff.no](http://www.proff.no). (2014). *Hurtigruten ASA, regnskap*. Tilgjengelig fra: <http://www.proff.no/regnskap/hurtigruten-asa/troms%C3%B8/m%C3%B8te-og-konferanselokaler/ZOIC6NOV/>.
- [www.regjeringen.no](http://www.regjeringen.no). *På rett kjøp, NOU 2005:14*. Tilgjengelig fra: <http://www.regjeringen.no/nb/dep/nfd/dok/nou-er/2005/nou-2005-14/5/2/3.html?id=155048>.
- [www.TU.no](http://www.TU.no). (2008). *Energilink*. Tilgjengelig fra: <http://energilink.tu.no/no/search.aspx?q=>.
- [www.TU.no](http://www.TU.no). (2010a). *154 timer med ekstrem luft*. Tilgjengelig fra: <http://www.tu.no/klima/2010/03/09/154-timer-med-ekstrem-luft>.
- [www.TU.no](http://www.TU.no). (2010b). *strømførende kjempeplugg*. Tilgjengelig fra: <http://www.tu.no/industri/2011/10/10/stromforende-kjempeplugg>.
- [www.TU.no](http://www.TU.no). (2012). *Langt skritt for landstrøm*. Tilgjengelig fra: <http://www.tu.no/industri/2012/02/29/langt-skrutt-for-landstrom>.
- [www.TU.no](http://www.TU.no). (2014a). *Nå skal også Superspeed-fergen over på strøm*. Tilgjengelig fra: <http://www.tu.no/industri/2014/02/28/na-skal-ogsa-superspeed-fergen-over-pa-strom>.
- [www.TU.no](http://www.TU.no). (2014b). *seks havnebyer går sammen om å koble offshore skip til landstrøm*. Tilgjengelig fra: <http://www.tu.no/industri/2014/05/08/seks-havnebyer-gar-sammen-om-a-koble-offshoreskip-til-landstrom>.
- Miljødirektoratet. (2014). *Nitrogenoksid (NOx)*. Tilgjengelig fra: <http://www.miljostatus.no/Tema/Luftforurensning/Sur-nedbor/Nitrogenoksid-NOx/>.
- ENOVA. (2014). *søtte til introduksjon av ny teknologi*. Tilgjengelig fra: <http://www.enova.no/finansiering/naring/ny-teknologi/stotte-til-introduksjon-av-ny-teknologi/124/0/>.
- ABB. (2014). *Shore to Ship*. Tilgjengelig fra: <http://www.abb.com/industries/us/9aac170202.aspx>.
- BarentsWatch. (2014). *Nasjonal havneoversikt*.
- CNSS, C. N. S. S. (2014). Tilgjengelig fra: <http://cnss.no/>.
- Hurtigruten.no. (2014). *Ruteplan og trafikkinformasjon*. Tilgjengelig fra: <http://www.hurtigruten.no/Repository/Trafikkinformasjon/Trafikkinformasjon/>.
- Harbors, I. A. o. P. a. (2008). Tilgjengelig fra: [http://iaphtoolbox.wpci.nl/tools\\_ES.html](http://iaphtoolbox.wpci.nl/tools_ES.html).
- <http://www.fch-ju.eu/>. (2014). *Fuel Cells and hydrogen joint underteking*. Tilgjengelig fra: <http://www.fch-ju.eu/>.
- Transnova. (2014). Tilgjengelig fra: <http://www.transnova.no/om-transnova/>.
- Patton&Cooke. (2014). Tilgjengelig fra: <http://pattonandcooke.com>.

## 1. Rutetabeller nordgående Hurtigruten

Havn	Vår			Sommer			Høst			Vinter		
	Ankomst	Avgang	Min	Ankomst	Avgang	Min	Ankomst	Avgang	Min	Ankomst	Avgang	Min
Bergen	14:30	22:30	480	14:30	20:00	330	14:30	20:00	330	14:30	22:30	480
Florø	04:30	04:45	15	02:00	02:15	15	02:00	02:15	15	04:30	04:45	15
Måløy	07:15	07:30	15	04:15	04:30	15	04:15	04:30	15	07:15	07:30	15
Torvik	10:30	10:45	15	07:15	07:30	15	07:10	07:30	15	10:30	10:45	15
Ålesund	12:00	15:00	180	08:45	09:30	45	08:45	09:30	45	12:00	15:00	180
Geiranger	x	x	x	13:25	13:30	5	x	x	x	x	x	x
Hjørundfjorden	x	x	x	x	x	x	11:30	15:00	210	x	x	x
Ålesund	x	x	x	18:15	19:00	45	17:15	19:00	95	x	x	x
Molde	18:00	18:30	30	21:45	22:15	30	21:45	22:15	30	18:00	18:30	30
Kristiansund	22:15	23:00	45	01:45	02:00	15	01:45	02:00	15	22:15	23:00	45
Trondheim	06:00	12:00	360	08:30	12:00	210	08:30	12:00	210	06:00	12:00	360
Rørvik	20:45	21:15	30	20:45	21:15	30	20:45	21:15	30	20:45	21:15	30
Brønnøysund	00:45	01:00	15	00:45	01:00	15	00:45	01:00	15	00:45	01:00	15
Sandnessjøen	03:45	04:15	30	03:45	04:15	30	03:45	04:15	30	03:45	04:15	30
Nesna	05:25	05:30	5	05:25	05:30	5	05:25	05:30	5	05:25	05:30	5
Ørnes	09:15	09:30	15	09:15	09:30	15	09:15	09:30	15	09:15	09:30	15
Bodø	12:30	15:00	150	12:30	15:00	150	12:30	15:00	150	12:30	15:00	150
Stamsund	19:00	19:30	30	19:00	19:30	30	19:00	19:30	30	19:00	19:30	30
Svolvær	21:00	22:00	60	21:00	22:00	60	21:00	22:00	60	21:00	22:00	60
Stokmarknes	01:00	01:15	15	01:00	01:15	15	01:00	01:15	15	01:00	01:15	15
Sortland	02:45	03:00	15	02:45	03:00	15	02:45	03:00	15	02:45	03:00	15
Risøyhamn	04:15	04:30	15	04:15	04:30	15	04:15	04:30	15	04:15	04:30	15
Harstad	06:45	08:00	75	06:45	08:00	75	06:45	08:00	75	06:45	08:00	75
Finnsnes	11:15	11:45	30	11:15	11:45	30	11:15	11:45	30	11:15	11:45	30
Tromsø	14:30	18:30	240	14:30	18:30	240	14:30	18:30	240	14:30	18:30	240
Skjervøy	22:30	22:45	15	22:30	22:45	15	22:30	22:45	15	22:30	22:45	15
Øksfjord	02:00	02:15	15	02:00	02:15	15	02:00	02:15	15	02:00	02:15	15
Hammerfest	05:15	06:00	45	05:15	06:00	45	05:15	06:00	45	05:15	06:00	45
Havøysund	08:45	09:15	30	08:45	09:15	30	08:45	09:15	30	08:45	09:15	30
Honningsvåg	11:15	14:45	210	11:15	14:45	210	11:15	14:45	210	11:15	14:45	210
Kjøllefjord	17:00	17:15	15	17:00	17:15	15	17:00	17:15	15	17:00	18:00	15
Mehamn	19:15	19:30	15	19:15	19:30	15	19:15	19:30	15	x	x	15
Berlevåg	21:45	22:00	15	21:45	22:00	15	21:45	22:00	15	21:45	22:00	15
Båtsfjord	23:45	00:15	30	23:45	00:15	30	23:45	00:15	30	23:45	00:15	30
Vardø	03:15	03:30	15	03:15	03:30	15	03:15	03:30	15	03:15	03:30	15
Vadsø	06:45	07:15	30	06:45	07:15	30	06:45	07:15	30	06:45	07:15	30
Kirkenes	09:00	12:30	210	09:00	12:30	210	09:00	12:30	210	09:00	12:30	210

## 2. Rutetabeller sørgående Hurtigruten

Havn	Vår			Sommer			Høst			Vinter		
	Ankomst	Avgang	Min	Ankomst	Avgang	Min	Ankomst	Avgang	Min	Ankomst	Avgang	Min
Kirkenes	09:00	12:30	210	09:00	12:30	210	09:00	12:30	210	09:00	12:30	210
Vardø	15:45	16:45	60	15:45	16:45	60	15:45	16:45	60	15:45	16:45	60
Båtsfjord	19:45	20:15	30	19:45	20:15	30	19:45	20:15	30	19:45	20:15	30
Berlevåg	22:00	22:15	15	22:00	22:15	15	22:00	22:15	15	22:00	22:15	15
Mehamn	00:45	01:00	15	00:45	01:00	15	00:45	01:00	15	x	x	x
Kjøllefjord	02:45	03:00	15	02:45	03:00	15	02:45	03:00	15	02:15	03:00	15
Honningsvåg	05:30	05:45	15	05:30	05:45	15	05:30	05:45	15	05:30	05:45	15
Havøysund	07:45	08:00	15	07:45	08:00	15	07:45	08:00	15	07:45	08:00	15
Hammerfest	10:45	11:45	60	10:45	12:45	60	10:45	12:45	60	10:45	12:45	60
Øksfjord	14:30	14:45	15	15:30	15:45	15	15:30	15:45	15	15:30	15:45	15
Skjervøy	18:00	18:30	30	19:15	19:45	30	19:15	19:45	30	19:15	19:45	30
Tromsø	23:45	01:30	105	23:45	01:30	105	23:45	01:30	105	23:45	01:30	105
Finnsnes	04:15	04:45	30	04:15	04:45	30	04:15	04:45	30	04:15	04:45	30
Harstad	08:00	08:30	30	08:00	08:30	30	08:00	08:30	30	08:00	08:30	30
Risøyhamn	10:45	11:00	15	10:45	11:00	15	10:45	11:00	15	10:45	11:00	15
Sortland	12:30	13:00	30	12:30	13:00	30	12:30	13:00	30	12:30	13:00	30
Stokmarknes	14:15	15:15	60	14:15	15:15	60	14:15	15:15	60	14:15	15:15	60
Svolvær	18:30	20:30	120	18:30	20:30	120	18:30	20:30	120	18:30	20:30	120
Stamsund	22:00	22:30	30	22:00	22:30	30	22:00	22:30	30	22:00	22:30	30
Bodø	02:30	04:15	105	02:30	04:15	105	02:30	04:15	105	02:30	04:15	105
Ørnes	07:00	07:15	15	07:00	07:15	15	07:00	07:15	15	07:00	07:15	15
Nesna	11:00	11:15	15	11:00	11:15	15	11:00	11:15	15	11:00	11:15	15
Sandnessjøen	12:30	13:00	30	12:30	13:00	30	12:30	13:00	30	12:30	13:00	30
Brønnøysund	15:45	17:00	75	15:45	17:00	75	15:45	17:00	75	15:45	17:00	75
Rørvik	20:30	21:30	60	20:30	21:30	60	20:30	21:30	60	20:30	21:30	60
Trondheim	06:30	10:00	210	06:30	10:00	210	06:30	10:00	210	06:30	10:00	210
Kristiansund	16:30	17:00	30	16:30	17:00	30	16:30	17:00	30	16:30	17:00	30
Molde	21:00	21:30	30	21:00	21:30	30	21:00	21:30	30	21:00	21:30	30
Ålesund	00:30	01:00	30	00:30	01:00	30	00:30	01:00	30	00:30	01:00	30
Torvik	02:15	02:30	15	02:15	02:30	15	02:15	02:30	15	02:15	02:30	15
Måløy	05:15	05:45	30	05:15	05:45	30	05:15	05:45	30	05:15	05:45	30

### 3. Kostandskalkyle HVSC-anlegg

Båt type	Effektbehov (MVA)	Dimensjonerende effekt	Spenning (KV)	Frekvens
Ro/ro	4	4	11	50/60
Cruise	7	10	11	50/60
Cruise	14	20	11	50/60
Containerskip	2	4	11	50/60
Offshore	2	4	11	50/60
Passasjerskip	2	4	11	50/60
Hurtigruten	2	2	11	50

Tabell 1 viser klassifiseringen av skip basert på IEEE sine anslag

Variabler	Fastledd	Pr/ MVA
Styring og bearbeiding skip	300	500 Pr/ MVA
Trafo på skip	300	0 Pr/ MVA
Kabelføring og plugg	100	1600 Pr/ MVA
Trafo land	150	Pr/ MVA
Styring land	200	Pr/ MVA
Kost frekvensomformer	1300	Pr/ MVA
Kabelgate m/ kabel	5	Pr/m
Kost omformerstasjon	150	Pr/ MVA
Kostnad nett utbedring	100,00%	Pr/ % av ny kapasitet
Beslaglagt effekt	1	
Ny effekt	1	
Kost nett utvidelse		
Avstand ledepunkt trafo	250	

Tabell 2 viser de variable kostnadene for skip og land basert på Rambøll sine tall

Styring og bearbeiding	Trafo	Kabelhåndtering	AMS + EPR system	Uforutsett	Sum skip	Sum skip min
1700	1200	2000	10	1473	6383	3710
3500	0	2600	10	1830	7940	6110
6500	0	3600	10	3030	13140	10110
1700	600	2000	10	1290	5600	3710
1700	600	2000	10	1290	5600	3710
1700	600	2000	10	1290	5600	3710
1100	600	1800	10	1050	4560	2910

Tabell 3 viser kostnadskalkylen for skip ved et HVSC-anlegg

Trafo	Styring	Kabelhåndtering	Frekvens omformer	Nett utbedringer	AMS + EPR system	Kabelgrøft m/kabel pr m (5)	Uforutsett	Sum land	Total sum
0	800	2000	5200	0	10	1250	1852	11112	17495
1 500	2 000	2000	13000	0	11	0	3702,2	22213,2	30153,2
3 000	4 000	2000	26000	0	11	1250	7252,2	43513,2	56653,2
0	800	2000	5200	0	12	1250	1852,4	11114,4	16714,4
0	800	2000	5200	0	13	1250	1852,6	11115,6	16715,6
0	800	2000	5200	0	14	1250	1852,8	11116,8	16716,8
300	400	1900	0	0	15	1250	773	4638	9198

Tabell 4 viser kostnadskalkylen for land ved et HVSC-anlegg

### 4. Flermålsanalyse alternativer

Alternativ 1

Mål	Preferanse vektning	Vektning	Måloppnåelse			Sum EG	Sum FU	Sum DU
	Økonomi =	9	Miljø =			3	Sikkerhet =	1
			EG	FU	DU			
<b>Alt 1</b>								
<b>Bedriftsøkonomiske krav</b>								
Økt trafikk	9	7	1	2	2	63	126	126
Reduserte driftsutgifter	9	8	0	2	2	0	144	144
Redusere bemanningsbehov	9	1	0	2	1	0	18	9
Profitt	9	9	-2	2	1	-162	162	81
Lave installasjons kostnader	9	5	0	-2	-1	0	-90	-45
<b>Samfunnsøkonomiske krav</b>								
Utnytte eksisterende infrastruktur	9	7	1	-2	0	63	-126	0
Komme i kontakt med nye kunder	9	5	0	2	1	0	90	45
Lave investeringskostnader	9	4	1	-2	-1	36	-72	-36
Kort iverksettelsesperspektiv	9	3	2	-2	-1	54	-54	-27
Øke attraktivitet	9	2	0	2	2	0	36	36
Reduserte helse utgifter	9	2	-2	1	1	-36	18	18
<b>Miljø krav</b>								
Redusert lokal forurensing	3	10	0	2	2	0	60	60
Reduserte klimagass-utslipp	3	10	0	2	2	0	60	60
Naturinngrep	3	6	0	-2	-1	0	-36	-18
Energi effektivt	3	3	-2	2	1	-18	18	9
Redusert fossilt drivstoff forbruk	3	9	0	2	2	0	54	54
<b>Operasjonelle og sikkerhets krav</b>								
Forbedret logistikk	1	1	0	1	1	0	1	1
Brukervennlig	1	7	0	2	2	0	14	14
Redusere ulykker	1	8	0	2	2	0	16	16
Tilbudet må samsvare med etterspørselen	1	6	0	-1	1	0	-6	6
HMS	1	8	0	2	2	0	16	16
<b>Total sum</b>			-1	17	21	0	449	569

Alternativ 2

Mål	Preferanse vektning	Vekting	Måloppnåelse			Sum EG	Sum FU	Sum DU
	Økonomi =	9	Miljø =			1	Sikkerhet =	3
			EG	FU	DU			
<b>Alt 2</b>								
<b>Bedriftsøkonomiske krav</b>								
Økt trafikk	3	7	1	2	2	21	42	42
Reduserte driftsutgifter	3	8	0	2	2	0	48	48
Redusere bemanningsbehov	3	1	0	2	1	0	6	3
Profitt	3	9	-2	2	1	-54	54	27
Lave installasjons kostnader	3	5	0	-2	-1	0	-30	-15
<b>Samfunnsøkonomiske krav</b>								
Utnytte eksisterende infrastruktur	3	7	1	-2	0	21	-42	0
Komme i kontakt med nye kunder	3	5	0	2	1	0	30	15
Lave investeringskostnader	3	4	1	-2	-1	12	-24	-12
Kort iverksettings-perspektiv	3	3	2	-2	-1	18	-18	-9
Øke attraktivitet	3	2	0	2	2	0	12	12
Reduserte helse utgifter	3	2	-2	1	1	-12	6	6
<b>Miljø krav</b>								
Redusert lokal forurensing	9	10	0	2	2	0	180	180
Reduserte klimagass-utslipp	9	10	0	2	2	0	180	180
Naturinngrep	9	6	0	-2	-1	0	-108	-54
Energi effektivt	9	3	-2	2	1	-54	54	27
Redusert fossilt drivstoff forbruk	9	9	0	2	2	0	162	162
<b>Operasjonelle og sikkerhets krav</b>								
Forbedret logistikk	1	1	0	1	1	0	1	1
Brukervennlig	1	7	0	2	2	0	14	14
Redusere ulykker	1	8	0	2	2	0	16	16
Tilbudet må samsvare med etterspørselen	1	6	0	-1	1	0	-6	6
HMS	1	8	0	2	2	0	16	16
<b>Total sum</b>			-1	17	21	-48	593	665

Alternativ 3

Mål	Preferanse vektning	Vektning	Måloppnåelse			Sum EG	Sum FU	Sum DU
	Økonomi =	3	Miljø =			9	Sikkerhet =	1
			EG	FU	DU			
<b>Alt 3</b>								
<b>Bedriftsøkonomiske krav</b>								
Økt trafikk	3	7	1	2	2	21	42	42
Reduserte driftsutgifter	3	8	0	2	2	0	48	48
Redusere bemanningsbehov	3	1	0	2	1	0	6	3
Profitt	3	9	-2	2	1	-54	54	27
Lave installasjons kostnader	3	5	0	-2	-1	0	-30	-15
<b>Samfunnsøkonomiske krav</b>								
Utnytte eksisterende infrastruktur	3	7	1	-2	0	21	-42	0
Komme i kontakt med nye kunder	3	5	0	2	1	0	30	15
Lave investeringskostnader	3	4	1	-2	-1	12	-24	-12
Kort iverksettings-perspektiv	3	3	2	-2	-1	18	-18	-9
Øke attraktivitet	3	2	0	2	2	0	12	12
Reduserte helse utgifter	3	2	-2	1	1	-12	6	6
<b>Miljø krav</b>								
Redusert lokal forurensing	9	10	0	2	2	0	180	180
Reduserte klimagass-utslipp	9	10	0	2	2	0	180	180
Naturinngrep	9	6	0	-2	-1	0	-108	-54
Energi effektivt	9	3	-2	2	1	-54	54	27
Redusert fossilt drivstoff forbruk	9	9	0	2	2	0	162	162
<b>Operasjonelle og sikkerhets krav</b>								
Forbedret logistikk	1	1	0	1	1	0	1	1
Brukervennlig	1	7	0	2	2	0	14	14
Redusere ulykker	1	8	0	2	2	0	16	16
Tilbudet må samsvare med etterspørselen	1	6	0	-1	1	0	-6	6
HMS	1	8	0	2	2	0	16	16
<b>Total sum</b>			-1	17	21	-48	593	665

Alternativ 4

Mål	Preferanse vektning	Vektning	Måloppnåelse			Sum EG	Sum FU	Sum DU
	Økonomi =	1	Miljø =			9	Sikkerhet =	3
			EG	FU	DU			
<b>Alt 4</b>								
<b>Bedriftsøkonomiske krav</b>								
Økt trafikk	1	7	1	2	2	7	14	14
Reduserte driftsutgifter	1	8	0	2	2	0	16	16
Redusere bemanningsbehov	1	1	0	2	1	0	2	1
Profitt	1	9	-2	2	1	-18	18	9
Lave installasjons kostnader	1	5	0	-2	-1	0	-10	-5
<b>Samfunnsøkonomiske krav</b>								
Utnytte eksisterende infrastruktur	1	7	1	-2	0	7	-14	0
Komme i kontakt med nye kunder	1	5	0	2	1	0	10	5
Lave investeringskostnader	1	4	1	-2	-1	4	-8	-4
Kort iverksettingsperspektiv	1	3	2	-2	-1	6	-6	-3
Øke attraktivitet	1	2	0	2	2	0	4	4
Reduserte helse utgifter	1	2	-2	1	1	-4	2	2
<b>Miljø krav</b>								
Redusert lokal forurensing	9	10	0	2	2	0	180	180
Reduserte klimagass-utslipp	9	10	0	2	2	0	180	180
Naturinngrep	9	6	0	-2	-1	0	-108	-54
Energi effektivt	9	3	-2	2	1	-54	54	27
Redusert fossilt drivstoff forbruk	9	9	0	2	2	0	162	162
<b>Operasjonelle og sikkerhets krav</b>								
Forbedret logistikk	3	1	0	1	1	0	3	3
Brukervennlig	3	7	0	2	2	0	42	42
Redusere ulykker	3	8	0	2	2	0	48	48
Tilbudet må samsvare med etterspørselen	3	6	0	-1	1	0	-18	18
HMS	3	8	0	2	2	0	48	48
<b>Total sum</b>			-1	17	21	-52	619	693

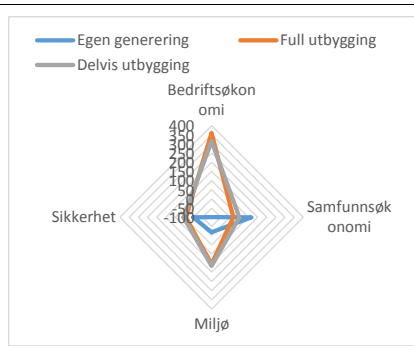
Alternativ 5

Mål	Preferanse vektning	Vektning	Måloppnåelse			Sum EG	Sum FU	Sum DU
	Økonomi =	1	Miljø =			3	Sikkerhet =	9
			EG	FU	DU			
<b>Alt 5</b>								
<b>Bedriftsøkonomiske krav</b>								
Økt trafikk	1	7	1	2	2	7	14	14
Reduserte driftsutgifter	1	8	0	2	2	0	16	16
Redusere bemanningsbehov	1	1	0	2	1	0	2	1
Profitt	1	9	-2	2	1	-18	18	9
Lave installasjons kostnader	1	5	0	-2	-1	0	-10	-5
<b>Samfunnsøkonomiske krav</b>								
Utnytte eksisterende infrastruktur	1	7	1	-2	0	7	-14	0
Komme i kontakt med nye kunder	1	5	0	2	1	0	10	5
Lave investeringskostnader	1	4	1	-2	-1	4	-8	-4
Kort iverksettings-perspektiv	1	3	2	-2	-1	6	-6	-3
Øke attraktivitet	1	2	0	2	2	0	4	4
Reduserte helse utgifter	1	2	-2	1	1	-4	2	2
<b>Miljø krav</b>								
Redusert lokal forurensing	3	10	0	2	2	0	60	60
Reduserte klimagass-utslipp	3	10	0	2	2	0	60	60
Naturinngrep	3	6	0	-2	-1	0	-36	-18
Energi effektivt	3	3	-2	2	1	-18	18	9
Redusert fossilt drivstoff forbruk	3	9	0	2	2	0	54	54
<b>Operasjonelle og sikkerhets krav</b>								
Forbedret logistikk	9	1	0	1	1	0	9	9
Brukervennlig	9	7	0	2	2	0	126	126
Redusere ulykker	9	8	0	2	2	0	144	144
Tilbudet må samsvare med etterspørselen	9	6	0	-1	1	0	-54	54
HMS	9	8	0	2	2	0	144	144
<b>Total sum</b>			-1	17	21	-16	553	681

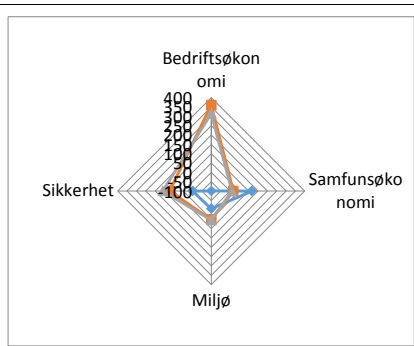
Alternativ 6

Mål	Preferanse vektning	Vektning	Måloppnåelse			Sum EG	Sum FU	Sum DU
	Økonomi =	3	Miljø =			1	Sikkerhet =	9
			EG	FU	DU			
<b>Alt 6</b>								
<b>Bedriftsøkonomiske krav</b>								
Økt trafikk	3	7	1	2	2	21	42	42
Reduserte driftsutgifter	3	8	0	2	2	0	48	48
Redusere bemanningsbehov	3	1	0	2	1	0	6	3
Profitt	3	9	-2	2	1	-54	54	27
Lave installasjons kostnader	3	5	0	-2	-1	0	-30	-15
<b>Samfunnsøkonomiske krav</b>								
Utnytte eksisterende infrastruktur	3	7	1	-2	0	21	-42	0
Komme i kontakt med nye kunder	3	5	0	2	1	0	30	15
Lave investeringskostnader	3	4	1	-2	-1	12	-24	-12
Kort iverksettings-perspektiv	3	3	2	-2	-1	18	-18	-9
Øke attraktivitet	3	2	0	2	2	0	12	12
Reduserte helse utgifter	3	2	-2	1	1	-12	6	6
<b>Miljø krav</b>								
Redusert lokal forurensing	1	10	0	2	2	0	20	20
Reduserte klimagass-utslipp	1	10	0	2	2	0	20	20
Naturinngrep	1	6	0	-2	-1	0	-12	-6
Energi effektivt	1	3	-2	2	1	-6	6	3
Redusert fossilt drivstoff forbruk	1	9	0	2	2	0	18	18
<b>Operasjonelle og sikkerhets krav</b>								
Forbedret logistikk	9	1	0	1	1	0	9	9
Brukervennlig	9	7	0	2	2	0	126	126
Redusere ulykker	9	8	0	2	2	0	144	144
Tilbudet må samsvare med etterspørselen	9	6	0	-1	1	0	-54	54
HMS	9	8	0	2	2	0	144	144
<b>Total sum</b>			-1	17	21	0	505	649

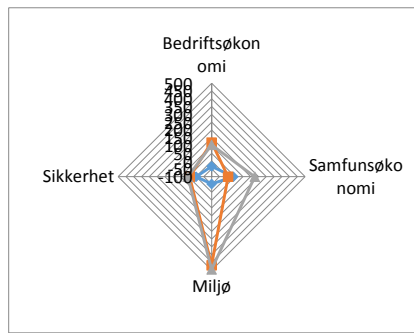




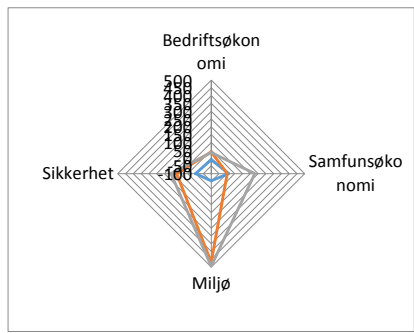
Figur 1 Alternativ 1



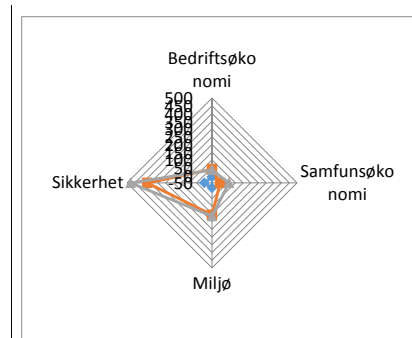
Figur 2 Alternativ 2



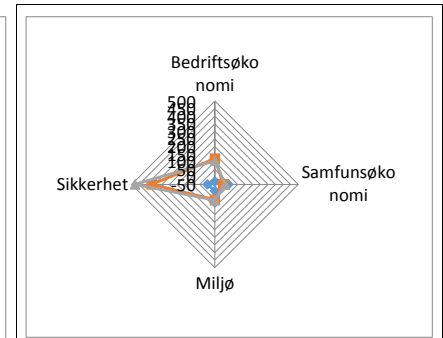
Figur 3 Alternativ 3



Figur 4 Alternativ 4



Figur 5 Alternativ 5



Figur 6 Alternativ 6

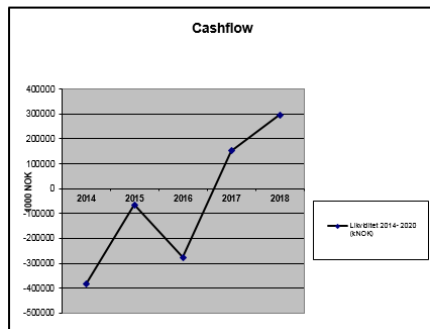
## 5. Nåverdiberegninger fullt utbygd HVSC-anlegg Hurtigruten

Likviditet 2014- 2020 (kNOK)											
Tall i kNOK	2014		2015				2016	2017	2018	2019	2020
	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4					
Inntekter											
generelle driftsinntekter	626326	626326	657643	657643	657643	657643	2762099	2900204	3045214	3197475	3357348
reduserte CO2 kvoter							1505	1505	1505	1505	1505
Nox fondet							1662	1662	1662	1662	1662
Utgifter											
Drivstoff	-28146	-28146	-28146	-28146	-28146	-28146	-10776	-10776	-10776	-10776	-10776
Anlæps kostnader	-8750	-8750	-8750	-8750	-8750	-8750	-34000	-34000	-34000	-34000	-34000
lønn	-152659	-152659	-152659	-152659	-152659	-152659	-610636	-610636	-610636	-610636	-610636
avskrivninger	-70263	-70263	-70263	-70263	-70263	-70263	-281052	-281052	-281052	-281052	-281052
andre drifts kostnader	-414026	-414026	-414026	-414026	-414026	-414026	-1815266	-1815266	-1815266	-1815266	-1815266
<b>Netto internt generert finansie</b>	<b>-47 517</b>	<b>-47 517</b>	<b>-16 200</b>	<b>-16 200</b>	<b>-16 200</b>	<b>-16 200</b>	<b>13 536</b>	<b>151 641</b>	<b>296 651</b>	<b>448 912</b>	<b>608 785</b>
<b>INVESTERINGER</b>	<b>-288 978</b>						<b>-288 978</b>				
<b>TOTALBEHOV AV KAPITAL</b>	<b>-336 495</b>	<b>-47 517</b>	<b>-16 200</b>	<b>-16 200</b>	<b>-16 200</b>	<b>-16 200</b>	<b>-275 442</b>	<b>151 641</b>	<b>296 651</b>	<b>448 912</b>	<b>608 785</b>
<b>FINANSIERING</b>											
Aksjekapital i kontanter											
Fliskolån											
Offentlige virkemidler inkl. skattefunn											
<b>Total finansiering</b>											

Kalkulasjonsrente =	7 %	14 %	25 %
NAV (1000 kr)=	kr 365 111	kr 119 036	kr -85 039

IR =	19,3 %	19,3 %	19,3 %
------	--------	--------	--------

Periode	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Fra år til år	-384012	-64801	-275442	151641	296651	448912	608785



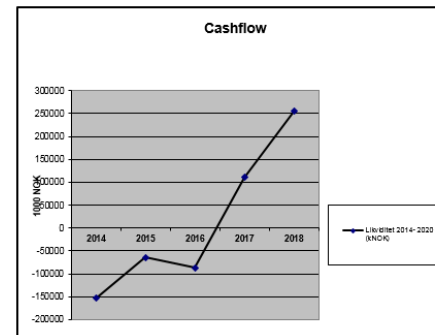
## 6. Nåverdiberegninger delvis utbygd HVSC-anlegg Hurtigruten

Likviditet 2014- 2020 (kNOK)											
Tall i kNOK	2014		2015				2016	2017	2018	2019	2020
	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4					
Inntekter											
generelle driftsinntekter	626326	626326	657643	657643	657643	657643	2762099	2900204	3045214	3197475	3357348
reduserte CO2 kvoter							1000	1000	1000	1000	1000
Nox fondet							1662	1662	1662	1662	1662
Utgifter											
Drivstoff	-28146	-28146	-28146	-28146	-28146	-28146	-51766	-51766	-51766	-51766	-51766
Anlæps kostnader	-8750	-8750	-8750	-8750	-8750	-8750	-34000	-34000	-34000	-34000	-34000
lønn	-152659	-152659	-152659	-152659	-152659	-152659	-610636	-610636	-610636	-610636	-610636
avskrivninger	-70263	-70263	-70263	-70263	-70263	-70263	-281052	-281052	-281052	-281052	-281052
andre drifts kostnader	-414026	-414026	-414026	-414026	-414026	-414026	-1815266	-1815266	-1815266	-1815266	-1815266
<b>Netto internt generert finansie</b>	<b>-47 517</b>	<b>-47 517</b>	<b>-16 200</b>	<b>-16 200</b>	<b>-16 200</b>	<b>-16 200</b>	<b>-27 959</b>	<b>110 146</b>	<b>255 156</b>	<b>407 417</b>	<b>567 290</b>
<b>INVESTERINGER</b>	<b>-59 063</b>						<b>-59 063</b>				
<b>TOTALBEHOV AV KAPITAL</b>	<b>-106 585</b>	<b>-47 517</b>	<b>-16 200</b>	<b>-16 200</b>	<b>-16 200</b>	<b>-16 200</b>	<b>-87 028</b>	<b>110 146</b>	<b>255 156</b>	<b>407 417</b>	<b>567 290</b>
<b>FINANSIERING</b>											
Aksjekapital i kontanter											
Fliskolån											
Offentlige virkemidler inkl. skattefunn											
<b>Total finansiering</b>											

Kalkulasjonsrente =	7 %	14 %	25 %
NAV (1000 kr)=	kr 619 050	kr 386 278	kr 145 184

IR =	41,7 %	41,7 %	41,7 %
------	--------	--------	--------

Periode	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Fra år til år	-154102	-64801	-87028	110146	255156	407417	567290



## 7. Kostnadsanslag HVSC utbygging i Norge

Kommune	Antall kai	4 MVA		Antall pris- knok	Antall behov	Kai til Hattungen	Pris Hurtigrute behov knok	Bare Hurtigruten knok	4 MVA Hurtigruten knok	Full utbygging Hurtigruten knok
		Egen rapport	30 MVA							
Bergen	1	1	0	295 000	60-90	1	27 000	27 000	27 000	295 000
Betlevåg	11	1	1	14 816	2	1	14 816	4 638	14 816	14 816
Boddø	2	1	1	143 701	15	1	14 816	4 638	14 816	14 816
Bramnesund	3	2	2	29 632	4	1	14 816	4 638	14 816	14 816
Båtsfjord	2	3	1	31 114	4	1	14 816	4 638	14 816	14 816
Finnset	1	1	1	14 816	4	1	14 816	4 638	14 816	14 816
Flørø	7	4	1	72 598	4	1	14 816	4 638	14 816	14 816
Geiranger	4	1	1	71 102	7	1	14 816	4 638	14 816	14 816
Hammerfest	10	1	1	133 320	15	1	14 816	4 638	14 816	133 320
Hanstad	11	1	1	114 088	7	1	14 816	4 638	14 816	114 088
Hattungen	3	1	1	31 114	4	1	14 816	4 638	14 816	31 114
Høyanger	10	1	1	98 618	7	1	14 816	4 638	14 816	98 618
Høyanger 715	3	1	1	103 712	7	1	14 816	4 638	14 816	103 712
Kittenes	1	1	1	74 068	4	1	14 816	4 638	14 816	74 068
Kviteseid	1	1	1	14 816	2	1	14 816	4 638	14 816	14 816
Kviteseid 715	2	1	1	59 250	4	1	14 816	4 638	14 816	59 250
Kviteseid	3	1	1	31 114	4	1	14 816	4 638	14 816	31 114
Kviteseid 715	10	1	1	133 320	15	1	14 816	4 638	14 816	133 320
Kviteseid 715	2	2	2	20 742	4	1	14 816	4 638	14 816	20 742
Nesna	1	1	1	29 632	4	1	14 816	4 638	14 816	29 632
Risøyhamn	2	2	2	14 816	2	1	14 816	4 638	14 816	14 816
Røyrvik	8	2	2	20 742	4	1	14 816	4 638	14 816	20 742
Sandnessjøen	4	4	4	82 970	7	1	14 816	4 638	14 816	82 970
Siljefjord	2	4	4	41 489	4	1	14 816	4 638	14 816	41 489
Sorland	1	2	2	20 742	4	1	14 816	4 638	14 816	20 742
Stamsund	7	1	1	14 816	2	1	14 816	4 638	14 816	14 816
Stokmarknes	1	1	1	72 598	7	1	14 816	4 638	14 816	72 598
Stokmarknes	1	1	1	14 816	2	1	14 816	4 638	14 816	14 816
Tromsø	7	1	1	102 218	2	1	14 816	4 638	14 816	102 218
Tromsø 715	10	1	1	133 320	15	1	14 816	4 638	14 816	133 320
Vadsø	2	2	2	20 742	4	1	14 816	4 638	14 816	20 742
Vadsø 715	2	2	2	20 742	4	1	14 816	4 638	14 816	20 742
Ørnes	2	2	2	20 742	4	1	14 816	4 638	14 816	20 742
Ørnes 715	7	1	1	102 218	15	1	14 816	4 638	14 816	102 218
<b>Totalt</b>				<b>2 166 117</b>			<b>545 560</b>	<b>50 190</b>	<b>101 088</b>	<b>699 434</b>

