



Høgskulen på Vestlandet

Bacheloroppgave

NAB3030

Predefinert informasjon

Startdato:	19-04-2018 16:22	Termin:	2018 VÅR
Sluttdato:	02-05-2018 14:00	Vurderingsform:	Norsk 6-trinns skala (A-F)
Eksamensform:	Prosjektoppgave		
SIS-kode:	203 NAB3030 1 PRO-1 2018 VÅR		
Intern sensor:	(Anonymisert)		

Deltaker

Kandidatnr.: 24

Informasjon fra deltaker

Tittel *: Hybride offshore-fartøy

Tro- og loverklæring *: Ja

**Inneholder besvarelsen
konfidensiell materiale?:** Nei

**Jeg bekrefter at jeg har
registrert oppgavetittelen
på norsk og engelsk i
StudentWeb og vet at
denne vil stå på
vitnemålet mitt *:** Ja

Gruppe

Gruppenavn: (Anonymisert)

Gruppenummer: 4

**Andre medlemmer i
gruppen:** 21, 38

Jeg godkjenner avtalen om publisering av bacheloroppgaven min *

Ja



Høgskulen
på Vestlandet

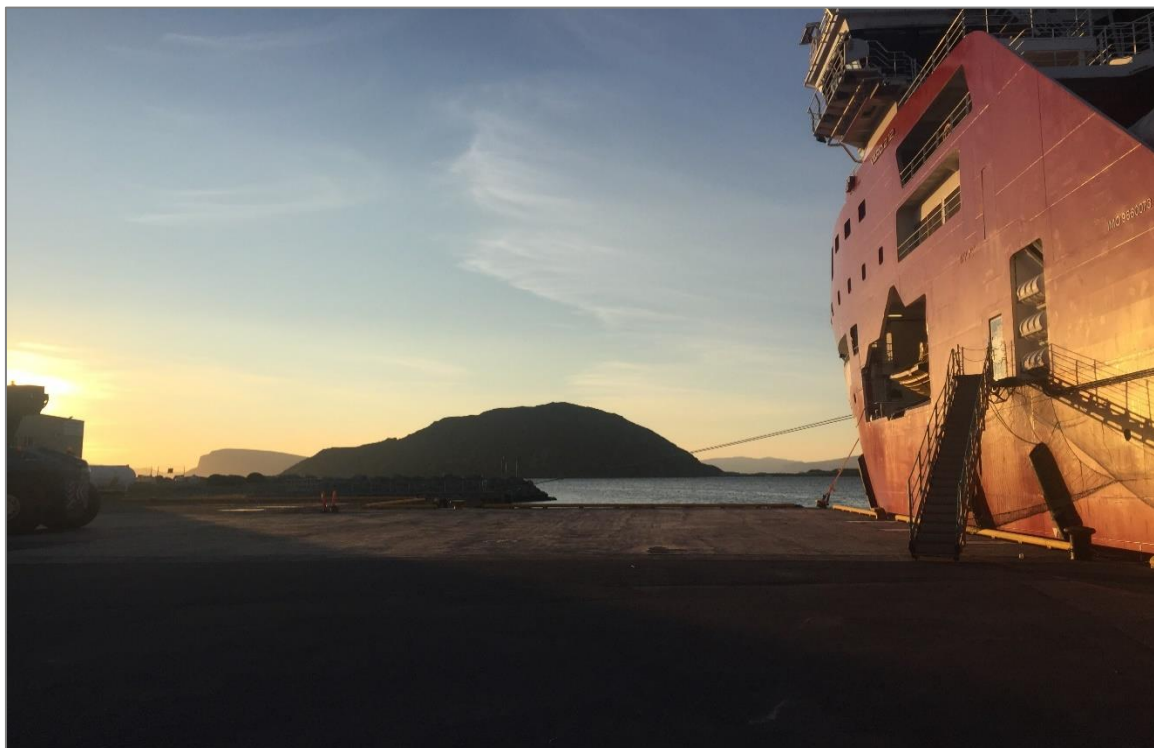
BACHELOROPPGAVE

Hybride Offshore-fartøy
Hybrid Offshore-vessels

Christian Bae Ildhusøy / 24

Mats Ulvøen Håkonsund / 21

Sindre Midthun Almelid / 38



Bilde 1: Tatt av Mats U Håkonsund.

Bachelor i Nautikk
Høgskolen på Vestlandet/Institutt for maritime
studier/Haugesund
Veileder: Sveinung Erland
02.05.2018

Jeg bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 10.

«Hvordan opplever rederiene å ha hybridsystem i sine offshore-fartøy?»

X

Christian Bae Ildhusøy
Forfatter. Kandidatnummer: 24

X

Mats Ulvøen Håkonsund
Forfatter. Kandidatnummer: 21

X

Sindre Midthun Almelid
Forfatter. Kandidatnummer: 38

Dette arbeidet er gjennomført som ledd i bachelorprogrammet i nautikk ved Høgskulen på Vestlandet og er godkjent som sådan. Godkjennelsen innebærer ikke at Høgskulen på Vestlandet inntar for metodene som er anvendt, resultatene som er fremkommet og konklusjoner og vurderinger i arbeidet.

FORORD

I løpet av våre tre år på styrmannsutdanning i Haugesund har vi sett en økende trend innenfor hybride fartøy. Rederier og organisasjoner ser at det er gevinster i form av redusert utslipp og forbruk. Man ser at det er det grønne aspektet som selger, og utgjør en faktor for en slik overgang. Vi valgte i denne oppgaven heller å se på hvordan de bruker batteriet og sikkerhetsrelaterte emner rundt dette relativt nye systemet. Vår problemstilling tar utgangspunkt i disse temaene og hvordan rederiene opplever å ha et hybridsystem i sine offshore fartøy.

Dette har vært en utfordrende og lang prosess, men også lærerik. Vi har opparbeidet oss en god forståelse for fremdriftssystemer i fartøy, og er viktig for kommende styrmenn.

Vi vil benyttet anledningen til å takke NCE Maritime CleanTech som var til hjelp ved opparbeiding av kontakt med de aktuelle rederiene. Vi vil takke rederier som har vært imøtekommende, og tatt seg tid til å hjelpe oss. Vår veileder Sveinung Erland fortjener også anerkjennelse og stor takk, som gjennom hele løpet har bistått med god veiledning og tilbakemeldinger.

SAMMENDRAG

I denne oppgaven har vi tatt utgangspunkt i problemstillingen: «*Hvordan opplever rederiene å ha hybridssystem i sine offshore-fartøy?*»

I det siste tiåret har hybride fremdriftssystemer med batteri blitt stadig mer utbredt. Ikke bare i bilindustrien, men nå også i skipsnæringen. Vi ønsket i denne oppgaven å få frem hvordan rederiene opplever denne hybridiseringen ved å se på to hovedtema: bruken av batteri og sikkerhet. Ved tema 1, bruken av batteri, har vi sett på hvordan de bruker batteriet til å oppnå bedre energieffektivisering, økt redundans, mindre vedlikehold og forbruk. I tema 2 sikkerhet, ble det lagt fokus på risikostyring og faremomenter ved å ha batteri om bord. Våre to temaer har også vært gjennomgående sentrale i oppgaven, ved at man kan se dem igjen i teori, drøfting og resultat.

Det er blitt benyttet en kvalitativ metode i form av individuelle intervju med relevante rederier og driftspersonell. Vi opplevde at det var vanskelig å få mange intervjuer, og det resulterte i en svakere kvalitativ metode. Gjennom intervjuene har vi fått god innsikt i hvordan batterier kan brukes i skip og hvordan rederiene opplever sikkerheten knyttet til batteriet.

Med utgangspunkt i problemstillingen, *hvordan opplever rederiene å ha hybridssystem i sine offshore-fartøy*, har vi gjennom kvalitativ metode avdekket at rederienes tanker er ulike. Mye av dette på bakgrunn av deres ulike notasjoner, men også deres filosofi.

Undersøkelsen vår indikerte at hvorvidt en bruker batteriene avhenger av notasjonen, og at alle faremomentene man implementerer ved å ha batteri om bord er tatt hand om. Ut i fra vår drøfting kunne vi se at batteribruk i offshore-fartøy brakte med seg mange fordeler og lite ulemper, og at batteribruken var mindre omfattende enn det man skulle tro. Basert på våre funn kan vi dermed konkludere at rederiene opplever batteribruken som veldig positiv.

SUMMARY

In this bachelor thesis we have investigated *how the shipowners experience the usage of hybrid systems in their offshore-vessels*.

Hybrid propulsion systems with battery have in the last decade become more widespread. Now also in the maritime sector. Our goal with this thesis was to bring out the shipowner's experiences within this transformation, by looking at two topics; the usage of battery and safety. Within topic 1, the usage of battery, we looked at how they use the battery to increase their redundancy and energy effectiveness or reduce maintenance and consumption. Topic 2, safety, we discussed risk management and potential hazards related to battery in vessels. Throughout the thesis our topics have been easy to spot, since they are discussed in theory, results and discussion.

We've applied a qualitative method by arranging interviews with the nearby shipowners and operational staff. We discovered that it would be tough to get enough interview objects and know that this is a weakness for our survey. By arranging these interviews, we got great insight in how batteries can be used in ships as well as how they experience safety related subjects related to the usage of battery.

With base in our thesis, *how the shipowners experience the usage of hybrid systems in their offshore-vessels*, we have by qualitative method revealed that they experienced it differently. A lot to blame is their two different notations, but also their philosophy related to the battery usage.

Our survey indicated that, how they use their batteries depends on their notation, and all hazards that comes along when you take batteries on board are dealt with. In chapter 6. discussion, we could tell that batteries brings along a lot of pros and few cons and the usage of battery is easier than you may think. Based upon our finds we can conclude that the shipowners experience the usage of battery as very positive.

Innhold

BACHELOROPPGAVE	i
FORORD.....	iii
SAMMENDRAG	iv
SUMMARY.....	v
Bideliste	viii
Figurliste.....	viii
Tabelliste	viii
Forkortelser.....	viii
Ordforklaringer	ix
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn for valg av oppgave	1
1.2 Problemstilling	2
1.3 Avgrensninger.....	2
1.4 Oppbygging av oppgaven.....	3
2 Systembeskrivelse.....	4
2.1 Hva kjennetegner et hybridskip?.....	4
2.2 Bruksområder for hybrid	5
2.3 Operasjonene til et offshore-fartøy	5
2.4 Klassenotasjonene.....	7
2.5 Ulike løsninger	7
2.5.1 Elektrisk/mekanisk oppsett med batteri, AC nett	7
2.5.2 Diesel-elektrisk hybrid system, med AC-nett.....	10
2.5.3 Diesel-elektrisk hybrid system, med DC-nett.....	11
2.6 Litium-ion batteri	11
3 Teori.....	13
3.1 Teorigrunnlag.....	13
3.1.1 DNV GL	13
3.2 Bruken av batteri	14
3.2.1 «Peak Shaving»	14
3.2.2 On/off mode (Start stop philosophy).....	15
3.2.3 Minske antall «running engines»	15

3.2.4	Batteri som redundans (spinning reserve)	16
3.2.6	Oppsummering: Bruksmåter vs. Formål	16
3.3	Sikkerhet	17
3.3.1	Sikkerhet knyttet rundt Litium-ion batteri.....	19
4	Metode	21
4.1	Den kvalitative undersøkelsen	21
4.2	Utvalg av respondenter	21
4.3	Det individuelle, åpne intervjuet	22
4.3.1	Forberedelser	23
4.3.2	Gjennomføring.....	23
4.5	Analysering av innsamlet data	24
5	Resultat.....	24
5.1	Tema 1: Bruk av batteri.....	25
5.1.1	Peak shaving.....	25
5.1.2	On/off mode.....	26
5.1.3	Minske antall «running engines»	27
5.1.4	Batteri som redundans	28
5.1.5	Oppsummering	30
5.2	Tema 2: Sikkerhet.....	31
6	Drøfting.....	33
6.1	Tema 1: Bruk av batteri.....	33
6.1.1	«Peak Shaving»	33
6.1.2	On/off mode.....	34
6.1.3	Minske antall «running engines»	35
6.1.4	Batteri som redundans	35
6.1.5	Oppsummering	36
6.2	Tema 2: Sikkerhet.....	37
7	Konklusjon.....	39
7.1	Forslag til videre forskning.....	41
8	Litteraturliste	42
	Vedlegg 1.....	46
	Vedlegg 2.....	47
	Vedlegg 3.....	50

Bildeliste

Bilde 1: Tatt av Mats U Håkonsund.	i
Bilde 2: Corvus sin løsning på skuffemodul.	12
Hentet fra: https://www.marineinsight.com/shipping-news/corvus-energy-orca-ess-power-one-worlds-cleanest-offshore-platform-supply-vessels/attachment/corvus-energy-orca-ess/	

Figurliste

Figur 1: Hybridkonseptet enkelt forklart. Egenprodusert.....	4
Figur 2: Eksempel på et hybrid fremdriftssystem. Egenprodusert.....	8
Figur 3: Diesel-elektrisk løsning med batterier + symbolforklaring. (DNV GL, 2015, s 12-13)..	10
Figur 4: SFOC kurve. Her ser man at forbruket avtar ved høyere belastning. Dette er data for en fire-takts dieselmotor (DNV-GL, 2015, s 16.).....	15

Tabelliste

Tabell 1: Egenprodusert tabell som viser formålet ved de ulike bruksmåtene.	17
--	----

Forkortelser

Forkortelse	Betydning
AC	Alternating Current/Vekselstrøm
BMS	Battery Management System
DC	Direct Current/Likestrøm
DNV GL	Det Norske Veritas Germanischer Lloyd
DP	Dynamic Positioning
FMEA	Failure Mode Effect Analysis
FMECA	Failure Mode Effect, and Criticality Analysis
g/kWt	Gram per kilowatt time
Genset	Generatorset
IAS	Integrated Automation System
kW	Kilowatt
kWt	Kilowatt time

LNG	Liquid Natural Gas
MPSV	Multi-Purpose Supply Vessel
PSV	Platform Supply Vessel
PTI	Power Take-In
PTO	Power Take-Off
ROV	Remote Operated Vehicle
SFOC	Specific Fuel Oil Consumption
SOC	State of Charge (Ladestatus)

Ordforklaringer

Begreper	Betydning
AC/AC	Et apparat som omformer vekselstrøm med et spenningsnivå til et annet spenningsnivå. Blir kalt trafo, kort for transformator.
AC/DC	Et apparat som omformer vekselstrøm til likestrøm. Ofte kalt likeretter
Ankerhåndteringsfartøy	Skip som er utstyrt med kraftige vinsjer og er laget for å taue og ankre opp plattformer. Kan også fungere som forsyningskip (PSV).
Azimuth thruster	Propell som kan roteres 360 grader horisontalt rundt sin egen akse.
DC/AC	Et apparat som omformer likestrøm til vekselstrøm. Ofte kalt vekselretter
DC/DC	Et apparat som omformer likestrøm med et spenningsnivå til et annet spenningsnivå.
DP-operasjon	Operasjon som krever at skipet bruker DP-system for å holde skipet i nøyaktig posisjon.
DP-system	Et system som automatisk holder fartøyet i nøyaktig posisjon ved bruk av referansesystemer, sensorer og thrustere.
Dual-Fuel	Motor som er designet for å kjøre på to forskjellige drivstoff. For

	eksempel LNG og diesel.
MPSV	Skip som har stor fleksibilitet, og kan utføre mange forskjellige typer operasjoner. For eksempel løfteoperasjoner, dykkeoperasjoner eller brønnintervensjon.
Overrisling	En anordning av et slukkesystem.
PSV	Skip som er designet for å forsyne plattformer med gods, verktøy og utstyr.
Redundans	Et redundant system kjennetegner at det kan fungere normalt selv om en del av systemet feiler. Man har alltid et system som tar over hvis det skjer en feil.
Retrofit	Et fartøy som har blitt ettermodifisert med ekstra utstyr.
SFOC	Mengden drivstoff som blir forbrent av motoren per kraftenhet. Måles ofte i gram per kilowatttime (g/kWt).
Skuffemodul	En anordning av battericeller. I skuffer rangert over hverandre.
SOC	Hvor mye batteriet er oppladet. Kan også kalles ladestatus. Fra 0-100%.
Spinning Reserve	Ekstra energi som er tilgjengelig umiddelbart. Her i form av energi fra batteri.
Thruster	En thruster er en del av fremdriften til skipet som skal gjøre det lettere å manøvrere. Det kan være en propell som er innfelt i skroget (tunnel thruster) eller en azimuth thruster.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn for valg av oppgave

I dagens skip er det i hovedsak et mekanisk fremdriftssystem som blir benyttet, og selv om offshorenæringen er i en liten nedgang så er det alltid utvikling innenfor fremdriftssystemer. Det dukker stadig opp nye innovative løsninger for fremdriftssystem, og rederienes krav til miljø, økonomi og forbruk er gjerne høyere enn noen gang. Dette skaper konkurranse hos leverandørene i det å utvikle det beste systemet som gjør at kunden velger akkurat dem. Strengere regler til utslipp, og næringens ønske om å få redusert kostnadene knyttet til forbruk, har gjort at den hybride teknologien er i ferd med å bli mer utbredt.

Med et hybridsystem mener vi et system som tar i bruk batterier som energilagring i kombinasjon med et fremdriftssystem. Forbedret hybrid og elektrisk teknologi har ført til at flere fartøy blir bygget med et slikt energilagringssystem. Dette fører til at de eldre fartøyene blir utkonkurrert, og må da tilpasse seg markedets krav til reduserte kostnader og utslipp. Ombygging til et hybrid system vil da gjerne være en god løsning. Siden 2013, der fartøyet Viking Lady var det første kommersielle offshore skipet med et hybrid fremdriftssystem har flere tatt i bruk batterier til energilagring, og det har blitt en økende trend i den maritime virksomheten. Nå spesielt i offshorenæringen, hvor oppdragsgiveren kan kreve en slik løsning. Statoil belønner blant annet med langtidskontrakter mot at fartøyene installerer batterier (TU, 2017).

Ombyggingen kan føre til bedre betalte langtidskontrakter, dette er fordi arbeidsgiverne sparer penger på at fartøyene har redusert forbruk. Ved å ha batteri i fartøy så kan man tillate seg å gå på mindre generatorer og gunstigere last. Andre aspekter for implementering av hybride system er at man har blitt mer fokusert på miljø, energieffektivisering og sikkerhet. Selv om ombygging til et hybrid system først og fremst er forbundet med positive tall angående utslipp, forbruk og ytelse så har en slik endring også andre sider.

For de rederiene som er ledende innenfor denne trenden, vil det innebære at man må ta sjanser og prøve ut. Når andre rederier ser at det er gevinster å hente, følger de etter. Slik er det med mange

ting, man vil se at det fungerer før man kjøper. Vi har med denne oppgaven valgt å se å se på rederiene som er ledende innenfor dette, og hvordan de opplever å ha hybride fremdriftssystem i sine offshorefartøy.

1.2 Problemstilling

I denne oppgaven har vi tatt stilling til følgende problemstilling:

«Hvordan opplever rederiene å ha hybridsystem i sine offshore-fartøy?»

Undersøkelsen vil ved innsamling av informasjon og utføring av intervjuer trekke frem to hovedtema; bruken av batteriet og sikkerhet. De opplevelsene rederiene har hatt, vil bli trukket frem basert på disse to hovedtemaene. Ved bruken av batteriet menes hvordan skipet bruker batteriet til sin fordel til å for eksempel redusere drivstoff eller vedlikehold. Her har vi lyst til å undersøke om bruksmåtene oppfyller de ulike formålene med hybrid. I temaet sikkerhet vil det bli sett på sikkerhetsteori og hvordan sikkerheten er bygd opp rundt batteriet. Dette inkluderer risikostyring og potensielle farer. Oppgaven vil også skape et bilde hvordan hybridsystemet virker og hvilken funksjon den har i et offshore-fartøy. Hybridsystem i biler har hatt stor suksess, derfor ville det vært interessant å undersøke hvordan rederiene opplever å bruke denne teknologien i skip.

1.3 Avgrensninger

Oppgaven begrenser seg til rederier som befinner seg i Rogaland og Hordaland fylke. Det er lettere å holde seg til dette geografiske området enn å innhente data fra rederier over hele Norge. Dette gjør det også lettere å komme i kontakt med relevante intervjuobjekter. Oppgavens tema er dessuten relevant for området, siden flere av de lokale rederiene i regionen har hybride skip og har vært pionere innen dette.

Oppgaven er avgrenset til å omhandle fartøy som kun opererer i offshore-sektor og som er bygget for å drive med offshore-operasjoner. Dette inkluderer PSV-er, MPSV-er og

ankerhåndteringsfartøy. Disse typen skip anses som å ha mest nytte av et hybridssystem. Andre typer skip anses som mindre aktuelle for denne oppgaven ettersom hybridssystemer er lite implementert og/eller har mindre relevans for den typen skip. Siden det er relativt få nybygg med slike energilagringssystem vil det være naturlig at oppgaven blir avgrenset for å gjelde fartøy som har ettermontert hybridssystem.

Vi har valgt å rette fokuset mot det tekniske aspektet. Det tekniske vil si det som omhandler teknikken og hvordan operasjoner utføres i praksis. Teknikk er en praktisering av oppgaver som er basert på naturvitenskapelig kunnskap (SNL, 2018). Ved å studere det tekniske aspektet ved hybridsystemet vil vi få et innblikk i hvordan det påvirker sikkerheten, manøvreringsevnen, fremdriften, utstyret, vedlikehold, redundans og ulike systemer ombord. Vi har derfor valgt å forholde oss til to hovedtema; bruken av batteriet og sikkerheten. Bruken av batteri omhandler hvordan skipet bruker batteriet til sin fordel til blant annet å redusere drivstofforbruk og vedlikehold. Med sikkerheten vil vi se på risikostyring, og farer knyttet til det å ha batterier om bord.

Miljø- og økonomi aspektet har vi valgt å utelate i oppgaven. Vi vil utelukke det med miljøspørsmål fordi det kan fort bli for bredt og subjektivt. Det antas at miljø ikke styrer løsningene selv om det kan være en utløsende årsak til at man ser på nye løsninger. Når det gjelder det økonomiske aspektet kan økonomi være veldig varierende fra skip til skip, samt at opplysninger rundt økonomi ofte kan være sensitive. Selv om vi vil utelate miljø- og økonomi aspektet i undersøkelsen, er det fortsatt viktig å nevne at de tekniske løsningene kan føre til for eksempel mindre utslipp eller kostnadsbesparelse, uten at oppgaven går for dypt inn i på de to temaene.

1.4 Oppbygging av oppgaven

Vi har forholdt oss til IMRoD-modellen og dens utforming, på bakgrunn av at denne passer godt for vitenskapelige undersøkelser som baserer seg på kvalitativ metode (Rognsaa, 2016). Denne består av innledning, metode, resultat og drøfting. Første del av oppgaven består av to emner, systembeskrivelse og teori. I kapittel 2 (systembeskrivelse), forklarer vi grunnleggende om hvordan hybridsystemet virker, presenterer ulike løsninger og beskriver ulike bruksområder for

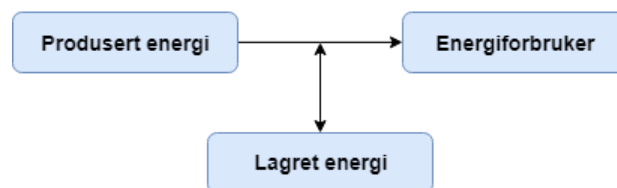
hybrid. Denne delen er laget for at leseren skal få en grunnleggende forståelse og innføring i temaet. I kapittel 3 (teori), går vi mer inn på de to hovedtemaene; bruken av batteriet og sikkerhet. Videre kommer vi til kapittel 4, hvor vi presenterer valg av metode og svakheter ved denne. Kapittel 5, 6 og 7 består av resultat, drøfting og konklusjon. Her vil vi presentere resultatene våre, drøfte dem opp mot teori og til slutt presentere funn og konklusjon. Teori, resultat og drøfting er alle satt opp tematisk og delt opp i undertemaer.

2 Systembeskrivelse

I dette kapittelet vil det bli sett på kjennetegnene til et hybridsystem og hvor/hvordan et slikt system blir brukt. Vi vil også se på hvordan offshore-fartøyene som har et hybrid fremdriftssystem opererer. Deretter vil det bli rettet fokus mot de ulike klassenotasjonene som finnes, ulike løsninger for systemet og til slutt bruken av litium-ion batteri.

2.1 Hva kjennetegner et hybridskip?

Hybrid er noe som forekommer ved sammensetning av flere element (SNL, Hybrid). Det er også dette som er hovedtrekkene i et hybrid fremdriftssystem, sammensetning av produsert og lagret energi (Figur 1). Figuren under forklarer hybridkonseptet enkelt og viser de viktigste hoveddelene.



Figur 1: Hybridkonseptet enkelt forklart. Egenprodusert.

Et fartøy som har et elektrisk-hybrid system kjennetegnes ved at det bruker batteri til energilagring i kombinasjon med en type fremdriftssystem, gjerne ofte diesel-elektrisk eller mekanisk fremdrift. Batteriene lades ved hjelp av dieselgeneratorer og hovedmotorer om bord

eller ved strømtilførsel fra land. Batteriene er i stand til å forsyne skipet med ytterligere effekt umiddelbart og dekke det energibehovet som kreves under ulike operasjoner. Dette vil føre til at generatorer og motorer kan gå på en jevnere belastning og ikke utsettes for store svingninger. I noen oppsett vil et fulladet batteri klare å drive fartøyet i en liten periode, og dermed gå fullelektrisk (DNV GL, 2015).

2.2 Bruksområder for hybrid

Bruksområdet for hybrid er bredt og kan anvendes på de fleste typer skip. Det kan kombineres med blant annet skip som går på «LNG dual-fuel», diesel eller biodrivstoff. Skip kan komme nybygd med et hybridsystem integrert eller det kan ettermonteres på eksisterende skip.

Mange skip kan ha nytte av et hybridsystem, men kan være mer relevant for skip som utfører energikrevende operasjoner og har svært varierende kraftbehov. Fortrinnene disse skipene får, er en hurtigere og tilstrekkelig kraftrespons, jevnere belastning på motorer, redusert forbruk og vedlikehold (DNV GL, 2015). Dette gjelder spesielt fartøy som opererer i offshore-sektoren og som driver med blant annet krevende DP-operasjoner og laste-/losseoperasjoner. Per dags dato er hybridsystemer attraktiv til bruk i offshore-fartøy og det blir stadig flere offshore-fartøy med hybridsystem.

Et hybridsystem har også andre bruksområder enn bare til fremdrift. Hybridsystemet kan integreres for anvendelse i kraner, pumper og kjøle- og varmesystemer om bord.

2.3 Operasjonene til et offshore-fartøy

For å få belyst hvor godt et hybridsystem egner seg innenfor offshoreflåten, må vi ta hensyn til de ulike type operasjoner et offshore-fartøy utfører til vanlig. Energien som kreves varierer basert på hvilke operasjoner skipet utfører i tillegg til vær- og strømforhold. De ulike operasjonene kan være følgende (Patel, 2012):

- Manøvrering inn og ut av havn
- DP-operasjoner
- Laste- og losseoperasjoner

- Standby/Ankring
- Transit, cruising fart
- Nødsituasjoner

Den tiden fartøyet bruker i hver av disse operasjonsmodusene varierer med skipstype og geografisk område skipet opererer i. I en studie fra MARINTEK (Lindstad mfl., 2016) oppgis det at en typisk PSV i Nordsjøen bruker 25% av tiden i havn (lastning, lossing og standby), 40% i transit og 35% ved plattformene (DP eller standby). Et hybridsystem kan være til nytte i alle operasjonsmodusene, men i varierende grad.

Hybridsystemet kan være spesielt anvendbart under DP-operasjoner. Per dags dato har stort sett alle offshore-fartøy et DP-system som krever spesielt mye energi avhengig av hvilken DP klassifisering den går under. Slike operasjoner kan være kabel- og kveilerørsoperasjoner, dykkeroperasjoner, laste- og losseoperasjoner, mudring eller brønnintervensjon. Hovedsakelig er dette operasjoner som krever at skipet skal holde nøyaktig posisjon uten å drive av, og dette krever mye energi til thrustere og azimuther. DP-systemet må få rask tilgang til strøm via generatorer eller eventuelt batterier. Det er her et hybridsystem kan komme inn i bilde og bidra med å tilføre DP-systemet nok effekt og optimaliserer energibehovet. Med tanke på tøffe vær- og strømforhold er det spesielt viktig at DP-systemet får tilført tilstrekkelig effekt raskt nok til at den kan holde seg i ønsket posisjon (Mjøhlhus, L., 2017).

Det er ikke bare i DP-operasjoner hybridsystemet har sine fordeler. Batteriene kan brukes når skipet ligger på tomgang eller ved mindre forflytninger, som for eksempel i havn. Man avlaster på denne måten motorer, som vil føre til mindre forbruk, utslipp og støy. De fleste offshore-fartøy har også kraner og annet tilleggsutstyr som kan utnytte strøm fra batteriene. Kranene har også muligheten for å lade batteriene ved å utnytte den potensielle energien ved nedsenkning, også kalt «regenerative braking». Dette går ut på at energien ved nedsenkning blir omgjort til elektrisitet som igjen kan brukes til å lade batterier (DNV GL, 2015).

2.4 Klassenotasjonene

Klasseselskapene har som oppgave å sette tekniske standarder for konstruksjon og prosedyrer i skip. DNV GL er det største klassifikasjonsselskapet i Norge og har utviklet klassenotasjoner for hybride fartøy. Notasjonen som omhandler batterier går under Del 6 Kapittel 2 i DNV GL sine regler for klassifikasjon av skip (DNV GL, 2018) og deles i to hoveddeler for skip som bruker batterier:

- **«Battery power» notasjon;** Påbudt på fartøy hvor batterikraft er brukt som fremdrift under normale operasjoner og på fartøy hvor batteriet blir brukt som en redundant kraftkilde.
- **«Battery safety» notasjon;** Påbudt på fartøy som har en batterikapasitet større enn 20 kWt og som ikke har «battery power» notasjonen.

«Battery power» notasjonen er som regel vanskeligere å oppfylle enn «battery safety» notasjonen siden det er strengere krav til sikkerheten. Klassifiseringen krever at batteriet skal ha nok kapasitet til å avbryte en operasjon på sikkert vis. DNV GL krever at en operasjon skal kunne avbrytes innen en viss tidsramme, såkalt «termination time», og derfor må den redundante kilden (batteriet) oppfylle dette kravet.

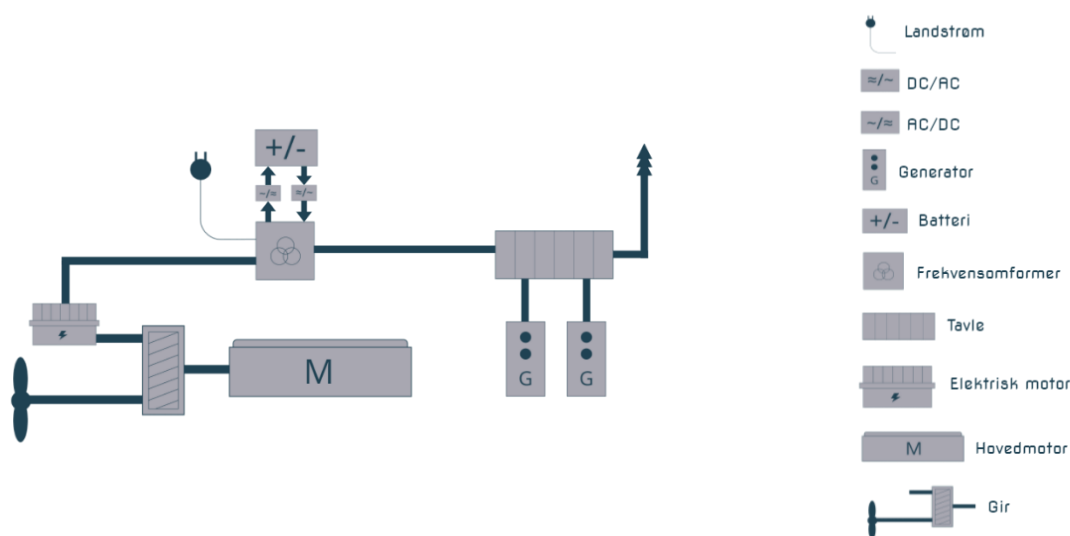
2.5 Ulike løsninger

I dette kapittelet vil det bli presentert mulige løsninger og oppkobling av systemer. Dette er på ingen måte en fasit på hvordan det ser ut og fungerer, men er for å styrke leserens forståelse av systemet.

2.5.1 Elektrisk/mekanisk oppsett med batteri, AC nett

Varianter er det mange av, men hovedkonseptet er det samme. Utforming og dens utseende vil avhenge av oppsettet og hvordan man vil at de ulike komponentene skal arbeide sammen. Om det er et nybygg eller ettermontering av energilagring vil også utgjøre en faktor på hvordan man kan løse utformingen. Siden det er relativt få nybygg med slike energilagringssystem har vi som sagt i kapittel 1.3, avgrenset oppgaven til å gjelde ettermonterte skip.

Ved denne løsningen presenter i figur 2, har man en mekanisk hovedmotor som går på diesel. Denne er koblet direkte opp mot propellen med en aksling som går via et gir som da kan drive den rent mekanisk. Påkoblet giret er det også en elektrisk motor, som får levert energi fra generatorsett og batteri. Den kan også fungere som en akselgenerator, ved at den bruker akslingens rotasjon til produksjon av elektrisitet. Denne elektromotoren kan drive propellen alene eller i kombinasjon med hovedmotoren, som er en av fordelene med en slik løsning. Man kan produsere fremdrift ved hjelp av en mekanisk kraft fra hovedmotoren, (PTO) og/eller elektrisk kraft fra generatorer (PTI) (Ingedrive, PTI/PTO Hybrid Electrical Drives).



Figur 2: Eksempel på et hybrid fremdriftssystem. Egenprodusert.

Ut i fra elektriske motoren kommer man så til en frekvensomformer. Denne er koblet opp mellom elmotoren og resten av strømmettet for å kunne variere spenning og frekvens levert til elmotoren. Man kan på denne måten styre dens turtall. Frekvensomformereren får tilført energi som er produsert av generatorene, eller fra batteri hvis man har noe lagret der. I dette tilfellet er batteriet tilkoblet opp mot frekvensomformereren, men siden batteriet jobber med DC-strøm er det nødvendig med en vekselretter mellom batteri og frekvensomformer.

Så har man tavlen og dens viktige oppgave, som er å fordele strøm, gjerne fra flere kraftkilder og ut til fartøyets andre strømforbrukere. Dette vil for eksempel være pumper, komponenter på bro

og kraner. Den styrer også samarbeidet mellom generatorer, batteri, elektromotor og dieselmotor når det kommer til kraftforbruk og leveranse.

Tavlen vil blant annet få strøm produsert fra generatorer. Denne strømmen kan gå til elektromotor, hotellforbruk eller som overskuddsenergi til batterier. Der blir energien lagret og vil være til rådighet i senere tid. Man kan kjøre alle, ingen eller én generator, men det vil være avhengig av hvor mye energi hovedmotoren klarer å produsere, om det er nok til alle av fartøyets forbrukere.

Ved lengre tid til kai har man også mulighet for landstrøm, som er blitt ganske så vanlig for dagens fartøy.

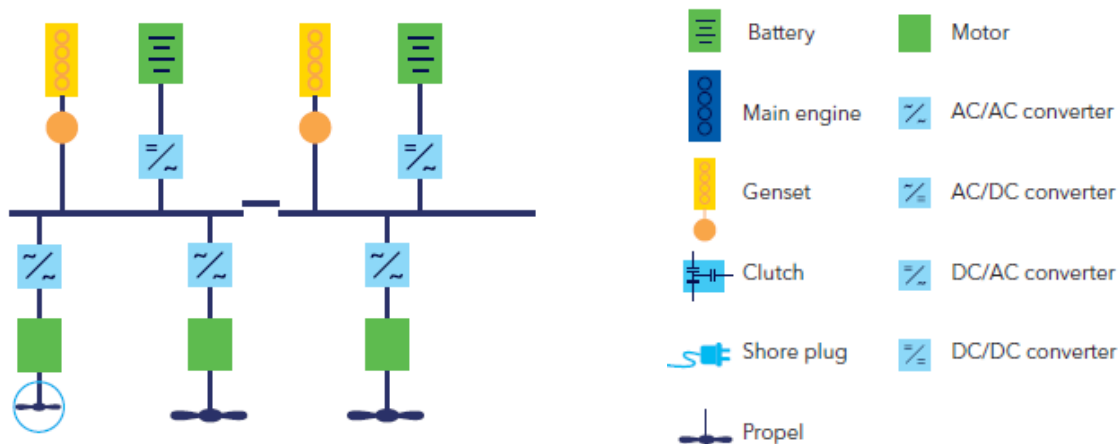
Basert på ulike kombinasjoner av elektrisk og mekanisk kraft, kan man kjøre ulike moder med generatorer, elmotoren og hovedmotoren. Dette kalles henholdsvis PTI og PTO.

- PTI boost mode brukes ved full maskinkraft. Da kjører man alle generatorer i tillegg til hovedmotoren. Generatorer produserer strøm til elmotoren og fartøyets andre kraftbehov.
- PTI dieselektrisk, er når man kjører kun generatorer og elmotor. Hovedmotoren er da koblet ut. Dette er en ganske vanlig mode i dagens offshorefartøy hvor generatorer produserer elektrisitet til en elektromotor som driver propellen.
- PTI helelektrisk, blir brukt når man har nok strøm til rådighet på batteriene. Da er generatorer og hovedmotoren koblet ut. Batteriene leverer da strøm til elmotoren og til fartøyets andre strømbehov.
- PTO transit, er når hovedmotoren produserer kraft til både propell og fartøyets andre behov. Da trenger man ikke generatorer og de er da ikke koblet inn. Elmotoren fungerer da som en akselgenerator, og produserer strøm til fartøyets forbruk.
- PTO parallell mode blir brukt når fartøyets kraftbehov er større enn det generatorene kan produsere på egenhånd. Hovedmotoren produserer kraft akslingen som driver både propellen og akselgeneratoren. Denne produserer strøm til fartøyet, og generatorer dekker det resterende behov. (Ingedrive, PTI/PTO Hybrid Electrical Drives)

2.5.2 Diesel-elektrisk hybrid system, med AC-nett

Et diesel-elektrisk system består i hovedsak av flere genset som produserer strøm til en elektromotor som driver propellen. En slik løsning er veldig vanlig i dagens offshore-fartøy, og er et fremdriftssystem som har vært utbredt i mange år. Tall presentert av Skipsrevyen viser at allerede i 2003, så hadde 24% av offshore-nybygg et diesel-elektrisk fremdriftssystem (Skipsrevyen, 2011). Det positive med et slikt system er at det er enkel oppgave å sette inn batterier i ettertid, slik man da kan kalle det et hybrid fremdriftssystem. Derfor vil det være veldig relevant å presentere et slikt system.

Hovedforskjellen mellom denne og forrige løsning er at man ikke har mulighet til å gå rent mekanisk med en hovedmotor. Dette er fordi man først og fremst ikke har en slik hovedmotor, men genset som produserer strøm til en elektromotor som driver propellen.



Figur 3: Diesel-elektrisk løsning med batterier + symbolforklaring. (DNV GL, 2015, s 12-13).

Vi begynner med generatorsettet som består en forbrenningsmotor og generator. Her blir det produsert strøm til en elektrisk motor. Siden denne løsningen er presentert med et vekselstrømsanlegg (AC), så må dieselgeneratoren gå med fast turtall og leverer da en fast frekvens. Man må da ha en frekvensomformer som da kan styre frekvensen inn i elmotoren og da varierer dens moment og kraft.

Generatorsettene produserer strøm til hele skipets forbruk, og lagrer overskuddet i batterier. Man må her ha en omformer på grunn av at batterier arbeider med likestrøm (DC), og strømmettet er av vekselstrøm (AC). Ved hjelp av batteriene kan man tilføre energi raskt og holde liv i fartøyet hvis alt annet skulle svikte. Hvor lenge man kan drive fartøyet kun på batterier vil avhenge av SOC.

2.5.3 Diesel-elektrisk hybrid system, med DC-nett

I løpet av de siste årene har utbedret forskning åpnet for bruk av DC-nett i diesel-elektriske system. «Foruten en enklere og mer plassbesparende installasjon gir likestrømssystemet mulighet til å variere frekvensen ut av generatoren, slik at turtallet til motoren til enhver tid kan tilpasses kraftbehovet til fartøyet» (ABB, 2015).

I likhet med løsningen over vil introdusering av batteri føre til ytterligere energieffektivisering. Innsetting av batteri vil heller ikke være omfattende på grunn av at både batteri og strømmettet er likestrømsbasert. En slipper da endringen mellom likestrøm og vekselstrøm, men en DC/DC omformer vil kanskje være nødvendig for å kontrollere ladespenningen.

Man må uansett ha både likerettere og vekselrettere på grunn av at generatorsettene produserer vekselstrøm, og elektriske motorer forbruker vekselstrøm. Derfor vil det være likeretter ut fra generator og inn i strømmettet, og vekselrettere fra strømmettet og inn til elmotorer. Slike omformere er helt vanlig, men kan være viktig å bemerke seg at det medfører visse tap. Ca. 2% for hver omformer, i henhold til DNV GL.

2.6 Litium-ion batteri

Det er bruken av batteri som kjennetegner et hybrid system. Grunnet teknologisk utvikling så har litium-ion batteriet blitt stadig bedre. Så bra at de kan brukes i den maritime næringen og for drift av skip. Fordelene med litium-ion batteriene er at de har større kapasitet og ledeevne enn konvensjonelle batterier. Av alle oppladbare batterier, har litium-ion batteriene den største energitettheten (energi per volumenhet). Det vil si at man får mye energi inn i et lite område.

Litium-ion batterier blir ofte satt opp i såkalte skuffemoduler, som vist på Bilde 2. Ved slike oppsett har man gode muligheter til kjøling mellom skuffene, god overvåking for hver skuffe, og det vil være enkelt ved bytting. Man tar bare ut en ødelagt skuffe og setter inn en ny en.

Selv om disse litium-ion batteriene har opp mot 100% effektivitet i motsetning til forbrenningsmotoren som har 35-40%, genereres det fortsatt varme. Det er viktig at batteriene opererer under gunstig temperatur for at de skal fungere optimalt og holde lengst mulig. Hvis temperaturen er for lav, vil effekt-tettheten bli redusert som leder til at kapasiteten går ned. Når temperaturen blir for høy, vil elektrolytten i batteriet bli ødelagt. Den optimale temperaturen for batteriene er mellom 20 og 30°C. Derfor så trengs det kjølesystemer i form av luft- eller væskekjøling, for å holde temperaturen nede (DNV GL, 2015).



Bilde 2: Corvus sin løsning på skuffemodul.

Levetiden til batteriene vil avhenge av bruken. Hvis batteriene ofte tappes helt ned og fylles helt opp, i motsetning til små variasjoner i SOC, vil denne levetiden gå ned. For bruken av batterier i fartøy har man satt et krav til levetid på 10 år, hvor de da er dimensjonert til å unngå store svingninger i SOC. Har man en mer begrenset svingning vil levetiden øke, men da kreves det et større batteri til å utføre de samme kraftleveransene, som igjen vil føre til økt kostnad (DNV GL, 2016).

C-raten er en viktig karakteristikk ved batteriet siden det forteller hvor hurtig et batteri lades opp og lades ut. C-raten måles relativt til én time, som betyr at et batteri med 1C vil kunne lades ut på én time (MIT, 2008).

Da disse batteriene kan være ustabile, kreves det overvåking for at bruken skal være sikker. Man har da et overvåkingssystem som kalles «Battery Management System» (BMS). Dette systemet skal monitorere tilførsel og bruk av elektrisitet, batteri temperatur, kjøling og celle balansering (DNV GL, 2012).

3 Teori

Vi skal i denne delen av oppgaven se på teorigrunnet som i all hovedsak består av tekster fra DNV GL. Videre vil vi rette fokus mot de ulike måtene man kan bruke batteri på og deretter se hvilke nye risikomomenter som oppstår ved bruken av batteri og barrierer mot disse. Det vil også bli sett på risikostyringsarbeidet til rederiene.

3.1 Teorigrunnlag

Det finnes en del forskning rundt hybride systemer og bruk av batterier som energikilde, dette har også lagt et godt teorigrunnlag for forskning av hybridisering innenfor skipsfarten. Det er helt klart at store deler av forskningen innenfor hybride skip baserer seg på forskning og utvikling av ny batteriteknologi. Det er fortsatt en del forskning rundt hybridisering av skip og hvordan hybridsystemet fungerer, men det er derimot relativt lite forskning om hybridisering i offshore-fartøy. Siden hybridisering innenfor skipsfarten fortsatt er en ny og økende trend, kan forskningen være relativt fersk og vi ser stadig endringer og nye utgivelser.

3.1.1 DNV GL

DNV GL er et klassifikasjonsselskap som er en sammenslåing mellom Det Norske Veritas (DNV) og Germanischer Lloyd (GL). DNV GL utfører analyser, lager retningslinjer og tilbyr opplæring på maritime batterisystemer. De driver blant annet med forskning på innovative løsninger og har utviklet rapporter som er relevante for vårt prosjekt. DNV GL har stiftet «Green Coastal Shipping Program», der målet er å gjøre shippingen langs kysten så miljøvennlig og effektiv som mulig. Det er verdt å nevne at de fleste fartøyene som går på LNG eller batterier er klassifisert av DNV GL og dette inkluderer flere offshore-fartøy på norsk sektor.

«In Focus - The Future is Hybrid» er en publikasjon som er laget i et samarbeid mellom DNV GL og ZEM. ZEM har over 15 år erfaring innen litium-ion batterier og har levert batterier til flere offshore-fartøy her i Norge. Publikasjonen beskriver mange aspekter ved hybridisering i skipsfarten. Her har de blant annet utdypet hvor langt batteri-teknologien har kommet, hvor den er på vei og hvordan batteriene kan utnyttes i skipsfarten.

DNV GL har i samarbeid med ZEM og Grenland Energy utviklet en omfattende håndbok om batterisystemer kalt «Handbook for Maritime and Offshore Battery Systems». Håndboken beskriver operasjon, design, sikkerhet, vedlikehold, installasjon og andre viktige aspekter ved bruk av store litium-ion batterier i skip.

DNV GL sine publikasjoner ser ut til være dominerende i utvalget av publikasjoner som er tilgjengelig. Det finnes ikke mange andre forskningsbaserte publikasjoner om hybridsystemer som er laget i Norge. Derfor er DNV GL en relevant medvirker i forskningen som foregår her i Norge og vi har valgt å bruke en god del litteratur herfra.

3.2 Bruken av batteri

«Electric and hybrid vessels with energy storage in batteries and optimized power control can provide significant reductions in fuel consumption, maintenance and emissions. Such solutions also enable improved ship responsiveness and thereby improved operational regularity and performance, as well as safety in critical situations» (DNV GL, 2015, s. 38).

Det finnes flere ulike måter å bruke batterisystemet om bord i et fartøy. Hvordan hybridsystemet er satt opp, varierer veldig fra skip til skip. Dermed varierer også strategiene ethvert skip bruker. Rederiene må da se på hvordan de vil bruke batteri og hvilke intensjoner de har rundt dette. Nedenfor er det presentert ulike måter og strategier for å benytte seg av batteribanken når det kommer til de ulike formålene med et hybridsystem: drivstoffbesparelse, økt redundans, redusert vedlikehold og ytelse i form av bedre respons.

3.2.1 «Peak Shaving»

Under alle operasjonene til et fartøy vil det oppstå en såkalt «peak shaving», som betyr at batteriet balanserer kortvarige variasjoner i effektforbruket til maskinene og jevner det ut. Batteriet utfører en serie av korte lade- og utladningssykluser for å jevne ut effektforbruket under høyt kraftbehov. Dette betyr at batteriet lades ut når energibehovet er høyere enn den optimale belastningen og lades opp igjen når energibehovet er mindre enn den optimale belastningen til

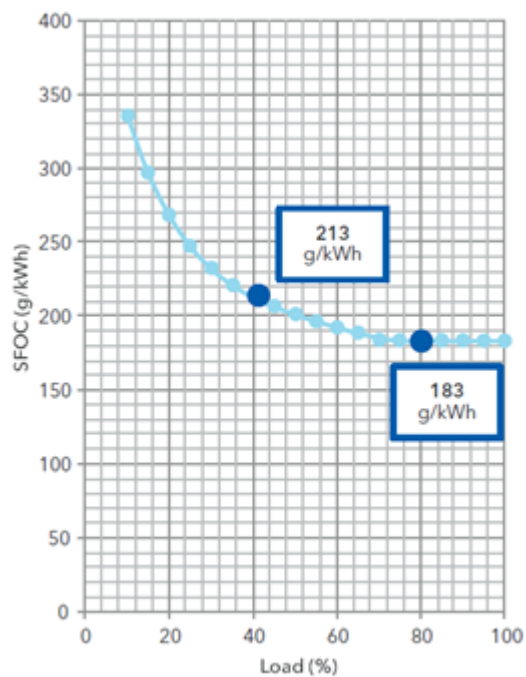
motoren. Som et resultat av denne «peak shavingen» vil motoren kunne kjøre på konstant belastning, få bedre ytelse og det vil bli redusert drivstofforbruk. «Peak shaving» prinsippet er også med på å redusere vedlikehold på maskineriet (Geertsma, R.D. mfl., 2017).

3.2.2 On/off mode (Start stop philosophy)

Denne «start/stop-filosofien» handler om at man kan kontinuerlig slå av og på motoren når man kjører på lav belastning, spesielt praktisk ved lav hastighet eller på tomgang/i havn. Prinsippet går ut på at man bruker motoren til å lade batteriet helt opp for å dermed slå av motoren og la batteriet ta over skipets energibehov. Prosessen gjentar seg når batteriet er utladet eller har nådd en viss ladestatus, og motoren starter dermed opp igjen. Tiden skipet vil gå på batteri er avhengig av energibehovet, men er ofte mellom 10 og 30 minutter. Ved å ta i bruk en slik strategi sparer man drivstoff og man reduserer slitasje på generatorene (Mjølhus, L., 2017).

3.2.3 Minske antall «running engines»

Avhengig av hvilken type operasjon fartøyet utfører, kan det være nødvendig å starte ekstra generatorer. Her kan batteriet komme inn å ta hånd om det ekstra energibehovet og dermed minske behovet for å starte opp ekstra generatorer. Uten batteri vil man gjerne kjøre flere generatorer på lav belastning som fører til ufullstendig forbrenning og siden generatorene typisk er optimalisert for å kjøre på høy belastning, vil man bruke mer drivstoff. Ved å kjøre for eksempel en generator på høy belastning sammen med et batteri i stedet for to generatorer med lav belastning uten batteri, vil man få et lavere spesifikt brennstofforbruk. Dermed bidrar dette til bedre energieffektivisering.



Figur 4: SFOC kurve. Her ser man at forbruket avtar ved høyere belastning. Dette er data for en fire-takts dieselmotor (DNV-GL, 2015, s 16.)

Hvis man ser på figur 4, og sier at to generatorer på 1000 kW går med 40% last. Dette tilsvarer 400 kW levert fra hver generator og man får en total kraft på 800 kW. Begge generatorer bruker 213 gram per kWt, som gir et totalt forbruk på 426 g/kWt. At generatorene går på lav last er ikke gunstig og en vil da få et høyere forbruk. Man kan da heller kjøre én generator på 80% last, og få levert 800 kW med et forbruk på 183 g/kWt. Dette tilsvarer besparelse på ca. 14% i forbruk (DNV GL, 2015). Tallene her vil være for en 4 takts dieselmotor, men er med for å lette forklaringen av gunstig belastning av generatorer. Gunstig last og forbruk er presentert i en SFOC-kurve og man kan lett se at drivstofforbruket er høyere ved mindre belastning. Dette fører til mindre vedlikehold og man vil ha en større drivstoffbesparelse fordi man får lov til å gå på mindre generatorer (DNV GL, 2015).

3.2.4 Batteri som redundans (spinning reserve)

I mange typer fartøy er det behov for et energisystem med høy redundans og dette er spesielt typisk i offshore fartøy som utfører krevende DP-operasjoner. For ekstra redundans, kjører man ofte flere generatorer på lav belastning slik at det alltid er generatorer som er klar til å ta over hvis systemet svikter. Batterier kan erstatte disse generatorene og fungere som en ekstra sikkerhetsbarriere hvis et system skulle svikte. Det gjør også at de resterende generatorene kan kjøre på optimal belastning og man vil få bedre energieffektivisering. Et batteri har muligheten til å levere energi umiddelbart der det er behov for det (Mjøllhus, L., 2017).

Klasseselskapene krever at skip med «battery power» notasjon skal fastsette en såkalt «termination time» som vil si den tiden det tar å avbryte en operasjon. Derfor er det krav om at batteriet skal ha nok kapasitet til å drive fartøyet innen denne tidsrammen (DNV GL, 2018).

3.2.6 Oppsummering: Bruksmåter vs. Formål

I Tabell 1 under, er formålene ved hver bruksmåte listet opp. I teorien skal de ulike bruksmåtene bidra til å oppfylle formålene som er indikert i tabellen. Alle disse måtene å bruke batteriet på, går enten ut på å erstatte kraft produsert av generatorene eller tillate generatorene å kjøre optimalt. Som et resultat får vi drivstoffbesparelse, økt sikkerhet/pålitelighet, redusert vedlikehold og økt ytelse.

	DRIVSTOFF- BESPARELSE	ØKT SIKKERHET/ PÅLITELIGHET	REDUSERT VEDLIKEHOLD	ØKT YTELSE
PEAK SHAVING	✘		✘	✘
ON/OFF	✘		✘	
MINSKE ANTALL «RUNNING ENGINES»	✘		✘	
BATTERI SOM REDUNDANS		✘		

Tabell 1: Egenprodusert tabell som viser formålet ved de ulike bruksmåtene.

3.3 Sikkerhet

Sikkerhet kan defineres som en tilstand; fravær av uønskede hendelser eller frihet fra fare og frykt. Denne tilstanden er i imidlertid ikke statisk men påvirkes av endringer i faktorer som trussel og farer, sårbarhet og verdi (SNL, 2015). For at arbeidet og driften om bord skal anses som sikker er det viktig å identifisere mulige uønskede hendelser, slik at man da kan skape barrierer som stopper en farlig utvikling av en uønsket situasjon.

Dette arbeidet for å hindre en farlig utvikling, kalles gjerne risikostyring. Risikostyring dreier seg om å forebygge og håndtere uønskede hendelser. Risikostyring kan sees som en mer avgrenset del av sikkerhetsledelse, der en fokuserer på konkrete teknikker for å eliminere risiko (Borch, O.J. 2016). Men hva er risiko? Risiko kan anses som; sannsynlighet for at en hendelse inntreffer multiplisert med konsekvens. For å minske risikoen er det viktig å sette opp barrierer i flere ledd, og ikke bare i ett. Desto tidligere vi klarer å stoppe en utvikling av en uønsket hendelse, desto bedre. Dette går på delen med sannsynlighet. Når det kommer til konsekvens, handler det om vår evne til å oppdage og handle, slik at hendelsen ikke får utviklet seg (Borch, O.J. 2016).

Uansett så vil risikostyringsarbeidet dreie seg om flere elementer, som har særlig betydning når fartøyet får omfattende endringer om bord, mannskapet er uerfaren med fartøyet eller fartøyet er nytt for rederiledelsen. Dette er emner som vil være relevante ved for eksempel en overgang til elektrisk hybride fartøy. I så fall «dreier det seg om å ha en inngående innsikt i fartøyets ulike enheter, hvordan disse henger sammen og bidrar til en løpende drift. Det vil dreie seg om hvordan det tekniske utstyret fungerer og ikke minst samspillet mellom teknologien og mannskapet som skal bruke utstyret som finnes. Det dreier seg imidlertid også i høyeste grad om samspillet mellom mannskapet om bord og avhengighetsforholdene til de ansvarlige i rederiledelsen, til leverandørene og kunder, og til myndighetene» (Borch, O J. 2016).

I Risikostyringsarbeidet har vi en fase som kalles «risikoanalyse», hvor det også er en underkategori som går ut på identifikasjon av risiko. I denne fasen vil vi finne noe som heter «feiltypeanalyse», og vil være til hjelp for å gå i dybden til problemene som kan oppstå. Innenfor denne type analyse har vi 2 hovedtyper; FMEA og FMECA. Begge typene inneholder feilmodus og effektanalyse, men FMECA inkluderer kritikalitetsanalyse for å avgjøre hvor kritisk svikten vil være for systemet som helhet. I en FMECA-prosess finner vi en underkategori som kalles objektorientering. Denne er viktig for å forstå helheten og hvordan en enhet slår ut på de andre delene i skipet. Orienteringen gjennomføres ved at man:

- Ser på alle enheter i et system
- Identifiserer alle måter hver enkelt enhet kan svikte på
- Klargjør effekter for systemet som helhet
- Klargjør sannsynlighet for at feilen vil inntreffe
- Får analysert hvor alvorlig feilen er.

Dette er nødvendigvis ikke enkelt og kan kreve mye fagkunnskap. Det er derfor svært viktig at kaptein, maskinsjef og leverandører av utstyr har en god dialog spesielt når en tar over nybygg eller installert funksjonskritisk utstyr (Borch, O.J. 2016). En slik FMECA analyse vil være utført i konstruksjonsfasen, og vil bli best utført av dem som har konstruert systemet.

Risikostyringsarbeidet dreier seg, som nevnt over, om samspillet mellom teknologien og mannskapet som skal bruke utstyret. Det som da vil være en svakhet med en FMEA/FMECA analyse er at metoden i hovedsak konsentrerer seg om rent tekniske feil, og analytikerens har da en

tendens til å glemme menneskene og prosedyrene (Pettersen, 2016). Samspillet er glemt, og det blir kun fokusert på det tekniske, som vil være ugunstig hvis man skal se på feil som påvirkes av menneskelig faktor.

Innenfor DNV GLs «battery safety» notasjon blir det også presentert hva de kan tilby av hjelp innenfor bruk av batteri. Noe av det de kan hjelpe med er blant annet en slik FMECA-analyse og en del annet som er relevant for sikkerheten. Dette vil være gass/brann/eksplosjon analyser, analyse av tilegnet batterirom eller retrofit og opplæring innenfor maritime batterisystem.

Sitert fra Skipssikkerhetsloven §11; «Et skip skal drives og vedlikeholdes på en slik måte at det ut fra skipets formål og det fartsområdet det er bestemt for, gir betryggende sikkerhet for liv og helse, miljø og materielle verdier.» Med §11 i fokus har det blitt valgt å fokusere på hvilke faremomenter batterier utgjør med tanke på den dagligdagse driften og hvordan batterier eventuelt kan styrke sikkerheten om bord. Dette temaet vil bli videre utforsket ved hjelp av den kvalitative undersøkelsen, som vil bli utdypet i den metodiske oppgaven.

3.3.1 Sikkerhet knyttet rundt Litium-ion batteri.

Denne delen tar for seg sikkerhetsaspektet rundt litium-ion batterier og gir en oversikt over potensielle farer som kan oppstå ved bruk av batteriene. Ved bruk av store batteripakker kan konsekvensene bli ganske stor hvis systemet svikter siden det er snakk om store mengder energi. I beste fall vil en systemfeil bare føre til at batteriet ikke kan brukes eller at kapasiteten blir redusert. Det er også mulig at en feil i batteriet kan føre til mer alvorlige følger. I DNV GL sin rapport «DNV GL Handbook for Maritime and Offshore Battery Systems», nevnes det fire potensielle hoved-konsekvenser for feil i batteriet:

- **Utvikling av farlige gasser** - Intern feil i batteriet kan føre til utviklingen av giftige, brennbare og eksplosive gasser som følge av nedbrytning i elektrolytten. Her er gassdeteksjon og ventilasjon sett på som forebyggende tiltak.
- **Termisk rømling («thermal runaway»)** - Høye temperaturer kan føre til en prosess i cellene som igjen øker temperaturen ytterligere kalt termisk rømling. Prosessen vil

eventuelt føre til selvantennning ved temperaturer på omtrent 440°C - 465°C og kan skape en kjedereaksjon som sprer seg raskt til nærliggende batterier.

- **Eksplosjonsfare** - Faren for eksplosjon har mye med utvikling av gasser å gjøre og er avhengig av om gassen får utviklet seg nok til å gå over LEL (Lower Explosion Limit) for å dermed antennes ved selvantennning eller gnister fra batteriet.
- **Brannfare** - Brannfare er sterkt knyttet til de tre andre konsekvensene og er som regel et resultat av disse. Her er det spesielt termisk rømling som gir stor sannsynlighet for å utvikle brann. Det er viktig å nevne at brann kan også komme fra eksterne kilder utenfor batterirommet. Derfor er det viktig med gode brannvarsling- og brannslukningssystem.

Det er lett å se at batterier kan være en større fare for sikkerheten enn konvensjonelle fremdriftssystemer. Derfor må fartøyene utstyres med flere barrierer enn før. Dette inkluderer blant annet en sterkere struktur i rommene for å unngå vanninntrenging, utbygging av brannvegger, bedre ventilasjonssystemer, slokkesystemer og alarmsystemer (DNV GL, 2016).

Når vi snakker om sikkerhet, er det viktig med et system som overvåker batterisystemet. «Battery Management System» (BMS) spiller derfor en viktig rolle med tanke på sikkerheten rundt batteriene om bord og skal først og fremst kunne monitorer cellene ved hjelp av temperatursensorer og voltmeter. Et slikt system er essensielt for å detektere høye temperaturer og ubalanse i spenningen mellom cellene. Ved slik detektering er det viktig at systemet kan fjerne varme fra cellene og balansere spenningen fortest mulig. Derfor kreves det at BMS-systemet er godt utviklet og kalibrert opp mot systemet (DNV GL, 2016).

Hvis det mot enhver formodning skulle oppstå brann, må man ha et slokkesystem som virker mot brann i batterisystemer. Litium-ion batteriene vil ved brann, danne ulike typer gasser som produserer nok oksygen til å opprettholde flammene. Derfor vil det være nødvendig å ha et slokkesystem som både kjøler batteriene og kveler flammene. Vanlig vann vil som regel kun ha en kjølede effekt på brannen, og ikke kvelende. Det vil også være nødvendig med tilfredsstillende brannvegger både med tanke på intern brann i batteriet og brann fra eksterne kilder som kan være til fare for batteriene (DNV GL, 2015).

4 Metode

I dette kapittelet vil det bli presentert hvilke metoder som ble brukt ved innsamling av data. For å besvare oppgavens problemstilling; «*Hvordan opplever rederiene å ha hybridssystem i sine offshore-fartøy?*», har det blitt valgt kvalitative undersøkelser i form av individuelle intervju ansikt til ansikt. En slik undersøkelse er blitt valgt for å komme tettere på respondenten og få et innblikk i hvordan rederiene opplever bruken av et slikt fremdriftssystem. Det vil være viktig å nevne at det var vanskelig å få tak i et stort utvalgt av respondenter, dette med tanke på at det er få offshore fartøy om har hybridssystem. Resultatet vil gjerne være preget av dette, men vil ikke påvirke rederienes tanker og resultatet i den forstand.

For å få innhente troverdig data har det blitt valgt å intervju ansatte fra flere felt, de fra rederikontoret og de som er i direkte kontakt med det hybride fremdriftssystemet.

4.1 Den kvalitative undersøkelsen

En kvalitativ studie er som regel intensiv (få enheter) der data samles inn som ord og ikke i form av tall (Jacobsen, 2015).

For å få et dypere innblikk i hva rederiene tenker om denne overgangen og hvordan de opplever den, ble det valgt å ta i bruk kvalitativ metode. Som nevnt innledningsvis i kapittelet, ble det valgt kvalitativ undersøkelse fordi vi ville komme tett på respondenten og hvordan de opplever overgangen. Den kvalitative undersøkelsen i teksten er basert på en tilnæringsmetode, det individuelle, åpne intervjuet. Det er laget to forskjellige oppsett for intervjuene, en for teknisk ansvarlige på rederikontoret og forbruker på fartøyene.

4.2 Utvalg av respondenter

Respondentene bestod i all hovedsak av personer fra rederi som hadde fartøy med hybride fremdriftssystem. Det ble gjennomført totalt tre intervjuer av da, to representanter fra rederikontor og en fra et fartøy. De tre intervjuene bestod da av individuelle intervju. Det ble opparbeidet kontakt med rederiene via Maritime CleanTech, og videre ut til personene som er i

direkte kontakt med systemet ved hjelp av de representerte rederiene. Ettersom det var få rederier som hadde skip med hybridsystem, har vi hatt et relativt lite utvalg av respondenter.

Det var også tenkt et intervju med en maskinsjef fra rederi 2, men som ikke lot seg gjennomføre på grunn av oppgavens innleveringsfrist.

4.3 Det individuelle, åpne intervjuet

Denne datainnsamlingsmetoden er kjennetegnet ved at undersøker og undersøkt - heretter kalt respondent eller informant - prater sammen som i en vanlig dialog (Jacobsen, 2015). Dataene som man da innhenter er da i form av egne ord, setninger og fortellinger. En slik undersøkelse er gunstig når få skal undersøkes, når vi er interessert i hvordan den enkelte fortolker og legger meningen i et spesielt fenomen. I dette tilfellet, rederiets opplevelser med et hybrid fremdriftssystem. Denne type intervju kan bli utført på forskjellige måter, og det er blitt vanlig å skille mellom fire måter å gjennomføre individuelle intervjuer på: ansikt-til-ansikt, telefon, chat og e-post (Jacobsen, 2015).

Disse fire formene for individuelle intervju har sine sterke og svake sider som er viktig å bemerke seg. Det er derfor viktig å foreta en metodisk refleksjon over intervjutypen vi har benyttet, i dette tilfellet ansikt-til-ansikt.

Intervjuformen ansikt-til-ansikt er god til å etablere åpenhet og tillit. En får som regel mindre distraksjoner, som fører til bedre flyt i samtalen. Man får en god kontroll over selve situasjonen på grunn av at en har mulighet til å observere. Noen svakheter kan være at man har nødt til å være til stede under intervjuet, som kan være utfordrende økonomisk for mange. På grunn av avstander og geografisk plassering kan det være vanskelig å få tak i de rette personene. Enkelte er ikke gjerne like komfortabel i en slik situasjon og det er også tilrettelagt for en mulig intervju effekt (Jacobsen, 2015).

4.3.1 Forberedelser

For å gjennomføre gode intervjuer er det viktig å være godt forberedt (Jacobsen, 2015). I nautikkstudiet er ikke hybride fremdriftssystemer like vektlagt som for eksempel navigasjon, det var da viktig for oss å lese oss opp på emnet før vi gjennomførte intervjuene. Dette ble gjort med tanke på at vi ønsket å føre en samtale rundt emnet, for å lære samt undersøke. Egen forståelse av et hybrid fremdriftssystem er da viktig for at dette skulle være gjennomførbart.

Videre ble det bestemt at det var få enheter som skulle undersøkes på grunn av tilgjengeligheten av respondentene og med tanke på at vi ønsket å utføre individuelle intervju. Det ble så utviklet en intervjuguide til de som har den tekniske kunnskapen rundt systemet (Vedlegg nr. 2) og en til de som er i direkte kontakt med det (Vedlegg nr. 3). «Dette gjøres for å sikre at vi kommer inn på de viktige temaene vi ønsker å belyse» (Jacobsen, 2015). Ved intervjuer og utgivelse av informasjon er det viktig med anonymitet og tillit. For at det formelle skulle være på plass utarbeidet vi et samtykkeskjema (Vedlegg nr. 1) til respondenten, hvor vi sikret for anonymitet og hvordan vi hadde tenkt å bruke informasjonen som han gav oss. Dette måtte signeres før selve intervjuet startet. Når det gjaldt intervjuguiden så utarbeidet vi temaer som vi ville drøfte i vår oppgave, og knyttet dette opp mot den tilgjengelige litteraturen. Ved å ha et slikt skille mellom de ulike temaene, kunne dette gjøre det lettere for oss ved analysering og drøfting av data i ettertid. Selve intervjuguiden ble endret et par ganger på bakgrunn at vi så oss nødt til å endre problemstillingen, men vi vil si at dette resulterte i en bedre guide.

4.3.2 Gjennomføring

Intervjuene foregikk på de representative rederienes kontor, som var et naturlig sted. Ved gjennomføring av intervjuene var vi tre personer til stede, slik at vi kunne føre opp ulike aspekter av det som ble sagt. Det var i hovedsak en intervjuer, en observatør og en som tok notater. Selv om vi hadde en som førte samtalen så hadde alle mulighet til å gripe inn hvis det var noe som var uklart underveis. Vi hadde som sagt en intervjuguide som vi ville forholde oss til, og hadde egentlig faste spørsmål innenfor de ulike temaene. Det viste seg etterhvert at vi ikke fulgte dette slavisk, men at det heller ble ført en samtale rundt emnene. Vi tok opptak av intervjuene, slik det kunne være til hjelp for oss ved presentering og drøfting av resultatet. For å opprettholde

anonymitet av intervjuobjekter ble lydopptak slettet etter gjennomført transkribering, deretter ble transkribering slettet ved innlevering av oppgave.

Ved endt ansikt-til-ansikt intervju fikk vi også kontaktinformasjon til andre mulige intervjuobjekter, som vi også tok i bruk.

4.5 Analysering av innsamlet data

For å besvare problemstillingen er det viktig å fokusere på innholdet i de dataene som er samlet inn, en tematisk analyse vil gjøre dette (Braun & Clarke, 2006). Med tanke på at utvalget av respondenter ikke var i det største laget var det viktig at intervjuene som ble gjennomført skulle gi mest mulig informasjon. Med det valgte vi å presentere innholdet av kvalitative data i temaer. Det ble gjort på en måte som gjorde at vi analyserte hva som ble sagt, ikke hvordan det ble sagt. Ved hjelp transkriberingene kunne vi lage oppsett på hva som ble sagt angående de ulike temaene. Temaene er listet i kapittel 5.

5 Resultat

I dette kapittelet vil vi presentere data som ble innhentet ved hjelp av intervju. Innsamlet data vil være inndelt i to grupper og er presentert som:

- Rederi 1
- Rederi 2

Før presentering av resultat kan det være nødvendig å bemerke seg at dette er rederi som har ulik klassenotasjon. Alle hybridskipene i rederi 1 har «Battery Power Notation» mens alle hybridskipene i rederi 2 har «Battery Safety Notation». Rederi 2 som har «battery safety» notasjonen kan derfor ikke erstatte en generator med batteri og bruke den som en uavhengig energikilde. Dette fører til at man får forskjellige svar og meninger, og er viktig å vite når man skal se på hvordan de opplever det å ha hybride system i deres fartøy. Det er også viktig å nevne at hvert rederi har flere hybridskip med batteri.

For å forenkle koblingen av resultater med teori, vil funnene vil bli presentert i samme rekkefølge som temaene er i kapittel 3.

5.1 Tema 1: Bruk av batteri

Som nevnt i teorikapittelet så vil et hybridsystem som tar i bruk batterier, ha potensialet til å redusere drivstofforbruk og utslipp fra skip, samt øke påliteligheten og redusere vedlikehold på maskinene og bidra til bedre manøvreringsevne. Hvordan de velger å bruke selve batteriet vil avhenge av oppsettet og er opp til hvert enkelt rederi å bestemme. Nedenfor har vi beskrevet hvordan hvert rederi har brukt batteriet basert på de fire forskjellige måtene som er fremstilt under «Tema 1: Bruk av batteri» i teorikapittelet. Resultatene vil bli satt opp mot teorien for å finne ut i hvor stor grad de forskjellige bruksmåtene oppfyller de forskjellige formålene: drivstoffbesparelse, høyere redundans, redusert vedlikehold og ytelse i form av bedre respons.

5.1.1 Peak shaving

Rederi 1

Ved spørsmål om bruken av batteriet, sa teknisk ansvarlig at de hadde oppnådd resultater ved bruk av «peak shaving» prinsippet. Det viste seg at «peak shaving» blir brukt i flere forskjellige anledninger, dette inkluderer under DP-operasjoner, «on/off-mode» og transit. Rederiet snakket her om to forskjellige transit-moduser: «transit eco» og «transit high».

De rapporterte 10% lavere drivstofforbruk under «transit eco» på et av fartøyene deres og 5% i «transit high». Respondenten sa at dette ikke var et resultat av «peak shaving» alene, men en kombinasjon av «peak shaving», og at man kan gå lengre på én motor (ref. 5.1.3). De hadde også fartøy som kun tok i bruk «peak shaving» og dermed ikke brukte batterier som en uavhengig energikilde. Videre i intervjuet fortalte vedkommende at «peak shavingen» hadde en innvirkning på «termination time», altså tiden der batteriet må kunne supplere nok energi hvis systemet svikter under for eksempel DP. Etersom «peak shaving» er en rekke inn- og utladningssykluser, kunne dette ha en innvirkning på «termination time» som varierte med gjerne 10 sekunder på grunn av denne «peak shavingen». Dermed har «peak shaving» relativt liten påvirkning på «termination time».

Da vi diskuterte bruken av «peak shaving» med maskinsjefen, forklarte han at «peak shaving» effekten alltid er aktiv og man vil ha den så lenge batteriet er koblet opp mot systemet. Dette betyr at man har «peak shaving» effekten under alle de forskjellige modusene og operasjonene,

blant annet under «on/off mode» og DP operasjoner. Ved spørsmål om drivstoffbesparelse i forbindelse med «peak shaving», svarte respondenten at dette var vanskelig å måle, men trodde at dette bidro til å spare drivstoff.

Rederi 2

Rederi 2 sa at de bruker «peak shaving» til en viss grad. Respondenten mente at dieselmotorene ikke ble veldig forstyrret av varierende belastning og derfor ble «peak shaving» av liten betydning. Det ble nevnt at hvis man skal måle om drivstoffbruket på en dieselmotor går opp, så må man ha veldig store svingninger i belastningen. Han mente også at bruk av «peak shaving» prinsippet fungerer bedre i kombinasjon med «dual-fuel»- eller gassmotorer.

Rederiet nevnte derimot et annet prinsipp som de har tatt i bruk, nemlig å bruke batteriet som en «buffer» for å ta imot store lastpåslag når motoren ligger på en smerteterskel under variabelt turtall, det vil si at motoren nesten ikke klarer å yte mer kilowatt under det turtallet. Her fortalte respondenten at batteriet fungerte som en fjæring idet motoren tar seg opp til riktig turtall og for å etablere tilstrekkelig kraftforsyning. Det ble også nevnt at det kreves ganske små batterier for å gi et tilstrekkelig påslag, eller «buffer», og at denne måten å bruke batteriet på fører til at skipet akselererer fortere.

5.1.2 On/off mode

Rederi 1

Rederiet fortalte at de tar i bruk «on/off mode» når skipet ligger på standby og i havn, der det ikke er DP-krav. Under ulike operasjoner er det ofte mye dødtid der båten ligger og venter i «standby mode». Her kreves det i prinsippet bare én motor for å drifte skipet. Respondenten fortalte at her kan man ta i bruk «on/off»-strategien og dermed slå av motoren. De ladet batteriet opp til 80%, og lå gjerne kun på batteridrift i 20 minutter, til ladestatus var nede på 20% før de igjen startet motoren for å lade det opp. Det er også viktig å nevne at hele prosessen er automatisk og krever ikke noen annet enn et tastetrykk. Rederiet nevnte også at denne strategien fungerte best hvis man bruker batteri med lav «C-rate». Jo høyere «C-rate», desto fortere vil batteriet lades

ut, og er dermed ugunstig å bruke under «on/off mode» på grunn av at man må starte motoren hyppigere.

Maskinsjefen sa at de brukte «on/off mode» typisk når skipet lå i kai, og forklarte at de ladet opp batteriet til 75% og gikk på ren batteridrift helt til batteriet nådde 25% ladestatus for å dermed starte opp generator igjen. Hvis de kjørte store svingninger i SOC, hvor man ladet batteriet helt opp for så å tømme det, ville dette utfordre levetiden og batteriets kapasitet. Ved bruk av «on/off mode» i havn, ville generatorene ha 14 driftstimer i døgnet i stedet for 24 timer som tilsier at de sparer seg for 10 driftstimer per døgn. Når det gjaldt drivstoffbesparelsen så sa maskinsjefen at man oppnår en vesentlig forskjell i brennstoff forbruk ved at man kjørte generator på 70% i 14 timer i stedet for 30% i 24 timer når skipet lå til kai.

Rederi 2

Det var ingenting som tydet på at rederi 2 brukte «on/off mode». Dette er mye på grunn av at de ikke kan slå av hovedmaskineriet og gå på batteri siden de kun har «battery safety» notasjonen. Det kom også frem i løpet av intervjuet at de hadde veldig små batteri som gjorde det lite passende å bruke «on/off mode».

5.1.3 Minske antall «running engines»

Rederi 1

Under normale DP-operasjoner fortalte respondenten at de sjeldent brukte mer enn 50% av én generator. På konvensjonelle båter uten hybrid, tvinges man dermed til å fordele denne prosenten på to generatorer siden det er krav om to uavhengige energikilder under DP. På grunn av «battery power» notasjonen, har rederiet fått brukt batteriene som en uavhengig energikilde på to av sine skip og kunne dermed redusere antallet aktive generatorer. Respondenten fortalte at man nødvendigvis ikke trenger å bruke strømmen fra batteriet, men at den ligger klar på rundt 75-80% ladestatus, og har den «effekten på bok».

Da vi snakket med maskinsjefen kom det frem at han arbeidet på et fartøy som hadde «battery power» notasjonen som betydde at de kunne erstatte et generatorsett med batteri. Her kom det

frem mye av det samme som ble sagt fra rederikontoret. Maskinsjefen fortalte at man gjerne erstattet to generatorer som kjørte på 20% belastning med én generator som kjørte på 40% pluss et batteri som gikk på 75% ladestatus. Da fikk man utnyttet «gapet» i SFOC-kurven, og kjørte på mer optimal belastning.

Rederi 2

Ved spørsmål om de kunne slå av for eksempel en generator og gå på batteri, svarte rederi 2 at de ikke hadde satset på «battery power» notasjonen, og de kunne dermed ikke bruke batteri som en uavhengig energikilde. Dette betydde at de ikke kunne erstatte generator med batteri. Rederiet hadde derimot planer om å se på mulighetene rundt «battery power» notasjonen i framtiden. Det nevnes at båtene deres er bygd før notasjonene kom, og er mer tilpasset «battery safety» notasjonen. Selv om rederiet ikke hadde mulighet til å redusere antall aktive generatorer, sa de derimot at de kunne tillate seg å kjøre en motor som hadde litt dårligere respons enn vanlig, men var effektiv i forhold til drivstofforbruk på grunn av at de hadde batteri.

5.1.4 Batteri som redundans

Rederi 1

Rederi 1 hadde «battery power» notasjonen som gjorde at de kan bruke batteri som en redundant energikilde. Rederiet nevnte at de brukte batteriet som sikkerhetsfunksjon blant annet under DP-operasjoner, men det kom ikke tydelig frem for hvordan batteriet kan bidra til at systemet blir sikrere. De forklarte at når man brukte batteri i stedet for en generator, så måtte batteriet sørge for å ha nok kapasitet slik at skipet kunne avbryte operasjonen på en sikker måte hvis den resterende generatoren sviktet. Hvis alt skulle ryke så skal batteriet klare å hjelpe deg vekk hvis man holder på med operasjoner inntil for eksempel rigg. De hadde fastsatt en tid på 9 minutter, som alltid skal være tilgjengelig på batteriene. Fartøyet hadde da ikke lov å starte en DP 2 operasjon inntil rigg, om kapasiteten på batteriet var under 9 minutt. De 9 minuttene vil omhandle tiden det tok for å avslutte hele prosessen inntil rigg, og til man er klar av denne. Når de gikk inn i DP 2 operasjon så vil generatorer fortsette å gå, men man vil ha et fulladet batteri til «backup» hvis alt annet skulle ryke.

Maskinsjefen nevnte at han jobbet på et fartøy med «battery power» notasjonen, og sa at de kunne utnytte batteriet som «spinning reserve» under DP-operasjoner. Maskinsjefen var derimot tvilsom om batteriet faktisk bedret sikkerheten om bord, siden han ikke så noen forandring i sikkerheten som følge av en batteriinstallasjon. Hvis alle generatorsett skulle ryke og man kun sto igjen med batteri, hadde man i utgangspunktet et for svakt oppsett, hvor fellesnevneren for feilen gjerne da var hovedtavlen. Når det var hovedtavlen som falt ut av drift ville det være samme problem for batteriet og dens levering av kraft. Batteriet styrket da ikke sikkerheten på denne måten.

Rederi 2

Rederi 2 fortalte at overgangen til et hybrid system først og fremst var ment som et sikkerhetstiltak, og deretter en mulighet til å spare drivstoff. De hadde i utgangspunktet ikke tenkt å installere et hybrid system, men det kom som en tilleggs modifikasjon på de nye systemene de utviklet. Sammen med leverandørene utviklet de et system med miljøaspektet i baktankene, hvor leverandøren så en mulighet for ytterligere effektivisering. Rederiet ville da prøve å ta i bruk batterier og koble dette opp mot deres DC-nett. De oppdaget da at batterier bidro til sikkerheten om bord og som nå er en hovedårsakene til at batterier tas i bruk. Rederiet fortalte imidlertid at det er det grønne aspektet som selger.

Sikkerhetsmessig fortalte de at et genset kunne falle ut, hvor det eneste de på bro bemerket seg var at propellen gikk litt i reduksjon før neste genset koblet seg på tavlen. De brukte ikke batteriet som en uavhengig redundant energikilde slik som rederi 1, men de fortalte at hvis man får «shutdown» på en av generatorene under DP-operasjoner, så kan batteriet midlertidig slå inn mens man skifter generator. Rederiet utdypet dette ved å forklare en situasjon, hvor for eksempel et av deres fartøy har ROV i vannet og utfører en operasjon med den. Generator stopper og det blir mørkt på et vanlig fartøy. ROV driver da bare rundt og kan bli ødelagt eller skader installasjoner på bunn. Hvis man da har et batteri koblet opp mot tavlen, vil det gjerne klare å holde liv i fartøyet i en veldig liten periode hvor man starter en ny generator. Ikke med full effekt på propeller og ROV, men nok til å gjøre at en slik «blackout» ikke vil være kritisk for operasjonen. Rederiet sa at de bruker batteriet som sikkerhet, med at de har mulighet for «backup».

5.1.5 Oppsummering

Rederi 1

Rederiet hevdet at de sparte seg for minst 500,000 kroner i vedlikeholdskostnader på hvert skip ved å skifte til batteri. Dette fordi man får mindre driftstimer på generatorer og mer optimal belastning. Respondenten påpekte at dette er spesielt på grunn av at de kan minske antall aktive generatorer, og som en følge av dette, redusere vedlikehold på maskineriet. De rapporterer en reduksjon i driftstimer på til sammen 36% på fartøy med «battery power» notasjon. Når det gjaldt vedlikehold på selve batteriet sa respondenten at de hadde veldig lite erfaring med dette enda, og at de måtte utføre en årlig «state of health» test.

Maskinsjefen nevnte også at det ikke var noe annet enn å ta en «state of health» test når det gjaldt selve batteriet. Vedlikeholdsrutinene på generatorene ville strengt tatt ikke endres. Vedlikeholdet på generatorene måtte fortsatt utføres som om det ikke var batterier på fartøyet. Intervallet mellom når man må utføre vedlikeholdet endret seg ikke, men ville kanskje det en del år frem i tid når man hadde bygd opp en erfaringsbase som sa at de kan «strekke» vedlikeholdet.

Når det gjelder drivstoffbesparelse hadde rederiet oppnådd betydelig resultat. De hadde fått en drivstoffbesparelse på opptil 10% ved bruk av «peak shaving», og at de kan gå lengre på én motor (minsker antall «running engines»). Drivstoffbesparelsen ville naturligvis også være et resultat av at de sparte driftstimer ved å bruke «on/off mode» og minsket antall «running engines».

Rederi 2

Ved spørsmål om vedlikehold svarte rederiet at de ikke hadde «battery power» notasjonen som gjør det mulig å stoppe en dieselmotor for å spare driftstimer. De sa likevel at det er stort besparingspotensiale ved bruk av «battery power» notasjon med tanke på vedlikehold, og at de hadde tenkt på dette i framtidige prosjekter.

Hovedformålet med batteriet var å bruke det som en sikkerhetsfunksjon. Det var lite fokus på besparelse av drivstoff, men de hadde brukt batteriet for å få bedre ytelse som nevnt i 5.1.1.

5.2 Tema 2: Sikkerhet

Med temaet sikkerhet har vi valgt å fokusere de ekstra utfordringene som oppstår ved implementering av batteri, og hvordan sikkerheten er ivaretatt med tanke på barrierer.

Rederi 1

Rederi 1 sa de hadde plassert batteripakken på dekk i en container, og ville være en god løsning for sin retrofit. Maskinsjefen mente at den ikke brakte inn noen nye faremoment, den var lukket og låst, hvor bare autorisert personell hadde tilgang. De var også ganske tidlig ute med et slikt system, og bruken av containere. Når man er ledende innenfor ny forskning er ikke alltid reglementet tilstrekkelig. Dette var noe de selv merket når det gjaldt containerløsninger, med tanke på brann og eksplosjon. Regelverket for å styrke sikkerheten er nå på plass, og containere må bygges etter DNVs A-60 krav med blant annet god slukking og brannvegger. Rederiet har da gode slukkemidler innebygd i containeren, og overrisling for nedkjøling. Slökkemiddelet inne i containeren kalte de for «Novec», og skal i teorien kvele en eventuell brann. Rederiet sa også at de kjører «propageringstester» og «thermal runaway test» for å kontrollere at hvis det oppstår en kortslutning i én skuffemodul, så skal ikke det spre seg til de andre skuffene, og begynne å brenne.

Teknisk ansvarlig sa de hadde god overvåking på batteriet ved hjelp av BMS (Battery Management System), og som de mente var nødvendig for å ha kontroll på batteriet og hvordan det oppfører seg under ulike operasjoner. Her overvåker de hver bidige celle. De fikk god kontroll på temperatur og spenning, som er en utøvende faktor for batteriets levetid. Hele systemet var bygget med god redundans, slik at en enkeltfeil ikke skulle føre til stopp. Noe også maskinsjefen ga uttrykk for. Hvis det var noen feil så ville FMEA testen som de gjennomførte hvert femte år og etter en ombygging, avdekke disse.

Maskinsjef mente at batteriet er enkelt å ha med å gjøre, og at man ikke trengte noe systematisk opplæring. Noe også teknisk ansvarlig kunne bekrefte. De hadde ikke noe videre opplæring i form av kurs rundt sikker bruk av systemet, men mannskapet var veldig deltakende i ombygingsprosessen. Rederiet fortalte at de tilegnet hverandre kunnskap under denne fasen, de

fra kontoret lærte de som skal bruke det og omvendt. De mente dette er med på å styrke det som omhandler sikker bruk og forståelse av systemet som en helhet. Det ble også fortalt at mannskapet har store forventninger til systemet og at de vil at det skal virke i henhold til forventningene, men la vekt på at deres forventninger ikke skulle gå utover sikkerheten.

Maskinsjefen fortalte at muligheten for menneskelige feil alltid var tilstede, men ble vanskelig å påpeke hva de kunne være. Han ga uttrykk for at samspillet mellom teknologi og mennesket var god, men en eventuell brukerfeil kunne være ugunstig batteribruk.

Rederi 2

Teknisk ansvarlig fortalte at man tok inn nye risikomomenter ved et batteri. For at bruken deres til enhver tid skal anses som sikker var det viktig for dem å betrakte farer og uønskede hendelser, og hvordan en håndterte disse. Det handlet i all hovedsak om å etablere barrierer, for at sikker drift skal ivaretas.

For å unngå blant annet «thermal runaway» har de et BMS-system, noe også rederi 1 hadde. Med god kjøling og vifter holder de batterienes temperatur på et gunstig nivå for å unngå en eventuell overoppheting. Hvis et uhell skulle oppstå, og det tar fyr, så har rederiet sverget til vann som slokkeanlegg, og kan eventuelt fylle hele rommet med vann hvis det skulle være nødvendig.

Brann og eksplosjon i batterirom er noe mannskapet trener på, ble det fortalt. De vil da være godt forberedt på en slik hendelse. Rederiet uttrykte imidlertid ingen bekymring overfor slike hendelser, på grunn av alle barrierene de hadde etablert.

Teknisk ansvarlig sa at rederiet satser på dedikerte batterirom innad i fartøyet, hvor det er et godt miljø for batteriet. Der vil det være tørt og godt, med en god kontroll over fuktighet og temperatur. Innad i batterirommet hadde de omliggende systemer for å hindre at noe skal gå galt. De vil at alt skal være perfekt, slik at sikker bruk av batterier er ivaretatt.

Når fartøyet går igjennom en slik endring er det gjerne nødvendig med opplæring slik at mannskapet får en god forståelse på hvordan det tekniske utstyret fungerer og henger sammen. Dette skulle ikke være noe problem siden batteriet er ganske enkelt å ha med å gjøre. Rederiet

fortalte at det normalt kom folk fra leverandøren, og kjørte en liten opplæring om bord. Men utover det så var det ikke noen videre opplæring.

6 Drøfting

6.1 Tema 1: Bruk av batteri

I dette kapittelet vil vi drøfte i hvor stor grad rederiene opplever at formålene med hybrid blir tilfredsstilt ved de ulike bruksmåtene, og om erfaringene samsvarer med forventningene som ble presentert i teori kapittelet.

Det er tydelig at bruken av batteri er begrenset av hvorvidt fartøyet har «battery power» notasjonen eller ikke. I vår undersøkelse var det bare det ene rederiet som hadde fartøy med denne notasjonen. Det andre rederiet som brukte «battery safety» notasjonen hadde derimot planer om å se på muligheten for «battery power». For det første er det naturlig å tro at ettersom bruken av batteri er relativt nytt innenfor skipsnæringen er det mange fartøy som ikke har «battery power» notasjonen enda. For det andre har rederiet med denne notasjonen vært pionerer innenfor hybridisering og vært tidligere ute enn andre rederi.

6.1.1 «Peak Shaving»

Ut i fra resultatet viser det seg tydelig at respondentene har en felles forståelse om hva «peak shaving» er og hvordan det tas i bruk. Det kommer derimot ulike meninger fra respondentene om «peak shaving» faktisk lever opp til formålene sine. Både maskinsjef og teknisk ansvarlig fra rederi 1 sa at de hadde spart drivstoff på «peak shaving», men her kom det ikke fram noen konkrete verdier. På den andre siden så mente teknisk ansvarlig fra rederi 2 at «peak shaving» ikke hadde så stor betydning.

Det er mye usikkerhet om i hvor stor grad «peak shaving» effekten faktisk bidrar til å redusere vedlikehold og drivstofforbruk. Her kan man trekke inn flere faktorer som er med på å skape usikkerhet rundt dette. En grunn er at det er vanskelig å måle siden variasjon i last kan være

veldig vilkårlig, og man har gjerne ingenting å sammenligne med. En annen faktor kan være at fartøyene er forskjellige og har ulike typer maskineri som reagerer ulikt på varierende belastning, dermed kan «peak shaving» bli mindre viktig for enkelte skip. Man kan også stille spørsmål om det er for tidlig å måle reduksjon i vedlikehold siden det ofte tar mange år før man ser signifikant slitasje på maskineriet. Ved å få flere målinger over lengre tid vil man kunne sammenligne det totale vedlikeholdet før og etter bruk av «peak shaving».

På grunn av at «peak shaving» egentlig ikke har noen reelle ulemper, men sees mer på som en positiv fordel man får ved å installere batteri, så finnes det sikkert flere argumenter som er for «peak shaving» enn imot. Rederiene har vanskeligheter med å måle hvor stor fordelen faktisk er, men det faktum at fordelen er tilstede, virker positivt. Etersom «peak shaving» alltid er aktiv så lenge batteriet er koblet opp mot generator, vil dette sees på som en «ekstra gode» selv om «peak shaving» nødvendigvis ikke var hovedårsaken ved å installere batteriet.

6.1.2 On/off mode

Det var kun rederi 1 som kunne bruke «on/off mode» siden de hadde «battery power» notasjonen. Rederi 2 hadde «battery safety», og kunne dermed ikke erstatte en generator med batteri. Dessuten hadde de også veldig små batterier.

Det kommer tydelig frem i resultatene at man sparer driftstimer på generatorene. Dette fører til reduksjon i drivstoff forbruk og vedlikehold ved hjelp av «on/off» strategien, men det er viktig å notere seg at dette vil være avhengig av når skipet ligger på standby eller på tomgang/i havn. Derfor kan det være vanskelig å beregne akkurat hvor stor fordel «on/off mode» utgjør. Tiden fartøyet ligger på standby eller i havn avhenger av operasjonsprofilen til det enkelte skip, som er ganske varierende med tanke på hvilket oppdrag skipet har til enhver tid. Hvis et skip alltid er på farten vil man ikke kunne benytte «on/off mode» så mye. I prinsippet så er dette en strategi som kan ha et stort besparingspotensial, siden man utnytter batteriets evne til å lagre og levere energi.

For å optimalisere bruken av «on/off mode» på best mulig måte, er det viktig at man tenker på batteriets C-rate. Jo lavere C-rate, desto lengre tid tar det før batteriet lades ut, og blir derfor mer gunstig å bruke i denne moden. Hvert enkelt skip må derfor finne et batteri der man kan utnytte

det fulle potensialet av «on/off mode». Dette kan være en utfordring med tanke på å finne en balanse i C-raten som passer godt kombinert med andre måter å bruke batteriet på (for eksempel «peak shaving»).

6.1.3 Minske antall «running engines»

For å erstatte generatorer med batteri så trenger fartøyet som sagt «battery power» notasjonen. Her er det også ingen tvil om at man sparer driftstimer på generatorene ved å erstatte de med batteri, men her stilles det også strenge krav hvis man skal bruke batteriet som en uavhengig energikilde under DP-operasjoner.

Ut i fra resultatene kommer det tydelig frem at ved å slå av generatorer så opplevde rederiet at de kunne utnyttet SFOC-kurven mye bedre, og dermed kjøre generator på mer optimal belastning. Om dette tillater generatoren å kjøre på sitt mest optimale nivå, der man sparer mest brennstoff, er ikke garantert, og er avhengig av SFOC-kurven til enhver motor. Under for eksempel DP-operasjoner ville det vært gunstig om generatoren som kjører sammen med batteriet, hadde hatt optimal belastning i samsvar med energibehovet. Dette handler på sett og vis å få best mulig balanse i systemet når man minsker antall «running engines», og det kan anses som en potensiell utfordring. En sak er at man sparer drivstoff- og vedlikeholdskostnader ved å slå av generatorer. En annen sak er hvordan man kan gjøre det på best mulig måte.

6.1.4 Batteri som redundans

I resultatet fikk vi inntrykk av at det var flere forskjellige måter å bruke batteriet som redundans. Man fikk et helt annerledes synspunkt fra rederiet med «battery safety» notasjonen, enn rederiet som hadde «battery power». Siden kostnadsbesparelse ikke var det viktigste når rederi 2 installerte hybrid, er det naturlig at de vil sette sikkerhetsaspektet mye høyere enn rederi 1. Det kom frem at sikkerheten er ganske viktig for rederi 1, men det var uklart hvordan en batteriinstallasjon bedret sikkerheten. Med rederi 2 kommer det derimot tydelig frem hvordan batteri kan bidra til sikkerheten, og at de opplever det som viktig. Det viser seg at rederi 1 gjerne prioriterer kostnadsbesparelse over å bruke batteriet som en sikkerhetsfunksjon.

6.1.5 Oppsummering

Mye tyder på at rederi 1 sparer seg for en del vedlikehold og driftstimer, på bakgrunn av deres «battery power» notasjon.. Her har de tatt i bruk tre av de fire bruksmåtene: «peak shaving», «on/off mode» og minske antall «running engines». Det viser seg gjennom resultatet at rederi 1 har redusert vedlikehold mest ved bruk av «on/off mode» og minske antall «running engines». Det er klart at reduisering av vedlikehold henger sammen med hvorvidt du kan erstatte generatorer med batteri. Dette gjør det dermed vanskelig for rederi 2 å redusere vedlikehold på grunn av at de har «battery safety», og kan dermed ikke erstatte en generator med batteri. Rederi 2 har derimot tatt i bruk «peak shaving» som kan bidra til redusert vedlikehold (ref. Tabell 1), men som sagt i kapittel 6.1.1 er det mye usikkerhet rundt dette. Det samme gjelder rederi 1. Det var usikkerhet om «peak shaving» reduserte vedlikehold.

Som sagt blir det spart vedlikeholdskostnader hos rederi 1 som følge av batteriet, men dette innebærer derimot ikke noe forskjell i vedlikeholdsrutinene. Hvis man kunne endret vedlikeholdsrutinene og øke tiden mellom hvert vedlikehold, kunne man også redusert mengden arbeid som mannskapet må gjøre om bord. Dette kan også være en fordel med batteriet som ikke mange tenker på. Grunnen til at man ikke har endret vedlikeholdsrutinene enda, er trolig på grunn av at det kan være en liten tvil rundt teknologien og at den er relativt ny innen skipsnæringen.

Kort sagt kan man redusere vedlikehold ved å ha batteri, såfremt man har «battery power» notasjonen og bruker batteriet når man kan for å redusere driftstimer på generatorer. Det faktum at selve batteriet er nesten vedlikeholdsritt, kombinert med at man kan spare seg for kostnader, styrker bruken av batteriet i skipsnæringen.

Når det gjelder drivstoffbesparelse har rederi 1 helt klart et bedre utgangspunkt siden de har «battery power» notasjonen. Dette henger mye sammen med at de kan bruke «on/off mode» og minske antall «running engines» (ref. kap. 3.2.2 og 3.2.3). Som vi ser i Tabell 1, bidrar disse to bruksmåtene til drivstoffbesparelse. Man ser også i teorien at «peak shaving» vil bidra til besparelse av drivstoff, men «on/off mode» og minske antall «running engines» er dominerende for dette formålet. Dette er på grunn av at det to bruksmåtene gjør at man sparer driftstimer og får

bedre energieffektivisering. Blant bruksmåtene rederi 2 har brukt, er det kun «peak shaving» som ifølge teorien bidrar til drivstoffbesparelse. Det er derimot svært lite som tyder på at rederi 2 sparte drivstoff på dette.

Både «on/off mode», «peak shaving» og minske antall «running engines» bidro til energieffektivisering hos rederi 1 som igjen bidro til drivstoffbesparelse. Energieffektivisering henger derfor tett i sammen med drivstoffbesparelse på grunn av at det bidrar til å redusere spesifikt brennstofforbruk ved å gå på mer optimal belastning.

Under et av intervjuene kom det frem en annen bruksmåte å bruke batteriet på, nemlig å bruke batteriet som en «buffer» til å ta imot store lastpåslag. Dette ble spesielt nevnt av rederi 2 som en måte å få bedre akselerasjon. Dette kan sees på som en bruksmåte der formålet er ytelse i form av bedre respons.

Rederi 2 kunne bruke batteriet hvis de for eksempel fikk «shutdown» på et genset under kritiske operasjoner. Batteriet kunne forsyne energi når man byttet til ny generator. Det er helt klart at dette fører til økt redundans under for eksempel dykkeoperasjoner. Rederi 1 nevnte derimot ikke noe om at de brukte batteriet på samme måte som rederi 2 til å øke redundans.

6.2 Tema 2: Sikkerhet

Ved tema 2 har vi valgt å se på hvilke nye risikomomenter som oppstår ved installasjon av batteri og hvilke barrierer en har tatt i bruk for å ivareta sikkerheten.

Ved installasjon av batteri tar man inn noe nytt, og dette medfører nye risikomomenter for fartøyet. Hva de kan være er beskrevet i kapittel 3.3.1, men en gjenganger er brann i batteriene. Respondentene uttrykte imidlertid ingen bekymring ovenfor dette. Det var lagt så mye arbeid til grunn for at batteribruken skulle være sikker.

Risikostyring, som blant annet omhandler arbeidet for å stoppe en farlig utvikling, er viktig for at driften om bord til enhver tid skal anses som sikker. Hvordan man forebygger og håndterer farer er opp til hvert enkelt rederi, men reglementet er likt for alle. Forebygging av faremomenter

knyttet til bruken av litium-ion batteri viser seg å være nokså lik hos de representative rederiene. Den forebyggende effekten kan blant annet være overvåkingen av batteriene, ved hjelp av BMS systemet. Her forteller rederiene hvordan de har full kontroll på temperaturer og ladespenninger. Ved å ha en slik tilstrekkelig overvåkning, vil dette være en god forebyggende effekt mot for eksempel brann. La oss si at en batterirekke øker betraktelig i temperatur og det vil være en fare for utvikling av brann. Når man har BMS vil man kunne se denne utviklingen tidlig, og kunne avverge en farlig situasjon knyttet til bruken av litium-ion batteri. Det som er forskjellig, er imidlertid hvordan rederiene velger å håndtere faremoment som brann i batterier.

Her har man sverget til forskjellige slukkemidler. Rederi 1 har valgt et slukkemiddel som heter «Novec», og er en blanding av kjemisk gass og væske. Rederi 2 har sverget til vann. Hvorvidt hvert enkelt slukkemiddel fungerer i en brannsituasjon er ikke tatt for seg i denne teksten. Men at man har valgt slukkemidler som er så forskjellige, kan man bemerke seg. For når batteri brenner, så brenner det godt og kan være bortimot umulig å slukke. Under forbrenning produseres det oksygen, og vil i teorien holde liv i brannen helt til det ikke er mer å brenne. Uansett så har rederiene gitt sin tillit til ulike slukkemidler og har dermed en ulik oppfatning av hva som slukker best. Det er mulig at det økonomiske har vært en faktor for valg av slokningsanlegg, men dette har ikke blitt undersøkt.

Et godt risikostyringsarbeid viser seg å være opprettholdt på alle nivå i begge rederiene. Et slikt arbeid har en særlig betydning når fartøyet får endringer om bord, og er intet unntak ved en batteriinstallasjon. Borch (2016) hevder at et godt risikostyringsarbeid omhandler at mannskapet skal få en god innsikt i systemets kritiske komponenter og enheter. Man må forstå hvordan alt henger sammen, slik at samspillet mellom teknologi og mannskapet er på et høyt nivå (Borch, 2016). Rederiene er ganske samkjørte på dette temaet og ga uttrykk for at alle har fått en god innsikt og forståelse i de nye systemene. Alle representantene hevdet at samspillet mellom teknologi og mannskap er god, som viser at denne delen av risikostyringsarbeidet er opprettholdt. De mente at det heller ikke ville være noen problematikk rundt dette, siden batteri er ganske enkelt å ha med å gjøre. Batteriet krevde nærmest ingen vedlikehold, og hvordan det ble brukt foregikk automatisk.

Selv om de har ansett bruken av batterier som uproblematisk, må man foreta en feiltypeanalyse for å se hvordan en mulig feil kan påvirke andre enheter. Dette var noe rederiene hadde gjennomført, for å indentifisere ulike risikomoment. Begge rederi ga uttrykk for at systemene var bygget med god redundans og at en eventuell feil på batteriet ikke skulle påvirke skipet i den forstand. Ei heller ved at en generator stopper, hvor da batteriet kunne opprettholde nok kraft til neste generator koblet seg på tavlen.

I tillegg kan det nevnes at representantene fra begge rederikontor mente fraværet av uønskede hendelser ble styrket av en batteriinstallasjon, ved at man alltid hadde en viss mengde kraft til råde. De kunne nevne ulike eksempler som styrket deres påstander om dette. På en annen side så viste det seg at maskinsjefen fra rederi 1 hadde et annet syn på en slik installasjon. Maskinsjefen mente at denne tilstanden var uendret. Han kunne ikke se at det svekket eller økte sikkerheten om bord. Man kan derfor si at maskinsjefen og de fra kontoret opplever installasjonen annerledes når det kommer til sikkerhet. Dette kan skyldes våre svakheter ved metoden ved at vi ikke har presisert oss godt nok i spørsmålene, men det kan også være menneskelige faktorer at man opplever noe ulikt.

7 Konklusjon

Det er en hybridisering som foregår i dagens offshore marked, og flere fartøy får et hybrid fremdriftssystem. Formålet med denne studien har vært å få en innsikt i hvordan rederiene opplever å ha et slikt system. For å avgrense oppgaven har vårt fokus vært rettet mot to tema, hvordan man kan bruke batteriet og sikkerhet. Her har vi sett på ulike driftsmoduser, gevinster, risikostyring, økt eller svekket sikkerhet og deres tanker rundt dette. Det er viktig å ta i betraktning at dette er svar fra den enkelte, og hvordan de opplever de ulike emnene. Svarene vi har fått, er gjerne preget av at respondentene har ulik bakgrunn og oppfatning av systemene. Hvordan vi har formulert oss under de ulike intervjuene er også av betydning.

Etter gjennomført oppgave og basert på vår problemstilling «*Hvordan opplever rederiene å ha hybride systemer i deres offshore fartøy?*», kan vi presentere følgende funn og konklusjon:

Tema 1

- Batteribruk i offshore-fartøyene bringer med seg mange fordeler og lite ulemper.
- Rederiene bruker batteriet på forskjellige måter og dette var sterkt preget av om de hadde «battery power» eller «battery safety» notasjonen på sine skip.
- Bruken av batteriet preges av at teknologien er i et tidlig stadium og at den er lite utbredt i dagens skipsnæring.
- Rederiene opplever at formålene ved de forskjellige bruksmåtene blir tilfredsstilt.
- Maskinsjef og teknisk ansvarlige hadde et ulikt syn på en batteriinstallasjon når det kom til økt sikkerhet.
- Det viser seg at rederiet med «battery safety» notasjonen hadde et sterkere syn på å bruke batteriet for økt redundans, enn rederiet med «battery power» notasjonen.

Tema 2

- Et godt risikostyringsarbeid er opprettholdt.
- Selv om man bringer inn nye faremoment ved batteri, så er ikke den generelle sikkerheten svekket. Dette var fordi man har lagt gode barrierer og rutiner for at dette skal gå bra.
- Rederiene har en ulik oppfatning av hva som slukker best ved en batteribrann.
- Det viser seg å være god samkjøring mellom teknologi og mannskap. Man vet hvordan systemet fungerer og hvordan de ulike enhetene slår ut på hverandre.
- Batteri er enkelt å ha med å gjøre. Det ser gjerne vanskeligere ut på papiret.

Basert på våre funn kan vi konkludere at det ikke er tvil om at batteribruk i offshore-fartøyene bringer med seg mange fordeler og lite ulemper. På bakgrunn av rederienes tilbakemeldinger kan man si at de opplever batteribruken som veldig positiv og at formålene ved de ulike bruksmåtene, ble tilfredsstilt i stor grad.

Vi fant ut at det er stor forskjell mellom rederiet som hadde «battery power» og rederiet som hadde «battery safety». Skip som har «battery power» vil kunne spare seg for mest drivstoff- og vedlikeholdskostnader på grunn av at de har mindre restriksjoner enn skip med «battery safety» notasjonen. Vi ser derfor at skip med «battery safety» gjerne har et sterkere vektlegging av sikkerheten.

Bruken av batteriet preges av at teknologien er i et tidlig stadium og det er lite utbredt i dagens skipsnæring. Dette resulterte i få rederi med notasjonene som er tatt for seg i denne oppgaven, som igjen førte til få informanter, og er en svakhet for oppgaven. Ved å ha så få informanter ved en slik problemstilling kan det gå utover validiteten av konklusjonene som vi kommer med. Spør man en informant på hvordan rederiene opplever et slikt system, blir gjerne informantens erfaringer vektlagt og ikke rederiet som helhet. Det kan da bli vanskelig å konkludere med hvordan rederiet opplever å ha et slikt system, når man bare spør en eller to. For å styrke validiteten for oppgaven burde det vært foretatt flere intervjuer innenfor hvert rederi, slik man får et syn fra flere sider. Noe vi også prøvde på, men ikke lot seg gjøre. Mer studier av dette emnet vil da være interessant.

Ut i fra vårt få utvalg av rederier og resultatet av undersøkelsen, har vi fått inntrykk av at det ikke er mange skip med batteridrift i offshorenæringen og det enda vil ta litt tid før rederiene bygger opp nok erfaring til å sette en fast konsensus på hvor stort potensiale batteriet har i skip.

7.1 Forslag til videre forskning

Vår oppgave har undersøkt hvordan rederiene opplever det å ha hybride systemer i deres offshorefartøy. I denne oppgaven har det som kjent blitt undersøkt rederier som har ulik notasjon. Rederi 1 hadde «battery power» og rederi 2 hadde «battery safety». Vi mener at en mer omfattende undersøkelse av offshore-rederier og fartøy som har «battery power» notasjonen, vil være interessant å gjennomføre. Det er viktig å bemerke seg at det er få offshore-fartøy med en slik notasjon per dags dato, som resulterer at det kan ta litt tid før en slik undersøkelse lar seg gjennomføres.

8 Litteraturliste

- ABB, (2015). *Offshorefartøyer kan spare 10-15 prosent i året på hybriddrift*. Hentet 19.03.2018 fra <http://www.abb.com/cawp/seitp202/8218b31bd220cec9c1257e5400422ef3.aspx>
- Borch, Odd Jarl. (2016): *Risikostyring og operativ beredskap: I: Borch, O, J. (red.) Fartøyledelse og kontroll av skipets drift*, Fagbokforlaget. Kapittel 3.
- DNV GL (2012). *Tentative Rules for Battery Power*. Hentet 14.01.2018 fra <https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/DNV/ruleship/2012-01/ts628.pdf>
- DNV GL (2015) *In Focus - The Future Is Hybrid*. Hentet fra <https://www.dnvgl.com/maritime/publications/future-is-hybrid-download.html>
- DNV GL (2016) *DNV GL Handbook for Maritime and Offshore Battery Systems*. Hentet fra <https://www.dnvgl.com/maritime/publications/maritime-and-offshore-battery-systems-download.html>
- DNV GL (2018) *Rules for Classification Ships Part 6 Additional class notations Chapter 2 Propulsion, power generation and auxiliary systems*. Hentet fra <https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/DNVGL/RU-SHIP/2018-01/DNVGL-RU-SHIP-Pt6Ch2.pdf>
- Geertsma, R.D., Negenborn, R.R., Visser, K. & Hopman, J.J. (2017) *Design and control of hybrid power and propulsion systems for smart ships: A review of developments*. Hentet fra https://ac.els-cdn.com/S0306261917301940/1-s2.0-S0306261917301940-main.pdf?_tid=683e733d-d9b9-4f57-b4a6-f7585e656870&acdnat=1524220598_d0a47b02d1a58278952045d403aecba8

Hybrid Marine – LTD. *What is a hybrid?* Hentet 01.02.2018 fra <http://www.hybrid-marine.co.uk/10.html>

Ingedrive. *PTI/PTO Hybrid Electrical Drivers*. Hentet 09.02.2018 fra <http://www.remat.nl/wp-content/uploads/2016/09/PTI-PTO-Remat-Hybrid-Electrical-Drives.pdf>

Jacobsen, D. J. (2015). *Hvordan gjennomføre undersøkelser? Innføring i samfunnsvitenskapelig metode*. Oslo: Cappelen Damm

Lindstad, E., Eskeland, S. & Riialand, A. (2016). *Batteries in offshore support vessels – Pollution, climate impact and economics*. Hentet fra <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920916302723>

Lov om skipssikkerhet (Skipssikkerhetsloven, 2007). Hentet 10.03.2018 fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2007-02-16-9>

MAN Diesel & Turbo, «*Hybrid Propulsion, Flexibility and maximum efficiency optimally combined*». Hentet 02.03. 2018 fra <http://marine.mandieselturbo.com/docs/default-source/shopwaredocumentsarchive/hybrid-propulsion.pdf?sfvrsn=4>

MIT Electric Vehicle Team (2008) *A Guide to Understand Battery Specifications*. Hentet 19.04.2018 fra http://web.mit.edu/evt/summary_battery_specifications.pdf

Mjøhlhus, L. (2017). *Evaluation of Hybrid Battery System for Platform Support Vessels*. (Masteroppgave). Universitetet i Stavanger. Hentet fra https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2460942/Mjolhus_LeivB.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Nova Scotia Boatbuilder association (NSBA), (2015). *Review of All-Electric and Hybrid-Electric Propulsion Technology for Small Vessels*. Hentet 30.01.2018 fra

http://www.nsboats.com/wp-content/uploads/2015/03/HybridTechnologyReview_NSBA.pdf

Patel, M. R. (2012). *Shipboard Electrical Power Systems*, CRC Press.

Pettersen, Jens (2016). *FMEA/FMECA hensikt metodebeskrivelse*. Hentet 20.03.2018 fra <http://docplayer.me/8737139-Fmea-fmeca-hensikt-metodebeskrivelse.html>

Rognsaa, Aage. (2015) *Bacheloroppgaven. Skriveråd og regler for utformingen*. Oslo: Universitet forlaget

Rolls Royce, «*Hybrid and electric propulsion systems*». Hentet 27.01.2018 fra <https://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/hybrid-electric-propulsion-systems.pdf>

Skipsrevyen (2011), «*Diesel-elektrisk for offshore*». Hentet 19.03.2018 fra <https://www.skipsrevyen.no/article/diesel-elektrisk-for-offshore/>

Store Norske Leksikon (SNL) (2015), *Sikkerhet*. Hentet 20.02.18 fra <https://snl.no/sikkerhet>

Store Norske Leksikon (SNL) (2018) *Hybrid*. Hentet 18.01.18 fra <https://snl.no/hybrid>

Store Norske Leksikon (SNL) (2018) *Teknikk*. Hentet fra <https://snl.no/teknikk>

Teknisk Ukeblad(TU), (2017) *Statoil krever at sju forsyningsskip bygges om til å kunne gå på batteri og ta imot landstrøm*. Hentet 09.04.2018 fra <https://www.tu.no/artikler/statoil-krever-at-sju-forsyningsskip-bygges-om-til-a-kunne-ga-pa-batteri-og-ta-imot-landstrom/396684>

Virginia Braun & Victoria Clarke (2006). *Using thematic analysis in Psychology*. Hentet fra <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1191/1478088706qp063oa?needAccess=true>

Wankhede, Anish (2017). *Electrical propulsion system in ships*. Hentet 08.03.2018 fra <https://www.marineinsight.com/marine-electrical/electrical-propulsion-system-in-ships/>

Wartsila. *Hybrid/battery systems*. Hentet 22.02.2018 fra https://cdn.wartsila.com/docs/default-source/product-files/hybrid/brochure-o-ea-hybrid-battery-systems.pdf?sfvrsn=5a46d645_8

Vedlegg 1

Forespørsel om deltakelse i forskningsprosjektet

Bakgrunn og formål

Oppgaven vil se på hvordan dagens rederi opplever å ha hybridssystem i sine offshore-fartøy. Undersøkelsen vil ved innsamling av informasjon og utføring av intervjuer trekke fram to hovedtema; bruken av batteriet og sikkerheten. De erfaringene og opplevelsene rederiene har hatt vil bli trukket fram basert på disse to hovedtemaene. Oppgaven vil også skape et bilde hvordan hybridssystemet virker og hvilken funksjon den har i et offshore-fartøy. Denne bacheloroppgaven utføres som et avsluttende prosjekt for 3.års nautikkstudenter ved Høgskolen på Vestlandet.

Hva innebærer deltakelse i studien?

Studien vil bruke en kvalitativ datainnsamling i form av intervju av relevante rederier og analyse av dokumenter, rapporter og andre kilder. Vi vil stille spørsmål om hvilke erfaringer rederiet har med sine hybridskip og bruke informasjonen til å svare på vår problemstilling. Lydopptak vil bli brukt under intervjuet kombinert med eventuelt notatskriving.

Hva skjer med informasjonen om deg?

Alle personopplysninger vil bli behandlet konfidensielt. Notatene og innleveringsoppgaven vil bli anonymisert. Det vil si at ingen andre enn prosjektgruppen vil vite hvem som er blitt intervjuet, og informasjonen vil ikke kunne tilbakeføres til deg.

Prosjektet skal etter planen avsluttes 02.05.2018. Lydopptak blir slettet etter transkribering.

Frivillig deltakelse

Det er frivillig å delta i studien, og du kan når som helst trekke ditt samtykke uten å oppgi noen grunn. Dersom du trekker deg, vil alle opplysninger om deg bli anonymisert.

Samtykke til deltakelse i studien

Jeg har mottatt informasjon om studien, og er villig til å delta

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Vedlegg 2

Intervjuguide 1

- Hvem er vi?
 - o Vi kommer fra Høgskolen på Vestlandet og studerer Nautikk. I forbindelse med vår Bacheloroppgave har vi lyst til å gjennomføre et intervju.
- Hva forsker vi på?
 - o Vi vil få mer informasjon om hybridsystemet om bord på skip. Vi vil utlyse fordeler og ulemper med et hybridsystem i offshore-fartøy og få et innblikk i potensialet et hybridsystem har. Vi vil fokusere på det tekniske aspektet.

Selve Hybrid systemet

- Hvorfor valgte dere å ta i bruk hybrid?
- Hvilke typer operasjoner utføres av skipene som har hybrid?
- Har bytte til hybrid levd opp til forventningene?
- Hvordan er oppsettet på deres Hybrid-system? (er ulike varianter)
- Hvordan fungerer det? (forklare oss hvordan deres hybrid fungerer)
- Har dere møtt noen utfordringer under ombyggingsfasen?

Vedlikehold

- Hvordan er vedlikeholdet om bord på motor/generator, kontra fartøyene uten hybrid?
- Er det mye vedlikehold på batteri, og batterisystem?
- Hvordan avhenger levetiden til batteri, med tanke på vedlikehold?
 - o Hvor ofte må en bytte batteri?
 - o Har vedlikeholdsrutinene endret seg?
- Hvordan øker levetiden på motorene/generatorene med et hybridsystem?

Opplæring

- Dette er jo ganske nytt for mange, hvordan er opplæringen av mannskapet om bord?
- Har mannskapet trengt ny opplæring, er det kurs eller «learning by doing»?
 - o Hva trengte de ny opplæring i?

- Får de god oppfølging, og er det tilstrekkelig nok?
- Tror du utdanningsløpet til for eksempel motormenn vil endre seg med tanke på denne elektrifiseringen?

Bruken av Batteri

- Hvilke typer batterier er brukt i skipene deres?
 - o Hvorfor valgte dere denne typen?
- Når bruker dere strøm fra batteriene? (Til fremdrift? Kraner? DP? På tomgang?)
- Hvordan lades batteriene? (Landstrøm eller via generator?)
 - o Hvis de bruker landstrøm:
 - o Hvordan er tilgangen på strøm fra land i det området skipet opererer?
 - o Får man tilbake strøm ved bruk av kraner? Regenerering
- Hvor stor del av energiforbruket kommer fra batteriene?
- Hvordan er bruker dere batteriene?
 - o Avlaster dere motorer?
 - o Slår dere av motorer?
- Yter skipet bedre med batteri?
- Hvor ofte må man bytte batterier? (Batteriets levetid)
 - o Er bytte av batterier en omfattende prosess eller er det en enkelt prosess?
- Hvordan endret dette arbeidsdagen til for eksempel chief?

Sikkerhet knyttet til bruken av batteri

- Er det noen faremomenter ved bruken av batteri?
- Er mannskapet klar over farene?
- Hvordan er øvelsene på ulike scenarioer?
- Hvilke tester må utføres før en kan ta i bruk batteriene?
- Hvilket nødsystem er brukt for å hindre brann og eksplosjon?
- Hvordan overvåkes batteriene?
 - o Finnes det andre farer?
 - o Hva skjer ved vanninntrenging?

Konklusjon

- Hvilke positive erfaringer har dere hatt med hybrid?
- Hvilke negative erfaringer har dere hatt med hybrid?

Vedlegg 3

Intervjuguide 2

Generelt

Kan du fortelle litt om din stilling?

Hvordan er din bakgrunn innenfor hybride system?

Bruken av batteri

- Hvordan er oppsettet på deres hybridsystem?
- Hvordan bruker dere batteriet, deres filosofi?
 - Fordeler og ulemper knyttet til ulike modene? (Peak shaving, Start-stop, bruk mindre generatorer, batteri som sikkerhetsfunksjon).
 - Når tar dere i bruk batteriet (I hvilke operasjoner tar dere i bruk batteriet, DP?)
- Hvordan er vedlikeholdet ved hybridsystem, mer/mindre? Ble det mindre vedlikehold på maskineri som følge av batteriet?
- Hvordan kan deres bruk av batteri redusere fuel?
 - Sparer dere mye fuel og olje
- Hvordan avhenger levetiden av bruken?
 - Tar dere tester for å kartlegge levetid?

Sikkerhet

- Hva er farlig ved bruken av batteri, har dere identifisert alle uønskede hendelser?
 - Har dere noen barrierer mot disse? Brann, eksplosjon
- Ved innsetting av batterier, fikk alle en inngående innsikt(forståelse) og opplæring i de nye systemene?
- Når dette var nybygg/ombygd, ble det gjennomgått en FMEA/FMECA analyse da?
 - Ser på alle enhetene, hvordan de kan svikte, og hvordan det påvirker systemet.
- Har dere sett på menneskelige feil knyttet til bruken?
 - feil bruk → kortere levetid, større sjanse for eksplosjon/brann?
- Hvordan er samspillet mellom teknologien og menneskene som bruker den?
- Hvordan styrker bruken av batteri sikkerheten? Er den dagligdagse driften sikker (§11)

- Svekker bruken av batteri sikkerhet?
- Hvordan overvåkes batteriet?