

Thomas R. Erdal  
Bjørnar F. Berentzen

# Analyse av driftsdata fra offshorefartøy

Juli 2020

**NTNU**

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.  
Fakultet for informasjonsteknologi og elektroteknikk  
Institutt for IKT og realfag

## Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

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

Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.</li> <li>• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.</li> <li>• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.</li> <li>• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.</li> <li>• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.</li> </ul>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <u>betrakte som fusk</u> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. <a href="#">Universitets- og høgskoleloven</a> §§4-7 og 4-8 og <a href="#">Forskrift om eksamen</a> §§14 og 15.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i Ephorus, se <a href="#">Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver</a>	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter <a href="#">høgskolens studieforskrift §31</a>	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av <a href="#">kilder og referanser på biblioteket sine nettsider</a>	<input checked="" type="checkbox"/>

# Publiseringsavtale

Studiepoeng: 20

Veileder: Gjermund Tomta

## Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

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

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

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

Jeg/vi gir herved NTNU i Ålesund en vederlagsfri rett til å

gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:  ja  nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?  ja  nei

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?  ja  nei

Er oppgaven unntatt offentlighet?  ja  nei

(inneholder taushetsbelagt informasjon. [Jfr. Offl. §13/Fvl. §13](#))

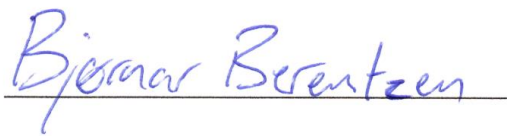
Dato: 07.07.2020

## FORORD

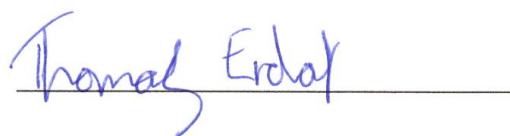
Vi er to studenter som fullfører siste semester av bachelor i ingeniørfag – Elkraft ved NTNU i Ålesund, denne bachelorrapporten er skrevet våren 2020 og oppgaven er gitt av Vard Electro AS. Oppgaven ble valgt fordi den er relevant for utdanningen vår, samt ønsket begge studentene å lære mer om maritimindustrien og hvordan fremtidsrettet teknologi som batterisystemer kan bidra til å utvikle denne industrien. Oppgaven ga oss også muligheten til å samarbeide med en framoverlent og innovativ bedrift som Vard Electro AS.

Vi vil gjerne takke Ove Bjørneseth og Tor Arne Myklebust hos Vard Electro for en interessant og utfordrende oppgave, samt for råd og hjelp underveis. En spesiell takk til vår veileder Gjermund Tomta, ved NTNU, for god hjelp og veiledning gjennom hele prosjektperioden. Vi ønsker også å takke alle ansatte ved NTNU i Ålesund som har hjulpet oss med små og store problemer underveis i prosjektet. Til slutt vil vi å takke Cristian Badescu hos Vard Electro for hjelp med SQL Serverer og Finn Tore Holmeset som har hjulpet oss med å forstå driftsdataen.

Bjørnar F. Berentzen



Thomas R. Erdal



Stryn, 07.07.2020

# INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD .....	iii
FIGURLISTE .....	vii
TABELLER .....	viii
SAMMENDRAG .....	ix
ABSTRACT .....	x
TERMINOLOGI .....	xi
Begreper .....	xi
Forkortelser .....	xii
Symboler .....	xiii
1    INTRODUKSJON .....	1
1.1    Problemstilling .....	1
1.2    Mål for oppgaven .....	2
1.3    Hensikten med oppgaven .....	2
1.4    Begrensninger .....	3
1.5    Vard Electro AS .....	3
1.6    Rapportens struktur .....	4
2    TEORETISK GRUNNLAG .....	5
2.1    Motivasjonen ved bruk av Elektrisk Framdrift .....	5
2.2    Fordel med bruk av Batteri på fartøy .....	6
2.2.1    Strøm som alternativ til diesel ved kai eller ankring .....	6
2.2.2    Strategisk belastning av dieselgeneratorer .....	7
2.2.3    Utjevning av belastningstopper på dieselgeneratorene .....	9
2.2.4    Batterier åpner opp muligheten for bruk av lavtrykks gassmotorer og brenselceller .....	9
2.2.5    Effektreserve .....	9
2.3    Regelverk .....	10
2.3.1    DNV GL .....	10
2.3.1.1    “Chapter 2 Propulsion, power generation and auxiliary systems” .....	10
2.3.2    Petroleumstilsynet .....	10
2.3.2.1    § 52 Etablering av sikkerhetssoner .....	11
2.3.3    Lovdata .....	11
2.3.3.1    § 4. (sikkerhetssone i tilknytning til innretning for fornybar energiproduksjon) .....	11
2.4    Skipene .....	12
2.4.1    Systembeskrivelse .....	12
2.5    AFE-omformer .....	15
2.6    ESS - Energy Storage System .....	16

2.6.1	EMS og ulike driftsmoduser .....	17
2.6.1.1	Peak Shaving Mode .....	18
2.6.1.2	Spinning-reserve mode (effektreserve) .....	18
2.6.1.3	DP mode - Dynamisk posisjonering modus .....	20
2.6.1.4	Harbour Mode (havnemodus) .....	20
2.6.1.5	Manual Charge mode (manuell oppladings-modus) .....	21
2.7	VAR SeaQ .....	21
3	MATERIALER OG METODE .....	23
3.1	Bakgrunn for analysen .....	23
3.2	Problemer oppstått under Analysering .....	24
3.3	Data .....	24
3.4	Programvare .....	27
3.4.1	Microsoft Office 365 .....	27
3.4.2	SQL Server 2019 Developer .....	27
3.4.3	Microsoft SQL Server Management Studio 18 .....	27
3.4.4	Matlab .....	28
3.4.5	Autodesk AutoCAD LT 2021 .....	28
3.4.6	Discord .....	28
3.5	Formler .....	29
3.6	Metode for analysering .....	31
3.6.1	Uthenting av driftsdata .....	31
3.6.2	Haversineformelen .....	31
3.6.3	Analyse 1: Periode .....	33
3.6.3.1	Forsøk 1 .....	33
3.6.3.2	Forsøk 2 .....	34
3.6.3.3	Forsøk 3 .....	34
3.6.4	Analyse 2: Transitt .....	36
3.6.5	Analyse 3: DP-operasjoner .....	39
4	RESULTATER AV ANALYSER .....	42
4.1	Analyse 1: Periode .....	42
4.1.1	Fartøy A (Hybrid) .....	43
4.1.2	Fartøy B (Diesel) .....	44
4.2	Analyse 2: Transitt .....	45
4.2.1	Fartøy A (Hybrid) .....	45
4.2.2	Fartøy B (Diesel) .....	46
4.3	Analyse 3: DP-operasjoner .....	47
4.3.1	Fartøy A (Hybrid) .....	47

4.3.2	Fartøy B (Diesel) .....	49
4.4	Sammenligning .....	51
5	DRØFTING .....	54
5.1	Drøfting av resultat .....	54
5.2	Hel-elektriske offshorefartøy .....	56
5.3	Utbedringer .....	57
5.4	Videre arbeid.....	58
6	KONKLUSJON .....	59
7	Referanser .....	61
	VEDLEGG .....	65
A	Vedlegg: SQL management skripter .....	66
B	Vedlegg: Matlab skripter .....	67
C	Vedlegg: Matlab kart – transitt ruter .....	70
D	Vedlegg: Matlab kart – DP-operasjoner.....	72
E	Vedlegg: Fremdriftsplan .....	89
F	Vedlegg: Excel-filer.....	90
G	Vedlegg: Forprosjektrapport.....	91
H	Vedlegg: Referat fra møter .....	92

## FIGURLISTE

<i>Figur 2.1: Mengden (tonn) dieselforbruk som går til produksjon av energi (MWh) er avhengig av mengden MW som trengs til lasten. ([28], Olve Mo, SINTEF) .....</i>	<i>7</i>
<i>Figur 2.2: Grafen viser hvor mange tonn med diesel som går til produksjon av elektrisk energi (MWh) avhengig av mengden med MW som trengs til lasten. ([28], Olve Mo, SINTEF) .....</i>	<i>8</i>
<i>Figur 2.3: En-linjeskjema av kraftsystemet til Fartøy A. ....</i>	<i>13</i>
<i>Figur 2.4: Plassering av viktige komponenter på hybridskipet. [1] .....</i>	<i>14</i>
<i>Figur 2.5: Figuren viser oppbyggingen av en AFE-omformer fra ABB. ([9], Trainor) .....</i>	<i>15</i>
<i>Figur 2.6: Bilde av et Corvus Orca Energy ESS rack. ([12], Corvus Energy).....</i>	<i>16</i>
<i>Figur 2.7: Diagram som viser peak shaving metode. ([10], EvoEnergy).....</i>	<i>18</i>
<i>Figur 2.8: Grafen viser hvordan effektreserve prosessen gjennomføres. ....</i>	<i>19</i>
<i>Figur 2.9: Illustrasjon av SeaQ løsninger på ett skip [14] .....</i>	<i>21</i>
<i>Figur 3.1: Bildet viser ulike verdier «Tag IDer» som fartøyene har loggført. ....</i>	<i>25</i>
<i>Figur 3.2: Utkast av testing av haversineformelen. ....</i>	<i>32</i>
<i>Figur 3.3: Skjermdump av testing av haversineformelen mellom to kjente punkt. ....</i>	<i>33</i>
<i>Figur 3.4: Utkast fra tabell for drivstofforbruk for fartøy B (Diesel).....</i>	<i>35</i>
<i>Figur 3.5: Utkast fra tabell og analysering av generatorer for fartøy A (Hybrid). ....</i>	<i>36</i>
<i>Figur 3.6: Eksempel på reiserutene til Fartøy B (Diesel) vist som blå linje og Fartøy A (Hybrid) vist som rød linje.....</i>	<i>37</i>
<i>Figur 3.7: Utkast av tabeller fra analysering av en transitt rute for fartøy A (Hybrid). ....</i>	<i>38</i>
<i>Figur 3.8: DP-operasjon, periode 8, fartøy A (Hybrid) .....</i>	<i>40</i>
<i>Figur 3.9: Utkast fra tabell av analyseringen av fartøy A under DP-operasjoner. Fargede rader indikerer slutten på en DP-operasjon og starten på den neste. ....</i>	<i>41</i>
<i>Figur 4.1: Drivstofforbruk for periode, Analyse 1.....</i>	<i>51</i>
<i>Figur 4.2: Drivstofforbruk for transitt, Analyse 2. ....</i>	<i>51</i>
<i>Figur 4.3: Drivstofforbruk for DP-operasjoner, Analyse 3.....</i>	<i>52</i>
<i>Figur 4.4: Generatorsettenes driftstimer gjennom perioden, Analyse 1. ....</i>	<i>52</i>
<i>Figur 4.5: Generatorsettenes driftstimer i DP-operasjon, Analyse 3. ....</i>	<i>53</i>
<i>Figur 4.6: Antall på/av-sykluser per generatorsett gjennom perioden, Analyse 1. ....</i>	<i>53</i>



## TABELLER

<i>Tabell 1: Resultater av drivstofforbruket til Fartøy A, Analyse 1.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabell 2: Resultater av genset-analyse for Fartøy A, Analyse 1.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabell 3: Resultater av drivstofforbruket til Fartøy B, Analyse 1.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabell 4: Resultater av genset-analyse for Fartøy B, Analyse 1.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabell 5: Resultater av drivstofforbruket til Fartøy A, Analyse 2.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabell 6: Resultater av produksjon og forbruk av energi for Fartøy A, Analyse 2.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabell 7: Resultater av drivstofforbruket til Fartøy B, Analyse 2.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabell 8: Resultater av produksjon og forbruk av energi for Fartøy B, Analyse 2.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabell 9: Resultater av drivstofforbruket til Fartøy A, Analyse 3.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabell 10: Resultater av genset-analyse for Fartøy A, Analyse 3.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabell 11: Resultater av drivstofforbruket til Fartøy B, Analyse 3.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabell 12: Resultater av genset-analyse for Fartøy B, Analyse 3.....</i>	<i>50</i>

## **SAMMENDRAG**

Bachelorrapporten omhandler analysering av driftsdata fra to tilnærmet like offshorefartøy som driftes utenfor Norskekysten, der det ene fartøyet er ombygd til hybridskip og det andre fartøyet nytter kun fossile brennstoff. Oppgaven er gitt av Vard Electro AS og analysen gir svar på fordeler og ulemper ved bruk av batterisystemer på offshorefartøy.

Oppgaven er delt i to deler der første del går ut på å analysere driftsdataen og sammenligne resultatene mellom fartøyene for å se etter forbruk i diesellolje, samt andre verdier. Avgitt resultat vil vise til hvilket fartøy som forbruker minst drivstoff, og dermed er mest miljøvennlig. I del to vil det drøftes hvorvidt det er mulig å nytte hel-elektriske fartøy i offshorebransjen, ved hjelp av resultatet fra analysen.

Det vil også drøftes eventuelle feil som har oppstått under analyseringsprosessen og hvordan gruppen har valgt å løse oppgaven.

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis concerns analyzation of operating data between two almost identical offshore vessels that operates off the Norwegian coast, where one of the vessels is converted with hybrid propulsion and the other uses fossil fuel only. The assignment is given by Vard Electro AS and the analysis provides answers to the advantages and disadvantages of using battery systems onboard offshore vessels.

The task is divided into two parts where the first part is to analyze the operating data and compare the results between the vessels to look for consumption in diesel fuel, as well as other values. The results presented will indicate which vessel consumes the least fuel, thus most environmentally friendly. Part two will discuss the possibility to utilize fully electric vessels in the offshore industry, based on the results of the analysis.

It will also discuss any errors that have occurred during the analytical process and how the group has chosen to solve these problems.

# TERMINOLOGI

## Begreper

<b>Fartøy/Skip A</b>	Hybridfartøy (diesel-elektrisk).
<b>Fartøy/Skip B</b>	Fartøy som kun driftes av diesellolje (diesel).
<b>Energy Storage System</b>	Batterisystem som lades opp av overflødig energiproduksjon fra generatorer eller fra landforbindelse.
<b>State of Charge</b>	Gjenværende prosent kapasitet relativt til fulladet kapasitet i et batteri. SOC holdes helst mellom 20% og 80% for å bedre livstiden til batteriet.
<b>Depth of Discharge</b>	Differansen i prosent mellom SOC før og etter utlading.
<b>C-rate</b>	Ladning og utladings raten til et batteri. Et 10Ah batteri vil ved 1C levere 10A i 1 time, ved 0,5C vil det levere 5A i 2 timer og ved 2C vil det levere 20A i 30 minutter.
<b>Maximum Continuous Rating</b>	Den maksimale effekten en generator kan produsere når den kjører kontinuerlig under sikre grenser og forhold. Det er spesifisert på motorskiltet og i den tekniske filen til fartøyets dieselmotor.
<b>Dynamic Positioning</b>	Dynamisk posisjonering er en metode for å automatisk holde skip på en bestemt posisjon uten bruk av anker.
<b>Redundant Propulsion</b>	Overflødig produksjon av energi for å kunne drifte kraftsystemet og propulsjonen, dersom en feil oppstår på en side av hovedtavlen.
<b>Platform Supply Vessel</b>	Forsyningsskip for offshoreoperasjoner, primær funksjon som logistisk støtte.

<b>Structured Query Language</b>	Et spørrespråk for databaser som benyttes til å formulere og kjøre operasjoner mot RDBMS og som originalt er basert på relasjonsalgebra og -regning. ([15], Wikipedia)
<b>.bak</b>	Filtype. En sikkerhetskopi av en fil som blir laget når et program er i ferd med å overskrive en eksisterende fil.
<b>Beaufort</b>	Skala og måleenhet som brukes for å måle og uttrykke vindstyrke. ([17][17], Wikipedia)
<b>IF-setning</b>	Et if-else uttrykk returnerer en blokk av kode eller informasjon basert på om en bestemt betingelse er sann eller usann.

## Forkortelser

<b>AC</b>	Alternating Current
<b>DC</b>	Direct Current
<b>ESS</b>	Energy Storage System
<b>EMS</b>	Energy Management System
<b>BMS</b>	Battery Management System
<b>PMS</b>	Power Management System
<b>IAS</b>	Integrated Automation System
<b>MCM</b>	Master Control Module
<b>SOC</b>	State of Charge
<b>DOD</b>	Depth of Discharge
<b>C-rate</b>	Continuous Charge/Discharge Rate
<b>SFOC</b>	Specific Fuel Oil Consumption
<b>MCR</b>	Maximum Continuous Rating
<b>DP</b>	Dynamic Positioning
<b>RP</b>	Redundant Propulsion
<b>PSV</b>	Platform Supply Vessel

<b>MSB</b>	Main Switchboard
<b>NO</b>	Normally Open
<b>VSD</b>	Variable Speed Drive
<b>AFE</b>	Active Front End
<b>DG</b>	Diesलगeneratorsett
<b>RPM</b>	Revolutions Per Minute
<b>LC</b>	Spole-kondensator
<b>LCL</b>	Spole-kondensator-spole
<b>PS</b>	Port side
<b>STB</b>	Starboard
<b>RDBMS</b>	Relational Database Management System
<b>SQL</b>	Structured Query Language
<b>GB</b>	Gigabyte

## Symboler

V	Volt
$V_{ac}$	Volt, vekselspanning
$V_{dc}$	Volt, likespenning
kW	Kilowatt
MW	Megawatt
MWh	Megawattimer
Hz	Hertz
C	C-ratnm
Nm	Nautisk mil
kg	Kilogram
kg/h	Kilogram per time
L/h	Liter per time
$m^3$	Kubikkmeter
$m^3/døgn$	Kubikkmeter per døgn

# 1 INTRODUKSJON

I dagens samfunn har det blitt et økende fokus på å redusere utslipp av miljøskadelige gasser for å nå fremtidige klimamål. Skipsindustrien har vært nødt til å tilpasse seg denne utviklingen grunnet blant annet krav fra regjeringen. Som ett steg for å løse denne utfordringen har nyere teknologi blitt utviklet som kan hjelpe å redusere forbruket av drivstoff hos offshorefartøy med ett langsiktig mål om å nå null utslipp av klimagasser. Dette kan enten gjøres med å hel-elektrifisere fartøyene eller å utvikle hybrid systemer som kombinere batteri og bruken av brenselcelle.

Maritimbransjen har vist seg å være en av de bransjene som har hatt mest utvikling av miljøvennlig teknologi de siste 10 årene. I 2018 skrev DNV GL at det var omkring 200 hel-elektriske- eller hybrid-fartøy som enten var i drift eller under konstruksjon, en økning fra null i 2014 ([6], DNV GL).

Gruppen fikk i desember 2019 tilbud fra Vard Electro om å skrive bacheloroppgave i samarbeid med dem.

## 1.1 Problemstilling

Oppgaven er delt inn i to deler. I den første delen skal gruppen analysere driftsdata fra to tilnærmet like skipene, der det ene har blitt modifisert til hybriddrift og det andre bare nytter fossile brennstoff. Den andre delen er å undersøke muligheten for å nytte helelektriskeskip i offshoreindustrien. Gruppen går ut fra at det hypotetisk eksisterer lademuligheter ved oljefelter, lignende de som er ved hamn, og vil da drøfte mulighetene ved hjelp av resultatet fra den første delen.

## 1.2 Mål for oppgaven

Målet med oppgaven var å komme frem til konkrete resultater som kan vise til økonomiske og miljømessige fordeler og ulemper ved å installere batterisystemer i offshorefartøy. Spesifikt om det lønner seg å modifisere eksisterende skip med batterisystem etter som at det er lite sannsynlig å erstatte alle operative dieseldrevne fartøy med nybygget hybrid- eller hel-elektriske-fartøy. Gruppen ønsket også at resultatet skulle vise om batterisystemet hadde fungert som forventet eller om det avviker fra det som var antatt. I tillegg kunne det muligens vise områder der batterisystemet ikke var utnyttet på en ideell måte, slik at man kan komme frem til andre måter å drifte det på for å oppnå bedre utnyttelse av batteriet. Til slutt ønsket vi å komme frem til et konkret svar på om dagens teknologi er god nok til at hel-elektriske offshorefartøy kan være realistiske og et godt alternativ. Spesifikt om det lønner seg å modifisere eksisterende skip med batterisystem etter som at det er lite sannsynlig å erstatte alle operative dieseldrevne fartøy med nybygget hybrid- eller hel-elektriske-fartøy

## 1.3 Hensikten med oppgaven

Hensikten med oppgaven var å komme frem til en konklusjon på hvilket fartøy som opererte med minst drivstoff forbruk og utslipp, samt hvilket fartøy som driftes med størst økonomisk gevinst.

Gruppen skal også komme frem til en konklusjon om muligheten til å hel-elektrifisere fartøyene i fremtiden basert på verdiene fra resultatene i analysen. Hensikten med dette er å annullere all utslipp av miljøskadelige gasser for å nå fremtidige klimamål, samt å ytterligere redusere økonomiske utgifter i form av drivstoff kostnader.



## 1.4 Begrensninger

Hovedsakelig vil de fleste begrensningene i oppgaven omhandle dataen gruppen skal analysere. Ett eksempel på dette er mengden med data som er tilgjengelig, der all data er hentet fra år 2019. Det vil si at gruppen ikke har mulighet til å sammenligne verdiene som Fartøy A logget før det ble modifisert med batterisystem.

En annen begrensning er at dataen kan være korrupt. Da er gruppen nødt til å bruke mer tid på å verifisere dataen. I verste fall kan utfallet av oppgaven resultere til at vi ikke kan belegge oss på resultatene fra analysen.

Det er også begrenset tilgang til dokumentasjon om skipene. Gruppen har kun tilgang til systemfilosofien, inkluderer en-linje diagram, for Fartøy A (Hybrid) fra da det ble modifisert med batterisystem. Det vil si at gruppen tar utgangspunkt i den samme systembeskrivelsen for Fartøy B (Diesel) som for Fartøy A (Hybrid), med unntak av batterisystemet og tilkoblingsmodul til land-strøm («shore connector»).

## 1.5 Vard Electro AS

Vard Electro AS er en internasjonal bedrift med hovedkontor i Tennfjord, Møre og Romsdal. De er kjent globalt for rådgivning og utvikling av avansert maritim elektronikk og nøkkelferdige elektriske system for global maritim- og offshoreindustri, slagordet deres er; «Easy operations at Sea». ([7], Vard Electro AS)

## **1.6 Rapportens struktur**

### **2 – Teoretisk grunnlag:**

Teoretisk grunnlag introduserer litt om oppstanden til elektrisk fremdrift, ulike fordeler ved bruk av batteri på fartøy, samt en beskrivelse om systemene og de ulike driftsmodusene til fartøyene oppgaven omhandler.

### **3 – Metode:**

Inneholder en oversikt over hvilken programvare som ble tatt i bruk, hvordan gruppen bearbeidet dataen som ble tatt i bruk i analysen, samt en fremgangsmetode på hvordan analysen ble gjennomført og ulike feil gruppen oppdaget underveis.

### **4 – Resultat av analyse:**

Her blir resultatene fra analysen presentert med ulike illustrasjoner i form av tabeller og grafer.

### **5 – Drøfting:**

Her drøftes resultatene fra analyseringene, samt utbedringer som kunne vært gjort for å oppnå bedre resultater. Det drøftes også muligheten for hel-elektrifisering av offshorefartøy og hvilket arbeid som kan utføres i en eventuell ny oppgave.

### **6 – Konklusjon:**

Her vil det bli gitt en oversikt over de viktigste resultatene som gruppen kom frem til og erfaringen gruppen har opparbeidet seg i prosessen.

## 2 TEORETISK GRUNNLAG

### 2.1 Motivasjonen ved bruk av Elektrisk Framdrift

Konseptet bak elektrisk fremdrift er en ide som er mer enn 100 år gammel, men det var ikke før på 1980 - 1990 tallet man oppdaget mulighetene til å kontrollere elektriske motorer med variabel hastighet der man har tilgang til et stort kraftsortiment med kompakte, pålitelige og kostnadskompetitive løsninger. Dette har resultert til at nye applikasjoner kan tas i bruk i sjøfartindustrien. Etter at disse nye applikasjonene ble tilgjengelig for sjøfartindustrien har flere fartøy blitt konvertert til hybridskip med ulike kombinasjoner som batteri og gassturbiner eller batteri og dieselgeneratorer. ([3], Alf Kåre Ådnes, ABB)

I dag er det installert batterier i mange ulike typer fartøy som for eksempel Cruiseskip, ferjer, DP drilling fartøy, logistikk fartøy og krigsskip. Det er flere grunner til at man velger å installere batterier på fartøy. Dette er avhengig av hvilke operasjoner disse fartøyene skal utføre, men hovedsakelig vil motivasjonen være å redusere:

- Utslipp
- Drivstofforbruk
- Kost
- Vedlikehold
- Akustisk støy
- Risiko

En annen motivasjon for å installere batteri på fartøyer i fremtiden er å oppfylle et økende krav om å tilfredsstille miljømessige reguleringen som setter begrensninger på utslipp og støy. Noe som vil være mer kritisk å følge opp i vernede områder og lokale havner ([27], Olve Mo, SINTEF). Man vil også forlenge levetiden av fartøyet grunnet en reduksjon av utslipp og vedlikehold som nevnt ovenfor. Dette gjelder spesielt for fartøy med høy variasjon av last i generatorer ([3], Alf Kåre Ådnes, ABB).

## 2.2 Fordel med bruk av Batteri på fartøy

En av de største fordelene med batterisystem om bord på offshorefartøy er reduksjonen av drivstofforbruk og utslipp. Ett eksempel på dette er fartøyet Viking Energy, ett tidligere full drevet diesel fartøy som ble ombygd til ett hybridfartøy. Det viste seg at fartøyet hadde en reduksjon i forbruk og utslipp på 30 % når fartøyet var posisjonert i DP-modus ute på åpent havet. ([24], Equinor)

Flere fordeler ved bruk av Batteri på fartøy er nevnt nedenfor:

### 2.2.1 Strøm som alternativ til diesel ved kai eller ankring

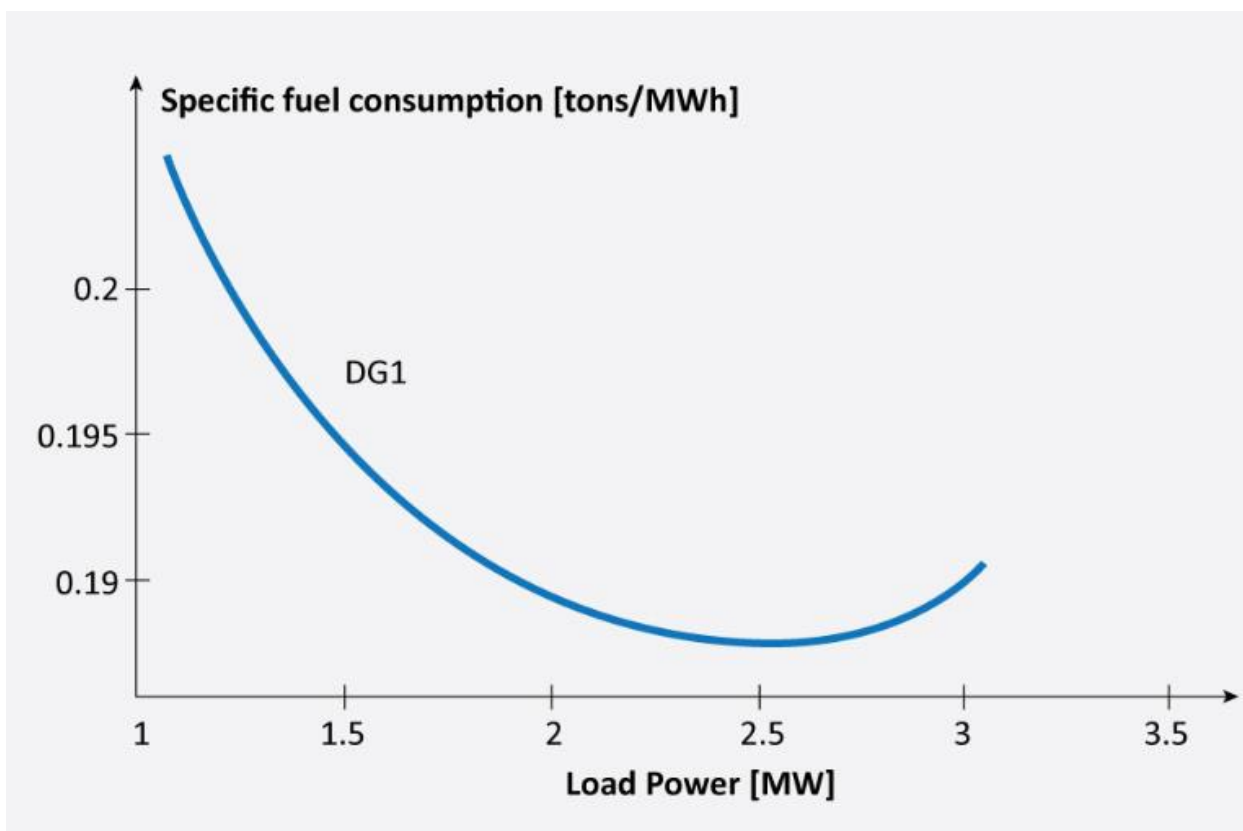
Fordelen med å bruke batterier som ett alternativ til diesel når fartøyene ligger til kai/ankring er at batteriene har som oftest nok kapasitet til å drifte fartøyet uten hjelp av dieselgeneratorene grunnet det lave forbruket av elektrisitet. Det er også mulighet til å direkte koble seg til landbaserte lade-stasjoner (Dette har Fartøy A (Hybrid) muligheten til). Å ta i bruk energi fra kai er ikke mulig for alle fartøyer, dette er fordi det avhenger av tilgjengelige ladestasjoner og om fartøyet har tilkoblingsmodul installert. Fartøy uten tilkoblingsmodul installert er avhengig av å starte opp dieselgeneratorene når batteriene trenger å lades. ([27], Olve Mo, SINTEF)

Om fartøyene har mulighet til å koble seg til landbasert energi forsyning vil dette gi redusert utslipp og redusert energikostnad med hensyn til at elektrisk energi i Norge er billigere enn dieselolje per kWh energi nyttet om bord på fartøyet. Totalt sett så vil nok kostnadsreduksjonen variere avhengig av fartøy, hvilke operasjoner fartøyet utføre ved kai/ankring og eventuelle avgifter for utslipp. ([27], Olve Mo, SINTEF)

Konklusjonen er at mannskapet og omgivelsene rundt og i fartøyet vil oppleve mindre støy og utslipp av eksos. Reduksjonen av utslipp skyldes av at dieselgeneratorsettene kan driftes med mer optimal belastning under lading, noe som ikke hadde vært tilfelle for et fartøy som driftes med kun dieselgeneratorer der man konstant kjører ved lav belastning. Mer optimal belastning betyr bedre virkningsgrad og vesentlig reduksjon av utslipp. ([27], Olve Mo, SINTEF)

## 2.2.2 Strategisk belastning av dieselgeneratorer

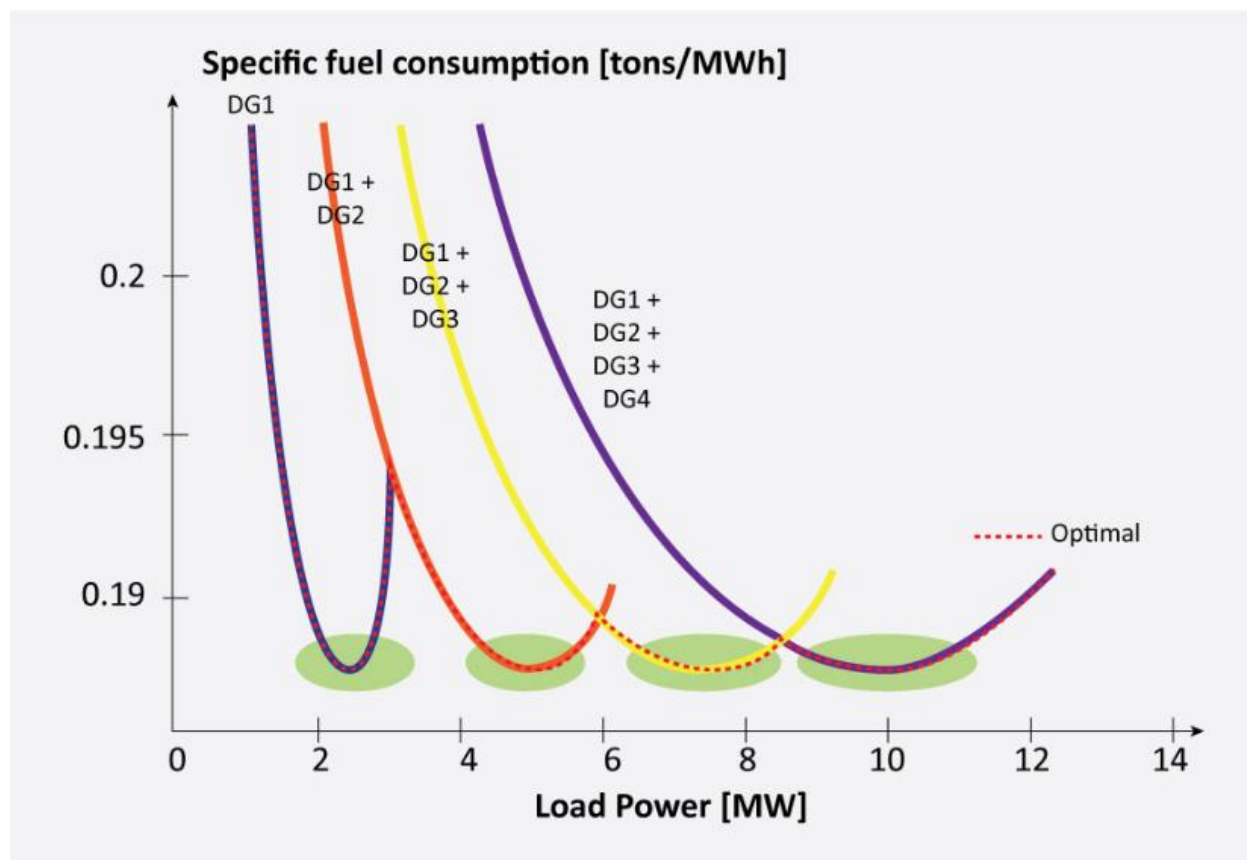
Med ESS installert i fartøyet er det mulig å regulere belastningen på dieselgeneratorene slik at disse kjører med bedre virkningsgrad. På det fleste fartøy kjøres dieselgeneratorene med konstant turtall slik at man får generert en vekselspanning med en frekvens på 50 eller 60 Hz. Som ett resultat av dette vil virkningsgraden til generatorene variere ut ifra hvor mye energi de produserer. ([27], Olve Mo, SINTEF)



Figur 2.1: Mengden (tonn) dieselforbruk som går til produksjon av energi (MWh) er avhengig av mengden MW som trengs til lasten. ([27], Olve Mo, SINTEF)

For å oppnå god produksjon av energi per liter dieselolje vil man prøve å ligge i området 80-100 prosent av maksimal produksjon (MCR), dette er avhengig av hvilken type motor man har. Belastningen på dieselgeneratoren i et fartøy som ikke har installert ESS er determinert av den elektriske energien som er tilgjengelig om bord på fartøyet. Resultatet av dette er at disse fartøyene ofte driftes med dårlig virkningsgrad. ([27], Olve Mo, SINTEF)

De fleste fartøy i dag har flere dieselgeneratorer som kan kompensere for den dårlige virkningsgraden. Dette gjøres med å variere antall dieselgeneratorer som tas i bruk ut ifra lasten. Ved å gjøre dette så blir den gjennomsnittlige virkningsgraden bedre i forhold til å drifte alle generatorene samtidig eller om man installerte en stor dieselgenerator som dekket all last i fartøyet. ([27], Olve Mo, SINTEF)



Figur 2.2: Grafen viser hvor mange tonn med diesel som går til produksjon av elektrisk energi (MWh) avhengig av mengden med MW som trengs til lasten. ([27], Olve Mo, SINTEF)

Rød stiple linje illustrerer når man oppnår en optimal virkningsgrad ut ifra antall dieselgeneratorer som er i drift. Med ESS installert vil fartøyene konstant holde seg innenfor grønn sone og dermed oppnå bedre total virkningsgrad og med hensyn til tap i batteriene. ([27], Olve Mo, SINTEF)

### 2.2.3 Utjevning av belastningstopper på dieselgeneratorene

Fordelen med Hybrid-fartøy er at batteriene kan fungere som en reserve for å dekke kortvarige behov for ekstra elektrisk energi som nevnt i kapittel 2.6.1.2. Man slipper å drifte flere generatorer enn det gjennomsnittslasten tilsier. En annen fordel med batteriet er at man slipper å stadig starte og stoppe en ekstra generator. Dette redusere drivstofforbruket betydelig og resulterer i mindre slitasje på generatorsettene. Fartøy som operere med store kraner som for eksempel boreskip vil kunne ha stor nytte med bruk av batteri fordi det blir enklere å utnytte bremseenergien til kranene når de senker lasten. ([27], Olve Mo, SINTEF)

### 2.2.4 Batterier åpner opp muligheten for bruk av lavtrykks gassmotorer og brenselceller

Det er estimert ifølge «The Third IMO Greenhouse Gas Study 2014» at klimagass utslipp (CO<sub>2</sub> ekvivalenter) fra maritime fartøy vil øke fra 50% til 250% i år 2050. For å nå anslåtte klimamål er vi nødt til å komme frem til nye løsninger som kan bidra til å redusere utslipp av klimagasser. En av flere løsninger som forskere jobber med å realisere (og som har blitt realisert til en viss grad) er bruken av lavtrykks gassmotorer og brenselceller i kombinasjon med batterier. ([31], IEEE Access, Torstein I. Bø)

Batterier med kombinasjon av enten lavtrykks gassmotorer eller brenselceller gjør det mulig å redusere utslipp av CO<sub>2</sub> betraktelig mer enn ved bruk av dieselgeneratorer. Begge disse løsningene kommer med begrensninger når det gjelder hurtige endringer i kraftbehov. Det er derfor ikke mulig med dagens teknologi, å være avhengig av at lavtrykksmotorer eller brenselceller blir benyttet som de eneste energikildene på fartøyene. ([27], Olve Mo, SINTEF)

### 2.2.5 Effektreserve

Effektreserve går ut på å ha momentant tilgjengelig effekt i reserve som kan tas i bruk på fartøyet under kritiske operasjoner i tilfelle strømforsyningen til motorene eventuelt skulle feilet (defekte dieselgeneratorer, feil på linje osv.) ([19], ABB). Mer utfyllende informasjon om dette kan leses under kapittel 2.6.1.2.

## 2.3 Regelverk

### 2.3.1 DNV GL

Den maritime næringen er regulert av ulike klasse notasjoner fra organisasjoner som DNV GL. Formålet med disse reguleringene er å fremme sikkerhet, kvalitet, energieffektivitet og miljøytelse innen den globale skipsindustrien.

Selskap som Det Norske Veritas AS (DNV) og Germanischer Lloyd SE (GL), i dag kjent som DNV GL (grunnet fusjonering) spesialiserer seg innen risikoanalyser og klassifisering av maritime fartøy. De har etablert regler som omhandler prosessuelle og tekniske krav. Disse reglene er knyttet til anskaffelse og bevaring av maritime klasse-sertifikater. ([23], DNV GL)

#### 2.3.1.1 “Chapter 2 Propulsion, power generation and auxiliary systems”

**“Part 6 Additional class notations”. “DNV GL rules for classification: Ships (RU-SHIP)”.**

Dette kapittelet omhandler redundant propulsjon (RP). Spesifikt introduserer dette kapittelet regler som forsikrer at propulsjon og manøvrering systemet vil være operasjonelt, eller restaurert etter at en feil oppstår. ([22], DNV GL)

### 2.3.2 Petroleumstilsynet

Petroleumstilsynet, også kalt «Ptil» er et statlig tilsyns- og forvaltningsorgan med myndighetsansvar for sikkerhet, arbeidsmiljø, beredskap og sikring i petroleumsindustrien.

Petroleumstilsynet har ansvar for å sette rammer for petroleumsindustrien og at alle operasjoner innen denne sektoren blir fulgt opp på en forsvarlig måte.

I oppgaven vil vi referere til regler som omfatter offshore fartøy når de opererer innenfor Petroleumstilsynets ansvarsområde. ([29], Petroleumstilsynet)



### **2.3.2.1 § 52 Etablering av sikkerhetssoner**

Paragrafen viser til at det skal etableres en sikkerhetssone «rundt og over innretninger, unntatt undervannsinnetninger, rørledninger og kabler», dette er med unntak at Arbeids- og sosialdepartementet fastsetter noe annet. ([28], Petroleumstilsynet)

### **2.3.3 Lovdata**

Lovdata er stiftet av Justisdepartementet og Det juridiske fakultet i Oslo. Formålet med stiftelsen er å «opprette, vedlikeholde og drive systemer for rettslig informasjon».

«Lovdata har en sentral rolle i forvaltningen av det rettslige informasjonssystemet, blant annet ved en kontinuerlig konsolidering av hele det norske regelverket.» ([25], Lovdata)

#### **2.3.3.1 § 4. (sikkerhetssone i tilknytning til innretning for fornybar energiproduksjon)**

Ifølge denne paragrafen i forskriftene til «Lovdata» er sikkerhetssoner etablert for å ivareta sjøsikkerhet eller sikkerheten til en innretning for fornybar energiproduksjon.

I norsk økonomisk sone og på kontinentalsokkelen kan sikkerhetssonen ha en utstrekning på inntil 500 meter fra innretningens ytterkanter.

Det ilegges restriksjoner på ferdsel innenfor disse sikkerhetssonene for offshore fartøy der man må ha spesiell tillatelse for entre disse sonene. ([30], Samferdselsdepartementet)

## 2.4 Skipene

Driftsdataene som er analysert kommer fra to tilnærmet like skip, Fartøy/Skip A og Fartøy/Skip B, som utviklet og bygget av VARD. Disse er forsyningskip som operer innenfor offshoreindustrien, oftest kalt PSV. VARD beskriver de slik: «PSVs som kan utføre forskjellige oppgaver for å støtte offshoreoperasjoner, designet med et fokus på lastekapasitet, gode manøvreringsevner og lavt drivstofforbruk» ([8], VARD). Fartøy A har blitt modifisert til hybriddrift og driftes med en kombinasjon av flere dieselgeneratorsett og ett batterisystem (ESS), Fartøy B driftes bare av dieselgeneratorsett. Begge skipene opererte i 2019 fra samme havn ved Norskekysten til samme oljefelt i Nordsjøen.

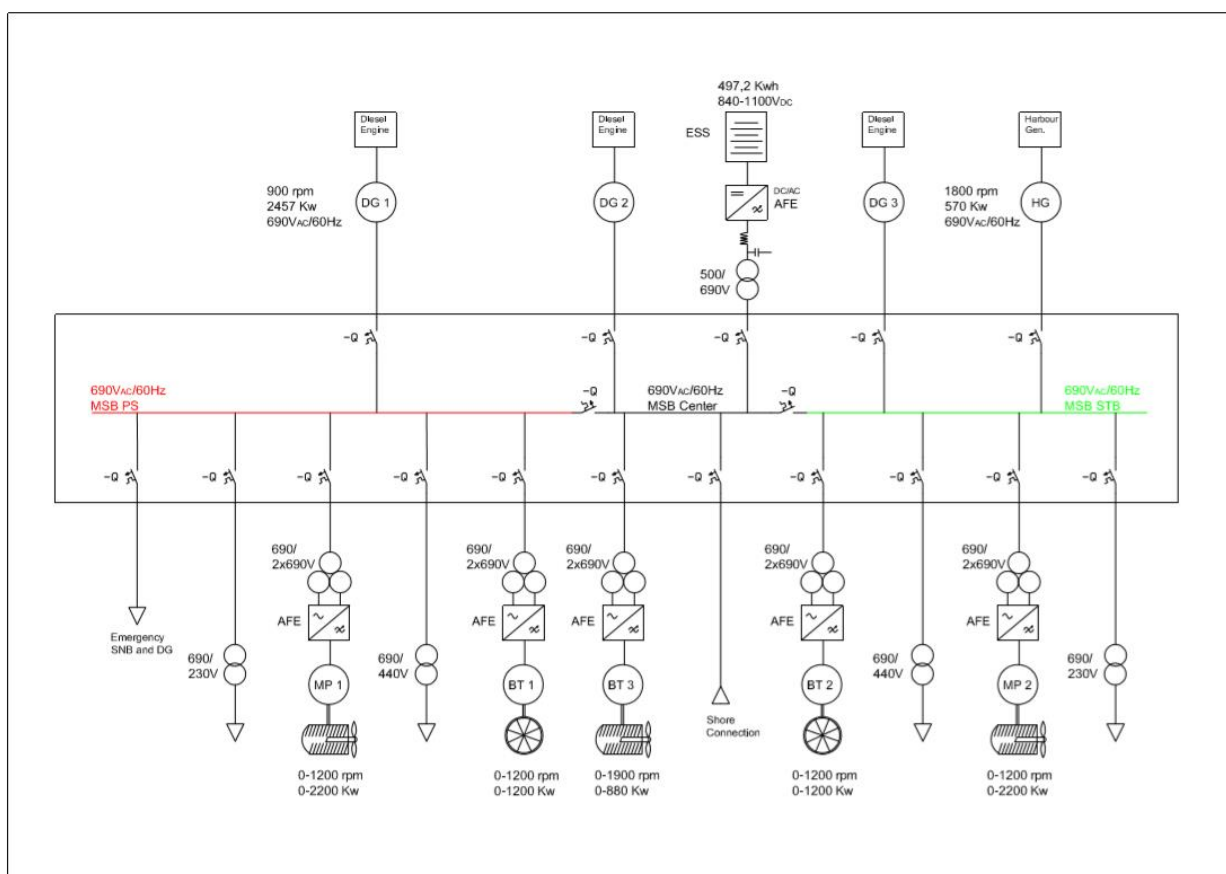
### 2.4.1 Systembeskrivelse

**NB!** Siden gruppen bare har mottatt dokumentasjon fra Fartøy A (Hybrid) da det ble ombygget, er det tatt utgangspunkt i at Fartøy B (Diesel) er identisk med unntak av batterisystemet og tilkoblingsmodulen til land-strøm. Systembeskrivelsen i dette delkapittelet vil gjelde begge fartøyene, med unntak av siste avsnitt som beskriver batterisystemet, dette gjelder bare for Fartøy A (Hybrid).

Det elektriske kraftsystemet er vist i *Figur 2.3*. Kraftsystemet består av en hovedtavle med et spenningsnivå på 690 Vac og tre hoved-dieselgeneratorsett, hvert generatorsett har en nominell effekt på 2457 kW. Hovedtavlen er delt inn i tre seksjoner ved hjelp av effektbrytere (bus-ties), babord, senter og styrbord. Disse er NO, men lukket ved normal drift. Tavlen er delt for å oppnå kravet om redundans i kraftsystemet og hver komponent er koplet på via en effektbryter.

Generatorsettene er koblet til- og supplerer hver sin del av hovedtavlen, på styrbord siden er det også ett fjerde hjelpe/havne-dieselgeneratorsett på 569 kW nominell effekt. På babord siden av hovedtavlen er det koplet på en nød-tavle med egen nød-generator, denne har en nominell effekt på 180 kW og er ikke tiltenkt å fungere i parallell med det andre generatorsettene. I tillegg til hovedtavlen og nød-tavlen er det også tavler om bord med ulike spenningsnivåer for ulik bruk, en på 230 V for hotelldrift (belysning, stikkontakter o.l.) og en på 440 V spenning for større

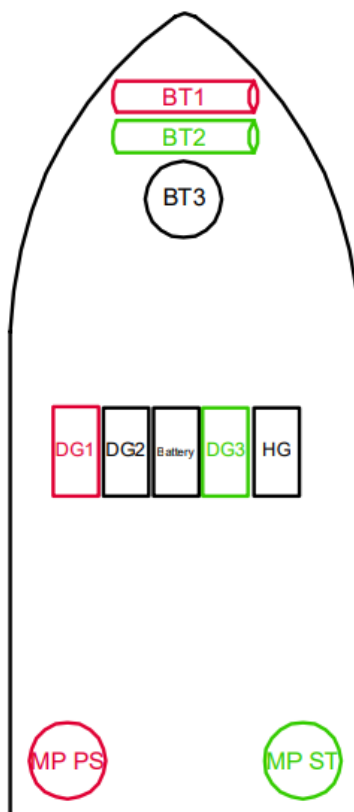
forbrukere som ballastpumper og klimaanlegg. Disse er delt inn i to seksjoner ved hjelp av effektbrytere. ([1], Vard Electro)



Figur 2.3: En-linjeskjema av kraftsystemet til Fartøy A.

Plassering av thrustere og andre komponenter på skipene er vist i Figur 2.4. I skipenes akter er det plassert to thrustere, disse står for mesteparten av fremdriften til skipene. Propulsjonen til disse thrusterene kommer fra to asynkronmotorer som er koblet på hver sin AFE-omformer, også kalt VSD (se kap. 2.5), omformeren kontrollerer hastigheten og dreiemomentet til motoren ved å justere inngangsspennning og -frekvens. Disse systemene blir kallet MP1 og MP2 (Main Propulsion), hver av disse kan leverer en effekt mellom 0 og 2200 kW ved 0 til 1200 rpm. I baugen er det plassert mindre tunnel-thruster (BT1 og BT2) og en uttrekkbar thruster (BT3), disse brukes når skipene legger til og forlater havner, samt ved DP operasjoner og andre små retningsjusteringer. Thrusterene i baug er koblet til lignende systemer som hoved-thrusterene i akter, propulsjon-systemet til BT1 og BT2 kan levere en effekt mellom 0 og 1200 kW ved 0 til

1200 rpm hver, propulsjon-systemet til BT3 kan levere en effekt mellom 0 og 880 kW ved 0 til 1800 rpm. Hvert propulsjon-system ombord er koblet på hovedtavlen via to 690/690 V<sub>AC</sub> transformatorer. ([1], Vard Electro)

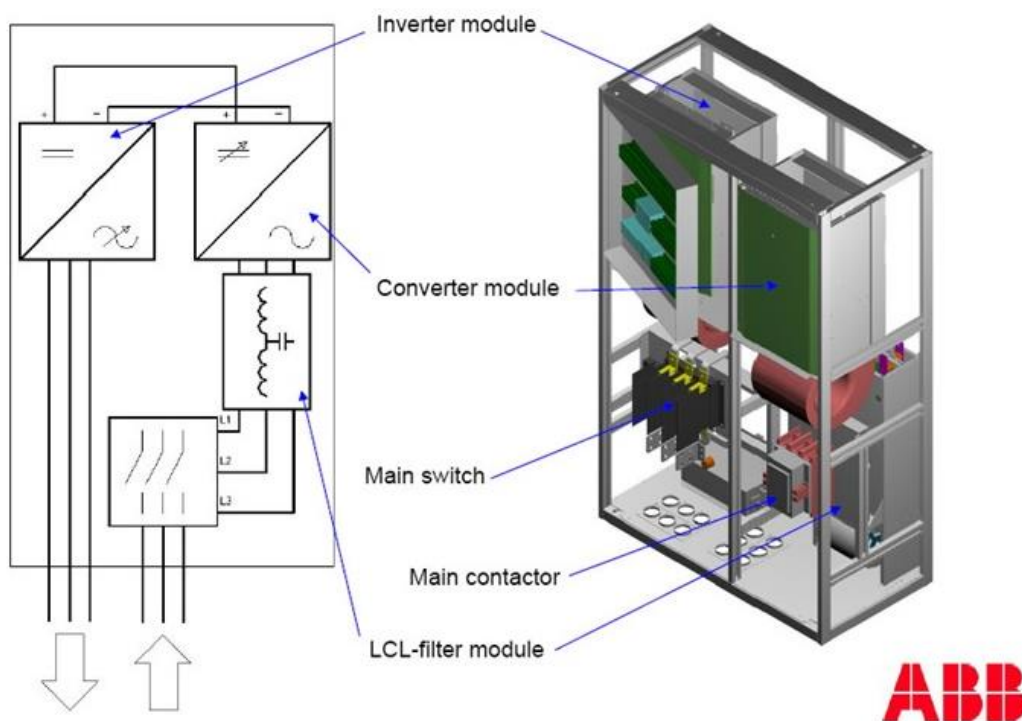


Figur 2.4: Plassering av viktige komponenter på hybridskipet. [1]

Fartøy A er ettermontert med ett litium-ion-batterisystemet (ESS) som har en nominell kapasitet på 497,2 kWh og en oppladning/utladnings begrensing på 1.500 kW (3,0C). Dette er et batteri med en relativt liten kapasitet, slike batterier nyttes for det meste ved bruk av peak shaving under transitt (se kap. 2.6.1.1), siden det vil lades ut raskt ved bruk andre driftsmoduser. Batteriet er koblet til hovedtavlens senterseksjonen, via en DC/AC-AFE-omformer, ett LC-filer og en 500/600 V<sub>AC</sub> transformator. På samme tavleseksjon er det også en tilkoblingsmodul til landstrøm (shore connector), for å kunne lade opp batteriet når skipet ligger ved havner som har ladestasjon. ([1], Vard Electro)

## 2.5 AFE-omformer

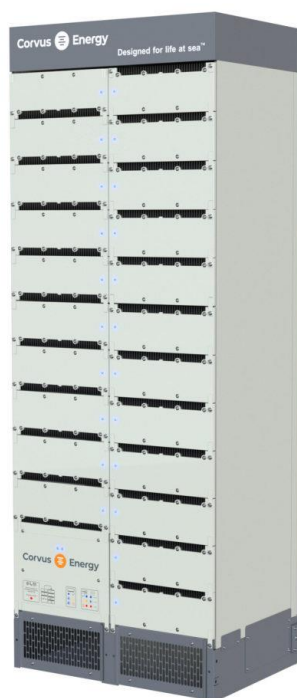
Oppgaven til en frekvensomformer er å omforme vekselspanning med en gitt frekvens til en vekselspanning med en annen frekvens, dette gjøres ved hjelp av en likeretter sammenkoblet med en vekselretter. Slike omformere, som flere andre elektriske komponenter, kan forårsaker uharmonisk støy på nettet. Elektrisk støy er hovedsakelig et problem for signalstrømmer fra sensorer o.l., men kan også forårsake uregelmessigheter i kraftnett. En AFE, eller Active Front End omformer, er en frekvensomformer med ett innebygd LCL-filter på inngangen, dette hjelper til å skape en nesten perfekt sinusformet inngangsspenning som forårsaker minimalt støy (se *Figur 2.5*). All strømmen AFE-omformeren trekker må gå gjennom filteret, dette fører til et ekstra energitap på 2-3 prosent i forhold til en tradisjonell frekvensomformer. Tross det ekstra energitapet, blir AFE-omformer valgt fordi de er billigere og tar mindre plass enn andre løsninger for støyreduksjon. ([9], Trainor)



Figur 2.5: Figuren viser oppbyggingen av en AFE-omformer fra ABB. ([9], Trainor)

## 2.6 ESS - Energy Storage System

Energilagring kan potensielt gi store fordeler innenfor flere bransjer og områder, for eksempel bygninger og hjem med større solenergisystem kan lade opp et batteri på dagtid, slik at de kan fortsette å nytte grønnenergi etter solen går ned. På samme måte gir ett litium-ion-batterisystem om bord et hybridskip muligheten til å lagre energi, slik at det kan forbrukes på det beste tidspunktet. *Figur 2.6* viser ett batterirack fra produsenten Corvus Energy.



*Figur 2.6: Bilde av et Corvus Orca Energy ESS rack. ([12], Corvus Energy)*

### 2.6.1 EMS og ulike driftsmoduser

Et maritimt batterisystem (ESS) består av mye mer enn bare selve batteriet, en rekke overvåkings-, sikkerhets- og styringssystemer sørger for at systemet opererer optimalt og trygt under sikre grenser.

Kraftsystemet om bord hybridskipet blir kontrollert av VARDs SeaQ EMS, det innebærer:

- C-rate
- DoD-kontroll
- Justere lastnivået til generatorene, basert på dynamisk belastningsnivå.
- IAS/PMS og BMS grensesnitt.

I tillegg brukes en støttekontroll for å håndtere støttefunksjoner og eksterne sikkerhetssystemer for batterisystemet, det innebærer blant annet:

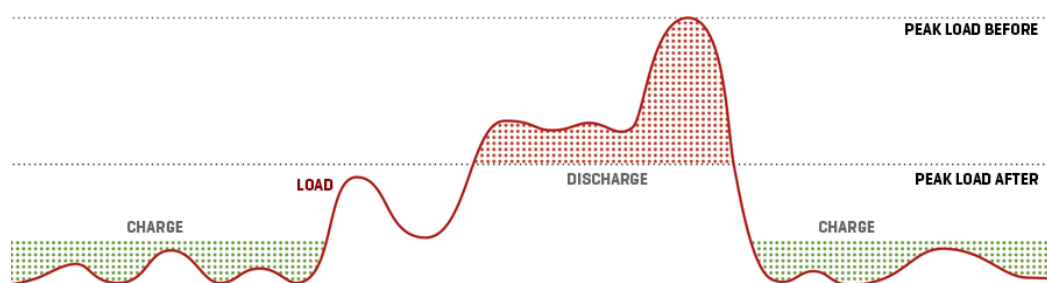
- Nødstoppsystem
- Gass- og branndeteksjon
- Overvåking av ulike temperaturer og sikringer mm.

([1], Vard Electro)

Ved å kontrollere ulike aspekter av kraftsystemet kan EMSen justere energiproduksjonen og batteriets status, for å endre driften av skipet slik at det operer optimalt for ulike operasjoner. De ulike driftsmodusene er oppgitt og forklart under:

### 2.6.1.1 Peak Shaving Mode

Ved peak shaving leverer generatorsettene en bestemt effekt ved jamn belastning, mens batterisystemet kompenserer for variasjoner i last. Batteriet som fungerer som en umiddelbar energikilde vil da lades ut når belastningen blir større enn produksjonen fra generatorsettene, når det produseres mer enn det brukes vil batteriet lades opp av den redundante energiproduksjonen. I denne modusen vil batteriet lades og utlades automatisk, hybridskipet i denne oppgaven forsøke å holde batteriet mellom 50-80% SOC ([1], Vard Electro). Peak shaving forbedrer drivstoffeffektiviteten og redusere driftstid og slitasje på generatorsettene.

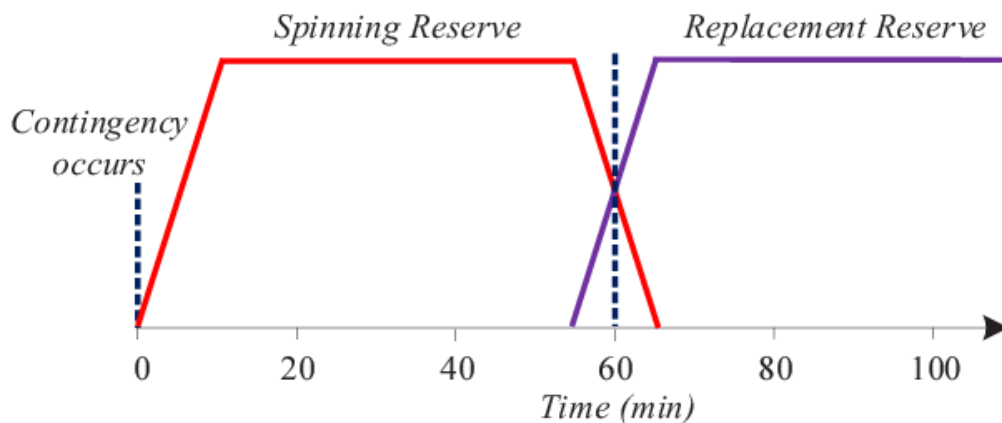


Figur 2.7: Diagram som viser peak shaving metode. ([10], EvoEnergy)

### 2.6.1.2 Spinning-reserve mode (effektreserve)

Effektreserve går ut på å ha momentant tilgjengelig effekt i reserve som kan tas i bruk på fartøyet under kritiske operasjoner i tilfelle strømforsyningen til thrusterene eventuelt feiler (defekte dieselgeneratorer, feil på linje osv.). Grunnet dette vil fartøy som ikke har installert ESS drifte flere generatorer samtidig, noe som strengt tatt ikke er nødvendig for å opprettholde dette behovet, men for sikkerhetsmessige årsaker er dette nødvendig ([22], DNV GL). Resultatet av dette er vesentlig høyere forbruk av dieselolje.





Figur 2.8: Grafen viser hvordan effektreserve prosessen gjennomføres.

Grafen viser et scenario når effektreserve blir tatt i bruk ut ifra et tidsperspektiv på 100 min. Blå stiplet linje (Contingency occurs) viser når en feil har oppstått (for eksempel i generatorsettene), Rød linje viser når effektreserven aktiveres og avsluttes, lilla linje viser oppstart av reservegenerator. ([34], Wenping Zhang)

Ett eksempel på en slik kritisk operasjon er når fartøyene operere innenfor sikkerhetssonen ved en Oljeplattform (se kap. 2.3.2). I disse omstendighetene er fartøyene nødt til å operere med alle dieselgeneratorene i drift samtidig for å opprettholde sikkerhetsmessige tiltak, men for ett fartøy med ESS installert vil det ikke være behov for å drifte alle dieselgeneratorene samtidig, det kan være nok å drifte to dieselgeneratorer samtidig avhengig av fartøyets spesifikasjoner.

Med batterier installert vil disse fartøyene kunne operere med færre aktive dieselgeneratorsett og samtidig opprettholde effektreserve. For enkelt fartøy vil dette gi en reduksjon på mer enn 10 % dieselforbruk og utslipp under disse kritiske operasjonene. ([27], Olve Mo, SINTEF)

Avhengig av applikasjonene som er om bord fartøyet vil dette batterisystemet respondere i løpet av millisekunder eller minutter og forsyne kraftnettet med strøm frem til backup generatorene blir startet opp og kjører normalt igjen. Konklusjonen er at med ESS installert er det mulighet til å erstatte behovet for å drifte flere generatorer samtidig med dårlig kraftuttak, til å kunne kjøre et bestemt antall generatorene med optimalt kraftuttak og ha batteriet som backup. Man vil altså kunne eliminere behovet for backup generatorer som driftes med lavere belastning og dårligere virkningsgrad. ([19], ABB)

### 2.6.1.3 DP mode - Dynamisk posisjonering modus

Dynamisk posisjonering er en metode for å automatisk holde skip på en bestemt posisjon uten bruk av anker. Et datasystem samler inn data om skipets posisjon og retning, samt miljøets påvirkning på skroget, styrke og retning på vind, bølger og havstrømmer. Datasystemet bruker dataen til å kalkulere ut nødvendige justeringer for å holde posisjonen, for så å sende kommandosignaler til skipets thrustere, propeller og ror. DP blir for det meste brukt av PSVer for å ligge stille enten ved oljeriggen eller en sikker distanse fra oljerigger, borerigger og andre offshoreinstallasjoner. Når skip befinner seg i slike områder er de krevet å ha redundans i kraftsystemet dersom en feil oppstår (se kap. 2.3.1). Batterisystemer kan forsyne strøm nesten umiddelbart, derfor er det ikke nødvendig å kjøre en ekstra generator som backup når det kreves redundans. Hybridskipet i denne oppgaven forsøker å holde batteriet ved 66%  $\pm$ 5% SOC under DP-operasjoner ([1], Vard Electro). Ved DP-operasjoner er det ikke like mye last som ved transitt, når skip da må kjøre en ekstra generator som backup må disse kjøre med lav belastning. Ved lavere belastning vil generatorene forbruke mer drivstoff for å produsere samme mengde energi (se *Figur 2.1*, kap. 2.2.2), det kan også forårsake mer slitasje. Bruk av batterisystem ved DP-operasjoner gjør at det som oftest er nok å kjøre en generator med høyere belastning. Hybridskip vil ved DP ha bedre drivstoffeffektivitet, samt redusert driftstid og slitasje på generatorene i forhold til et skip uten batterisystemer. ([4], Offshore Engineering)

### 2.6.1.4 Harbour Mode (havnemodus)

I havnemodus vil strømstyringssystemet (PMS) koble fra alle generatorsettene om lasten er under betinget stoppegrense. Dette vil resultere til at hovedtavlen (MSB) er kun forsynt med elektrisitet fra batteriene eller fra havn tilkoblingen, eller en kombinasjon mellom begge. Om det er behov for mer energi vil PMSen koble til et generatorsett. Havnemodus passer på at batteriene holder seg mellom 55-85% SOC. ([1], Vard Electro)

### 2.6.1.5 Manual Charge mode (manuell oppladings-modus)

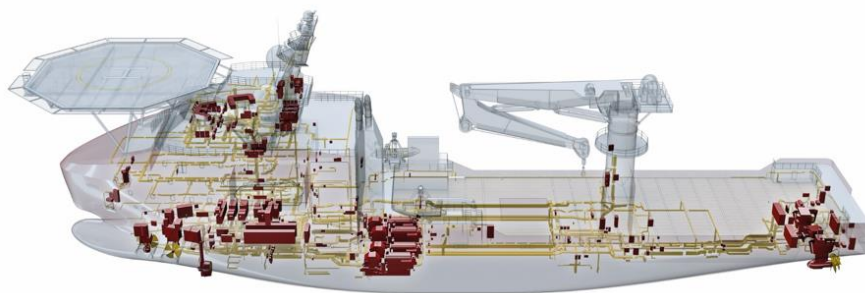
I oppladings-modus er det mulighet til å lade eller utlade batteriene med en forhåndsinnstilt verdi. Dette vil tillate en stødig effekt flyt til og fra batteriet når man lader eller utlader. Når denne modusen er aktivert er det ikke mulig å ta i bruk «Peak Shaving modus». ([1], Vard Electro)

## 2.7 VARD SeaQ

SeaQ er merkenavnet på alle systemer og løsninger VARD med Vard Electro utvikler og vedlikeholder selv, merkenavnet ble først lansert på NorShipping-messa i Oslo i 2013.

Løsningene til Vard Electro er fordelt på tre hovedgrupper: SeaQ Power, SeaQ Control og SeaQ Bridge.

**SEAQ** Flexible Solutions by VARD™



*Figur 2.9: Illustrasjon av SeaQ løsninger på ett skip [14]*

**SeaQ Power** er et komplett sett av intelligente systemer som generer, distribuerer og kontrollerer den elektriske kraften om bord på fartøyet. Komponenter som hører til under SeaQ Power er:

- Hovedtavle
- Nødtavler
- Omformere
- Elektriske motorer
- Generatorer
- Transformatorer

**SeaQ Control** er sett med integrerte kontrollsystem, designet for å optimalisere fartøyets ytelse, i tillegg til å gi god brukervennlighet. Systemer som hører til under SeaQ Control er:

- Integrerte automasjonssystemer
- PMS og EMS
- System for å forebygge delvis eller komplett strømbrudd
- Sentral alarmstyring
- Bro- og kontrollromkonsoller
- DP-mode selector
- Kontrollsystem for vinsj

**SeaQ Bridge** omfatter et bredt utvalg av navigasjons- og kommunikasjonsprodukter og -systemer, som er styrt eller drevet fra fartøyets bro. Systemer som hører til under SeaQ Bridge er blant annet:

- Navigasjonssystem
- Kommunikasjonssystem
- Bridge alert system
- Manøvreringsstoler
- CCTV/overvåkning
- Infotainmentpakker

([11], Richard Schofield, Vard Electro)

## 3 MATERIALER OG METODE

### 3.1 Bakgrunn for analysen

Analysen gjennomføres for å komme frem til konkrete resultater som kan vise til miljømessige fordeler eller ulemper ved å installere batterisystemer i offshorefartøy. Resultatene kan gi svar på om det lønner seg å montere batterisystem på eksisterende fartøy og muligheten for å hel-elektrifisere offshorefartøy i fremtiden.

Det var vanskeligheter med å åpne filformatet til driftsdataen og det ble forsøkt ulike programvarer. Når gruppen lykkes med å åpne filene var det problem med å tolke dataen. Etter en lenger periode med undersøkelse og purring på arbeidsgiver ble det arrangert et møte med styringsgruppen og en dataspesialist (Cristian Badescu) fra Vard Electro. Etter dette holdt vi videre kontakt med dataspesialisten via e-post frem til vi oppnådde god forståelse rundt databasen og hvordan vi kunne hente ut informasjon derfra på egenhånd.

For en utdypende forståelse rundt dataen tok gruppen kontakt med Senioringeniør/Maskinsjef Finn Tore Holmeset som jobber for NTNU i Ålesund etter å ha blitt henvist av veileder.

På møtet som gruppen hadde med Finn Tore gikk vi igjennom de ulike verdiene som fartøyene hadde logget. Med tanke på at gruppen hadde lite forståelse rundt maritimefartøy var det nødvendig få assistanse i utvelging av de ulike «Tag IDene» som kunne være relevant for å utføre analyseringene. Etter dette kunne gruppen starte på analyseringsprosessen.

## 3.2 Problemer oppstått under Analysering

Under analyseringen oppdaget vi problemer med driftsdataen som ble logget for Fartøy B (Diesel). Spesifikt oppdaget gruppen at kun generatorsett 2 var i drift på Fartøy B og tre generatorsett i drift på Fartøy A (Hybrid), i henhold til loggingen av driftstimer i perioden 01.01.2020 til 09.05.2020. Dette gjaldt ikke når man så på loggingen av drivstofforbruket på Fartøy B (Diesel) i samme periode, der så man at alle generatorsettene var i drift (gjelder også for Fartøy A). Loggingen av Fartøy B (Diesel) viste også til at generatorsett 2 var i drift kontinuerlig under denne perioden uavhengig av hvilke verdier drivstofforbruket viste i loggingen.

## 3.3 Data

Dataen som er analysert i denne oppgaven er hentet fra databasene til skipene, i disse databasene bli det lagret og logget informasjon og diverse verdiavlesninger fra sensorer o.l. om bord på fartøyene.

Usikkerheten som er knyttet til dataen er kvaliteten basert på den store mengden, grunnet at den kanskje ikke har vært undersøkt og verifisert av oppdragsgiver før den ble videresendt til prosjektgruppen. Hvis det hypotetisk sett har oppstått en feil når databasene ble sikkerhetskopierte og hentet ut fra skipene, betyr dette at driftsdataen gruppen mottok inneholder avvik.

Gruppen mottok dataen i form av to .bak-filer, en for hvert fartøy. Disse filene inneholder en backup av databasen til skipene, fra perioden januar 2019 til desember 2019. Disse databasene logger en rekke forskjellige verdier fra informasjon de mottar av ulike sensorer og navigasjonssystem om bord. Filene gruppen mottok var store og inneholdt mye data, 13 GB for fartøy A og 9 GB for fartøy B.

Databasene består av verdier som er loggført av 570 ulike «TAG IDer», hver «TAG ID» logger verdier fra en spesifikk sensor eller lignende. Eksempel på disse «TAG IDene» er blant annet dieselforbruk, effekt forbruk, last på generatorene, osv. Nedenfor er et eksempel på disse «TAG IDene» representert i *Microsoft Excel*. vises i grønt felt:

A	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	
TagID-->	701044	702100	712120	702140	702141	702200	703040	
Time and date	Total DG Fuel Counter [MT]	Total DG Power kW	Total DG Load %	Total DG Electrical Energy [Mwh]	Total DG Electrical Energy [kwh]	Total Electrical Power kW	Battery Charging Power kW	
	MT	kW	%	Mwh	kWh			
5	01.03.2019.00.00	NULL	NULL	NULL	31875.22115	31875221.15	NULL	NULL
6	01.03.2019.00.00	NULL	NULL	NULL	31875.2237	31875223.7	NULL	NULL
7	01.03.2019.00.00	NULL	NULL	NULL	31875.22624	31875226.24	NULL	NULL
8	01.03.2019.00.00	NULL	NULL	NULL	31875.22879	31875228.79	NULL	NULL
9	01.03.2019.00.01	NULL	NULL	NULL	31875.23134	31875231.34	NULL	NULL
10	01.03.2019.00.01	NULL	NULL	NULL	31875.23389	31875233.89	NULL	NULL
11	01.03.2019.00.01	NULL	NULL	NULL	31875.23644	31875236.44	NULL	NULL
12	01.03.2019.00.01	NULL	NULL	NULL	31875.23898	31875238.98	NULL	NULL
13	01.03.2019.00.02	NULL	NULL	NULL	31875.24153	31875241.53	NULL	NULL
14	2019-03-01.00.02.23	NULL	NULL	NULL	31875.24408	31875244.08	NULL	NULL
15	01.03.2019.00.02	NULL	NULL	NULL	31875.24663	31875246.63	NULL	NULL
16	01.03.2019.00.02	NULL	NULL	NULL	31875.24917	31875249.17	NULL	NULL
17	01.03.2019.00.03	NULL	NULL	NULL	31875.25172	31875251.72	NULL	NULL
18	2019-03-01.00.03.30	NULL	NULL	NULL	31875.25427	31875254.27	NULL	NULL
19	01.03.2019.00.03	NULL	NULL	NULL	31875.25682	31875256.82	NULL	NULL
20	01.03.2019.00.04	NULL	NULL	NULL	31875.25937	31875259.37	NULL	NULL
21	01.03.2019.00.04	NULL	NULL	NULL	31875.26191	31875261.91	NULL	NULL
22	2019-03-01.00.04.31	NULL	NULL	NULL	31875.26446	31875264.46	NULL	NULL
23	01.03.2019.00.04	NULL	NULL	NULL	31875.26701	31875267.01	NULL	NULL
24	01.03.2019.00.05	NULL	NULL	NULL	31875.26956	31875269.56	NULL	NULL
25	01.03.2019.00.05	NULL	NULL	NULL	31875.27211	31875272.11	NULL	NULL
26	01.03.2019.00.05	NULL	NULL	NULL	31875.27465	31875274.65	NULL	NULL
27	01.03.2019.00.05	NULL	NULL	NULL	31875.2772	31875277.2	NULL	NULL
28	01.03.2019.00.06	NULL	NULL	NULL	31875.27975	31875279.75	NULL	NULL
29	01.03.2019.00.06	NULL	NULL	NULL	31875.2823	31875282.3	NULL	NULL
30	01.03.2019.00.06	NULL	NULL	NULL	31875.28484	31875284.84	NULL	NULL
31	2019-03-01.00.06.48	NULL	NULL	NULL	31875.28739	31875287.39	NULL	NULL
32	01.03.2019.00.07	NULL	NULL	NULL	31875.28994	31875289.94	NULL	NULL
33	01.03.2019.00.07	NULL	NULL	NULL	31875.29249	31875292.49	NULL	NULL

Figur 3.1: Bildet viser ulike verdier «Tag IDer» som fartøyene har loggført.

Når data blir hentet ut fra databasen som en CSV-fil, danner databasen en rad med tidspunkter og loggede verdier i hver sin kolonne. Når det blir hentet ut flere «Tag IDer» samtidig, blir det kun dannet en felles kolonne med tidspunkt, uavhengig av hvor mange «Tag IDer» som logger i det bestemte tidspunktet. Hvis en «Tag ID» logger en verdi ved et tidspunkt vil databasen skrive en «NULL»-verdi ved det tidspunktet for alle «Tag IDer» som ikke logget i akkurat det tidspunktet (se Figur 3.1).

Ut ifra det de 570 ulike «Tag IDene» som loggfører, ble et bestemt utvalg av disse brukt for å analysere fartøyenes drift.

De utvalgte «Tag IDene» er nevnt og kort forklart her:

<b>“DG Flow meter in Flow”</b>	Mengden drivstoff som har blitt forsynt til generatorene i løpet av en time, målt i kg/h.
<b>“DG running hours”</b>	Teller mengde antall timer generatorene har vært i drift.
<b>“DG Energy Produces Counter”</b>	Teller mengde produsert energi av dieselgeneratorsettene, målt i kWh.
<b>“Azimuth Energy Counter kWh”</b>	Teller mengde forbrukt energi av hoved-thrusterene i akter, målt i kWh.
<b>“EM_ESSavailableenergy”</b>	Tilgjengelig energi i batteriet, målt i kWh.
<b>“Distance Counter [GPS]”</b>	Teller seilet distanse i nautiske mil.
<b>“Beaufort Scale”</b>	En skala og målenhet for vindstyrke.
<b>“Longitude” / “Latitude”</b>	Logget lengdegrad og breddegrad.



## 3.4 Programvare

Ulike programvarer for ulike oppgaver ble tatt i bruk løpet av prosjektet. De relevante programvarene og deres bruksområder er oppgitt her.

### 3.4.1 Microsoft Office 365

*Word* ble tatt i bruk for å skrive både prosjektrapporten og forprosjektrapporten, i tillegg ble det også brukt under prosjektet for å skrive fremgangsrapporter, møtereferat samt for notater innad i gruppen.

*Excel* var det programmet som ble nyttet for mesteparten av analyseringen, ved å lage utregninger og tabeller. I tillegg ble det også brukt for å føre timeliste og lage fremdriftsplan.

*Microsoft Teams* ble brukt for fildeling samt å kunne jobbe på ulike filer samtidig. I tillegg hadde gruppen også online-møter via Teams. Etter Campus stengte ble det tatt i bruk i enda større grad.

### 3.4.2 SQL Server 2019 Developer

Microsoft SQL Server er et relasjonsdatabasestyringssystem (RDBMS), databaser er en strukturert samling av relatert data. Et databasesystem skal kunne behandle store mengder data effektivt og sikkert. ([14], Wikipedia)

*SQL Server 2019* fra Microsoft ble brukt til å sette opp en database som backup-filene fra skipene kunne restaureres i.

### 3.4.3 Microsoft SQL Server Management Studio 18

*Microsoft SQL Server Management Studio 18* (SSMS) er et integrert miljø for å administrere SQL-infrastrukturer. SSMS brukes for å få tilgang til, konfigurere, administrere og utvikle alle komponenter i en SQL-server. ([15], Microsoft)

SSMS ble i denne oppgaven brukt for å administrere de restaurerte skips-databasene. Ved hjelp av ulike scripts (se: A Vedlegg: SQL management skriptet

ble det gjort kall på databasen for å hente ut diverse driftsdata som ble brukt i analyseringen.

### 3.4.4 Matlab

*Matlab* er en programmerings plattform som gjør det mulig å analysere data, utvikle algoritmer, produsere modeller og applikasjoner. Matematikkprogrammet baserer seg på Scriptsspråket C. ([26], MathWorks)

I oppgaven ble *Matlab* brukt til å danne ett enkelt kart som viser reiseruten til fartøyene. Dette ble gjort for å analysere dieselforbruket til fartøyene for spesifikke distanser under transitt og dynamisk posisjonering (kartet ble kun brukt til å gi et tilnærmet estimat på hvor fartøyene har reist ut ifra koordinatdataen).

### 3.4.5 Autodesk AutoCAD LT 2021

AutoCAD er en applikasjonsprogramvare for 2D og 3D dataassistert konstruksjon, CAD står for Computer-Aided Design ([16][16], Wikipedia). AutoCAD har et bredt bruksområde og kan blant annet brukes for å lage 3D modeller av komponenter eller 2D tegninger av bygninger, elektriske kretser, kart mm.

*Autodesk AutoCAD LT 2021* ble tatt i bruk for å skissere et en-linje diagram av hovedkomponentene på fartøy A (Hybrid).

### 3.4.6 Discord

*Discord* er ett VoIP-program (voice over IP-network) designet for spill-felleskap, som lar brukere kommunisere i en chattekanal i form av tekst, bilde, video, lyd, mm. ([5], Wikipedia)

Discord ble tatt i bruk hyppig gjennom hele prosjektperioden for stemmenettprat, skjermdeling, billedeling og deling av nettsidelenker.

### 3.5 Formler

Hovedsakelig har det kun blitt tatt i bruk en formel i oppgaven. Grunnen til dette er at alle utregninger som har utført for å oppnå ønsket resultat i analysen er basert på multiplikasjon, dividering, addisjon, subtraksjon og gjennomsnitt utregning i programmet *Microsoft Excel*.

Haversine formel:

$$(1) \quad d = 2r \arcsin\left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}\right) + \cos(\varphi_1) \cos(\varphi_2) \sin^2\left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2}\right)}\right)$$

$d$  er distansen mellom to punkt på en sfære

$r$  er radiusen av sfæren (i denne oppgaven, av jordkloden)

$\varphi_1, \varphi_2$  er breddegraden av punkt 1 og breddegraden for punkt 2 (i radianer)

$\lambda_1, \lambda_2$  er lengdegraden av punkt 1 og lengdegraden av punkt 2 (i radianer)

([33], Wikipedia)

I *Microsoft Excel* må formelen deles inn i tre deler.  $a$  representerer utregningen som skjer inne i kvadratrotten, i  $c$  blir  $2\arcsin$  multiplisert med kvadratrotten av  $a$ , til slutt i  $d$  blir  $c$  multiplisert med radiusen.  $a$ ,  $c$  og  $d$  regnes ut i hver sin celle og den totale distansen blir beregnet ved å summere alle  $d$ -cellene.

Excel-formler:

$$(2) \quad \ll=(\text{SIN}((\varphi_2 - \varphi_1)/2))^2 + \text{COS}(\varphi_2) * \text{COS}(\varphi_1) * (\text{SIN}((\lambda_2 - \lambda_1)/2))^2\gg$$

Utregning av  $a$  i haversineformelen.

$$(3) \quad \ll=2 * \text{ARCSIN}(\text{ROT}(a))\gg$$

Utregning av  $c$  i haversineformelen.

(4) «= $r \cdot c$ »

Utregning av  $d$  i haversineformelen.

(5) «=LogValue/180\*PI()»

Der *LogValue* er logget breddegrad eller lengdegrad.

(6) «=HVIS(OG(ERTALL(B7);IKKE(ERTALL(B6)));1;0)»

Der  $B7$  er verdien i nåværende celle og  $B6$  er verdien i forrige celle. Denne formelen sjekker om forrige og nåværende verdier er tall eller ikke.

Dersom forrige verdi ikke er et tall og den nåværende er et tall, vil formelen returnere «1», hvis ikke returnerer den «0».

(7) «=HVIS(OG(ERTALL(B6);IKKE(ERTALL(B7)));1;0)»

Der  $B7$  er verdien i nåværende celle og  $B6$  er verdien i forrige celle. Dersom nåværende verdi ikke er et tall og den forrige verdien er et tall, vil formelen returnere «1», hvis ikke returnerer den «0».

(8) «=HVIS(ERTALL(B7);1;0)»

Denne formelen sjekker om celle  $B7$  inneholder et tall eller ikke, dersom den inneholder et tall vil formelen returnere «1», hvis ikke returneres «0».

(9) «=ANTALL.HVIS(B5:B100;">0")»

Denne formelen teller hvor mange av cellene fra  $B5$  til og med  $B100$  som inneholder en tallverdi.

(10) «=SUMMERHVIS(B5:B100;">0")»

Denne formelen summerer tallverdiene i alle celler fra  $B5$  til og med  $B100$  som inneholder en tallverdi.

## 3.6 Metode for analysering

Her blir analyseringsprosessen beskrevet, fra hvordan driftsdataen er hentet ut fra databasene, til hvordan dataen er behandlet og analysert. Det blir også forklart hvordan haversineformelen er tatt i bruk i *Microsoft Excel*.

Fartøyene ble analysert og sammenlignet basert på to ulike driftsoperasjoner og en tidsperiode. *Analyse 1* baserer seg på å undersøke driftsdataen til skipene over en lengre periode på tre måneder. I *Analyse 2* blir det sett nærmere på en spesifikk transittoperasjon for hvert skip. I *Analyse 3* blir skipenes ytelse under DP-operasjoner analysert og sammenlignet.

De tre analyseringene er vedlagt rapporten i form av hver sin Excel-fil.

### 3.6.1 Uthenting av driftsdata

For å få tilgang til dataen i .bak-filene av databasene måtte disse restaureres i en SQL-server, gruppen opprettet en server ved hjelp av *SQL Server 2019 Developer* fra Microsoft. Det var nødvendig å bruke «developer» versjonen siden dette var den eneste som tillot restaurering av databaser som er større en 10 GB. Denne versjonen kan lastes ned gratis fra Microsofts nettsider med en *Microsoft Developer Network* brukerkonto.

Ved å bruke *Microsoft SQL Server Management Studio 18* (SSMS) kunne .bak-filene importeres og restaureres i SQL-serveren. To forskjellige skripter ble brukt for å spørre ut databasene slik at relevant driftsdata kunne hentes ut. Skriptene var laget slik at de lett kunne endres på hvilken database det skulle hentes ut fra, hvilke «Tag IDer» som skulle hentes ut og fra hvilken tidsperiode. Et skript ble laget for å hente ut driftsdata og et annet ble laget for å hente ut posisjonsdata. (De ulike skriptene kan sees i A Vedlegg: SQL management skripter

### 3.6.2 Haversineformelen

Etter anbefaling fra veileder ble haversineformelen brukt for å jobbe rundt problemstillingen med distanselogging på Fartøy B (Diesel). Haversineformelen brukes for å regne ut distansen mellom to punkter på en sfære. Ved å ta utgangspunkt i lengdegraden og breddegraden som blir logget

om bord på skipene, var det mulig å regne seg fram til et estimat på distansen skipene hadde reist.

For å bruke haversineformelen måtte loggingen av lengdegrad og breddegrad først konverteres til radianer (se formel (5)), deretter kunne selve formelen konverteres til å bruke i *Excel* (se formler (2), (3) og (4)).  $a$ ,  $c$  og  $d$  blir kalkulert i hver sin celle og distansen blir regnet ut i meter ved å summere alle  $d$ -verdiene, distansen blir til slutt omgjort fra meter til nautiske mil.

Nøyaktigheten til haversineformelen ble testet ut på forskjellige måter før det ble avgjort at den skulle brukes. Først ble den sammenlignet med distansetelleren til fartøy A (Hybrid), lengdegrad og breddegrad ble hentet ut fra databasen i en periode på 10 nm ifølge telleren.

Sammenligningen og resultatet er vist i *Figur 3.2*. Utfra denne sammenligningen var det estimert at haversineformelen hadde en unøyaktighet på ca. 590 nm ekstra per 10.000 nm.

Longitude	Latitude	Time	rad Longitude	rad Latitude	a	c	d
4,0872	58,9067	02.03.2019 23:29	0,071334894	1,028115576	0,254072344	1,056576968	6731451,864
4,0861	58,9067	02.03.2019 23:29	0,071316713	1,028115576	2,20384E-11	9,38902E-06	59,81747817
4,0839	58,9067	02.03.2019 23:30	0,071277036	1,028115576	1,04906E-10	2,04906E-05	130,5456643
4,0827	58,9067	02.03.2019 23:30	0,071256528	1,028115576	2,80414E-11	1,05908E-05	67,47411537
4,0815	58,9067	02.03.2019 23:30	0,071235992	1,028115576	2,8121E-11	1,06058E-05	67,56982334
4,0805	58,9067	02.03.2019 23:31	0,07121752	1,028115576	2,27493E-11	9,53925E-06	60,77455782
4,0793	58,9067	02.03.2019 23:31	0,071196954	1,028115576	2,82007E-11	1,06209E-05	67,6655313
4,0782	58,9067	02.03.2019 23:31	0,071178628	1,028115576	2,23925E-11	9,46414E-06	60,29601799
4,0771	58,9067	02.03.2019 23:31	0,071158266	1,028115576	2,7645E-11	1,05157E-05	66,99557555
4,0760	58,9067	02.03.2019 23:32	0,071140173	1,028115576	2,18274E-11	9,34396E-06	59,53035427
4,0736	58,9067	02.03.2019 23:32	0,071098576	1,028115576	1,1537E-10	2,14821E-05	136,86239

Distance		
Ship A (Diesel-electric)		
Calculated	18594,2392	m
According to counter	10,0403	nm
Deviation	0,6308	nm
Estimated deviation per nm	0,0591	nm
Estimated deviation in 10000nm	591,1343	nm

*Figur 3.2: Utkast av testing av haversineformelen.*

Formelen ble deretter testet ut ved å se på en distanse mellom to kjente punkt. Punktene som ble valgt var Holmenkollen og Nidarosdomen, distansen i luftlinje mellom disse er ca. 385 km, som vist i *Figur 3.3* var haversineformelen ganske nøyaktig i å kalkulere denne distansen.

Longitude	Latitude	rad Longitude	rad Latitude	a	c	d
0	0	0	0			
10,66667	59,96667	0,186168512	1,046615833	0,254072344	1,056576968	6731451,864
10,39694	63,42694	0,181460835	1,107008937	0,000912795	0,060434196	385026,2647

Distance test between two known points		
Holmenkollen - Nidarosdomen		
Calculated	385,0262647	km
Actual	~385	km

Figur 3.3: Skjermdump av testing av haversineformelen mellom to kjente punkt.

Senere i analyseringsprosessen ble det oppdaget at haversineformelen ikke var så nøyaktig som beregnet i testfasen. For å kvalitetssjekke formelen ble posisjonsdata fra fartøy A (Hybrid) i perioden på tre måneder brukt for å igjen sammenligne med distansetelleren. Distansetelleren gav en distanse på litt mer enn 10.000 nm, haversineformelen gav en distanse som var over 20.000 nm. Grunnet den store unøyaktigheten ble det avgjort at alle distanser for begge fartøyene heretter skulle beregnes ved hjelp av formelen, i håp om å oppnå resultater som var mer sammenlignbare.

### 3.6.3 Analyse 1: Periode

For å få et godt bilde av driften til skipene av alt fra transitt og DP operasjoner, til når skipene ligger ved havn, ønsket gruppen å sammenligne driftsdataen fra skipene over en lengre periode. Her blir det presentert tre ulike forsøk, der de to første forsøkene ikke gav resultater som gruppen var tilfreds med. *Forsøk 3* er metoden som til slutt gav resultatene til denne oppgaven, og som ble en slags mal for de resterende analysene.

#### 3.6.3.1 Forsøk 1

Før problemene med driftsdataen til fartøy B (Diesel) ble oppdaget var planen å sammenligne driften over en periode på 3 måneder (ca. 2.200 timer). Data for drivstofforbruket i kg/h for hvert generatorsett ble hentet ut fra perioden 1.mars til 31.mai og importert inn i *Microsoft Excel*. Antall nm ble beregnet ved hjelp av distansetelleren i databasene, i løpet av de 3 månedene hadde databasene tallet seg frem til at fartøy A (Hybrid) hadde seilt litt mer enn 10.000 nm og fartøy B (Diesel) bare hadde seilt ca. 2.500 nm. Et så stort avvik mellom skipene førte til at det utregnede drivstofforbruket ikke virket realistisk eller sammenlignbart. Dataen ble hentet ut fra databasene på nytt, men de gav samme resultat. Det ble antatt at det kunne være problemer med loggingen om bord ett eller begge skipene, men det ble ikke utelukket at dataen kunne være korrekt og at fartøy B (Diesel) bare hadde seilet mye mindre enn fartøy A (Hybrid).

### 3.6.3.2 Forsøk 2

Det neste som ble forsøkt var å basere perioden på antall nm fra distansetellerene. Planen var å hente ut samme driftsdata som fra *forsøk 1*, i en periode på 10.000 nm, dette viste seg å bli utfordrende. Grunnet feilen på distansetelleren til fartøy B (Diesel) bruker det lang tid på å reise 10.000 nm, dette fører til en stor mengde logger i denne lange perioden, logger som egentlig ikke er innenfor de 3 første månedene. Det var ikke mulig å plassere alle loggene i ett Excel-ark, derfor ble det valgt å redusere antall nm til 5.000. Resultatet virket heller ikke realistisk her.

### 3.6.3.3 Forsøk 3

Dette er metoden som til slutt gav resultatene i denne oppgaven.

Det var nå bestemt at det var problemer med driftsdataen gruppen mottok for fartøy B (Diesel), eventuelt kunne feilen ha oppstått når dataen ble hentet ut fra databasen, men dette ble testet flere ganger. Grunnet problemet med distansetelleren fra fartøy B (Diesel) og unøyaktigheter ved bruk av haversineformelen, ble distansen kalkulert ved hjelp av haversineformelen for begge fartøyene i håp om at resultatene skulle bli sammenlignbare.

Det ble igjen tatt utgangspunkt i perioden 1.mars til 31.mai, data for drivstofforbruket i kg/h for hvert generatorsett ble hentet ut, samt logging av beaufort (se *Figur 3.4*). Beaufort-skalaen ble etter hvert sett bort fra etter som det ikke var klart hvilken vei vinden blåser i forhold til skipenes fartsretning. Som i *forsøk 1* hadde fartøy A (Hybrid) logget en distanse på litt mer enn 10.000 nm, ved å ta i bruk haversineformelen for å regne ut distanse fra longitude og latitude loggingen, ble distansen 20.130 nm. Fartøy B (Diesel) hadde seilet 17.718 nm i samme periode etter bruk av haversine.



	A	B	C	D	E
1	<b>Ship B (Diesel)</b>				
2	TagID -->	112012	112032	112052	502160
3	Time and date	DG Flow Met	DG2 Flow Me	DG3 Flow Me	Beufort Scale
4		kg/h	kg/h	kg/h	Beufort
5					
18014	21.03.2019 08:12	NULL	80	NULL	2
18015	21.03.2019 08:12	NULL	160	NULL	3
18016	21.03.2019 08:13	NULL	NULL	80	3
18017	21.03.2019 08:14	NULL	NULL	160	2
18018	21.03.2019 08:15	NULL	80	NULL	3
18019	21.03.2019 08:16	NULL	NULL	80	2
18020	21.03.2019 08:16	NULL	160	160	3
18021	21.03.2019 08:19	NULL	80	80	2
18022	21.03.2019 08:20	NULL	160	NULL	3
18023	21.03.2019 08:20	NULL	NULL	160	3
18024	21.03.2019 08:21	NULL	NULL	80	2
18025	21.03.2019 08:21	NULL	NULL	160	3
18026	21.03.2019 08:23	NULL	160	80	2
18027	21.03.2019 08:24	NULL	80	160	3
18028	21.03.2019 08:24	NULL	160	NULL	2
18029	21.03.2019 08:25	NULL	NULL	80	3

Figur 3.4: Utkast fra tabell for drivstofforbruk for fartøy B (Diesel).

For å kvitte seg med usikkerheter i utregningene ble flere IF-setninger brukt for å se bort fra alle «NULL»-loggene (se formel (9) og (10)). Dette førte til at utregningene ble mer korrekt, spesielt ved utregning av gjennomsnitt ettersom bare antall celler med faktiske verdier ble tatt med i beregningene. Ved hjelp av tid og distanse ble forbruket kalkulert for hvert generatorsett og totalt for alle tre, både gjennomsnittlig og totalt for hele perioden, i forskjellige enheter; tonn, liter, kg/h, kg/nm, L/h og m<sup>3</sup>/døgn. For å regne om dieselolje til liter ble forholdet 0,832 L/kg brukt.

I tillegg til drivstofforbruket ble det også driftstimer og på/av-syklusene for generatorene analysert. Driftstimetelleren for hvert generatorsett ble hentet ut fra begge skip, for samme periode. Ulike IF-setninger ble også brukt her (se formler (6), (7) og (8)), for å avgjøre om generatorsettene starter, stopper eller kjører, for hver enkelt rad med en logget verdi eller en «NULL»-verdi (se *Figur 3.5*). Driftstimer og av/på-sykluser for hvert enkelt- og totalt for alle generatorsettene ble utregnet.

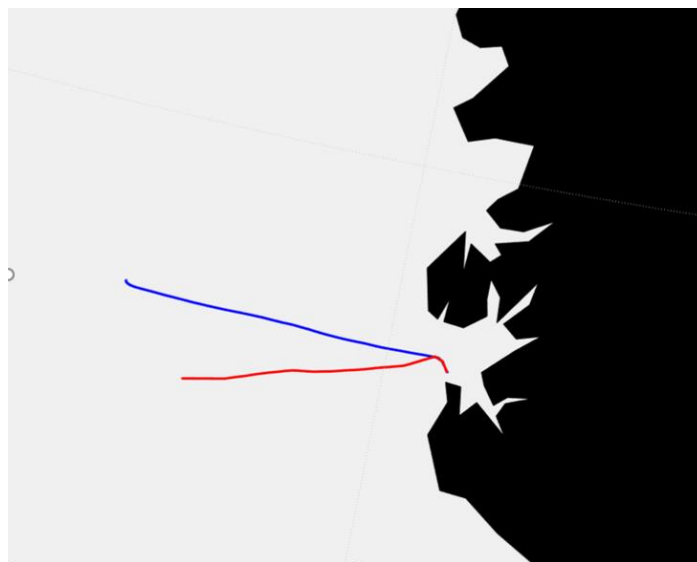
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
1	Ship A (Diesel-electric)																
2	TagID -->	710010	720010	730010													
3	Time and date	DG1 Running Hou	DG2 Running Hou	DG3 Running Hours													
4		First row: 950	First row: 674	First row: 6													
5		Last row: 386871	Last row: 386935	Last row: 388826													
							DG1				DG2				DG2		
							Start	Stop	Running		Start	Stop	Running		Start	Running	
6	01.03.2019 15:00	NULL	NULL	16937,84837					0			0					1
7	01.03.2019 15:00	NULL	NULL	16937,85254		0	0	0		0	0	0		0	0		1
8	01.03.2019 15:00	NULL	NULL	16937,86088		0	0	0		0	0	0		0	0		1
9	01.03.2019 15:01	NULL	NULL	16937,86504		0	0	0		0	0	0		0	0		1
10	01.03.2019 15:01	NULL	NULL	16937,86922		0	0	0		0	0	0		0	0		1
11	01.03.2019 15:01	NULL	NULL	16937,87339			=HVIS(OG(ERTALL(B10));KKE(ERTALL(B11)));1;0)				0	0	0		0	0	1
12	01.03.2019 15:01	NULL	NULL	16937,87755			OG(logisk1; [logisk2]; [logisk3]; ...)				0	0	0		0	0	1
13	01.03.2019 15:02	NULL	NULL	16937,88172		0	0	0		0	0	0		0	0		1
14	01.03.2019 15:02	NULL	NULL	16937,88589		0	0	0		0	0	0		0	0		1
15	01.03.2019 15:02	NULL	NULL	16937,89006		0	0	0		0	0	0		0	0		1
16	01.03.2019 15:02	NULL	NULL	16937,89423		0	0	0		0	0	0		0	0		1
17	01.03.2019 15:03	NULL	NULL	16937,8984		0	0	0		0	0	0		0	0		1
18	01.03.2019 15:03	NULL	NULL	16937,90257		0	0	0		0	0	0		0	0		1
19	01.03.2019 15:03	NULL	NULL	16937,90674		0	0	0		0	0	0		0	0		1
20	01.03.2019 15:03	NULL	NULL	16937,9109		0	0	0		0	0	0		0	0		1
21	01.03.2019 15:04	NULL	NULL	16937,91507		0	0	0		0	0	0		0	0		1
22	01.03.2019 15:04	NULL	NULL	16937,91924		0	0	0		0	0	0		0	0		1
23	01.03.2019 15:04	NULL	NULL	16937,92341		0	0	0		0	0	0		0	0		1
24	01.03.2019 15:05	NULL	NULL	16937,93592		0	0	0		0	0	0		0	0		1

Figur 3.5: Utkast fra tabell og analysering av generatorene for fartøy A (Hybrid).

### 3.6.4 Analyse 2: Transitt

For å identifisere en like lang transitt rute for hvert skip ble Matlab brukt. Matlab scriptet gikk ut på å kombinere breddegraden og lengdegraden loggført av fartøyene inn på et kart for å danne flere koordinatpunkter ved hjelp av «Mapping Toolbox» funksjonen. Det ble forsøkt å danne ett mer realistisk kart, men gruppen hadde ikke resursene til å anskaffe seg *Google API* som gjør det mulig å ta i bruk satellitt kart fra *Google Earth*. Det ble også forsøkt å legge til tidspunkt for hvert koordinatpunkt, men dette ble ikke oppnådd etter testing av flere ulike scripts.

Eksempel på et slikt kart er vist nedenfor: (om man zoomer lenger inn på kartet lagt til som vedlegg kan man tydelig se hvert koordinatpunkt).



Figur 3.6: Eksempel på reiserutene til Fartøy B (Diesel) vist som blå linje og Fartøy A (Hybrid) vist som rød linje

Grunnet mangel av visuelle tidspunkt på kartet av hvert koordinatpunkt måtte man manuelt avlese og plote koordinatdataen inn i *Matlab* scriptene (B Vedlegg: Matlab skripten) for å kunne velge ut bestemte perioder man ville ta med i analyseringen. Disse periodene kunne vi verifisere opp imot driftsdataen på *Microsoft Excel*.

Etter å ha identifisert en rute for hvert skip ble haversineformelen brukt for å kalkulere distansen for begge rutene, for så begrense de slik at begge var ca. 88 nm lange. Rutene som ble brukt var i tidsperiodene;

**Fartøy A (Hybrid):** Fra 02.03.2020 18:20 til 03.03.2020 03:51

**Fartøy B (Diesel):** Fra 02.03.2020 23:40 til 03.03.2020 08:03

Når tid og dato for transittoperasjonene var funnet, ble drivstofforbruket i kg/h for hvert generatorsett hentet fra databasene. Denne gangen ble også tellerne for energi produsert i kWh for hvert generatorsett og energi forbrukt i kWh for hver av de to hoved-thrusterene i skipenes akter, hentet fra databasene. For fartøy A (Hybrid) ble også logging av batteriets kapasitet i kWh hentet ut, men det viste seg at denne verdien endret seg minimalt gjennom hele transittoperasjonen (se *Figur 3.7*).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	<b>Ship A (Diesel-electric)</b>											
2	TagID -->	112012	112032	112052	TagID -->	711141	721141	731141	421400	422400	900108	497,2
3	Time and date	DG Flow Me	DG2 Flow Me	DG3 Flow Me	Time and date	Energy Produced Cou	DG2 Energy Pr	DG3 Energy Pr	1 Energy Cou	2 Energy Cou	SSavailable	SOC
4	02.03.2019 18:21	kg/h	kg/h	kg/h	6	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	%
5	03.03.2019 03:51				2254							
6	2019-03-02 18:21:01.077	NULL	420	NULL	02.03.2019 18:20	17295356,91	8879360,751	18224648,21	14317687,99	14125942,18	272,9	54,9
7	02.03.2019 18:21	NULL	456	NULL	02.03.2019 18:20	17295356,9	8879370,731	18224648,19	14317690,59	14125945,65	277,7	55,9
8	02.03.2019 18:22	NULL	468	NULL	02.03.2019 18:21	17295356,87	8879389,343	18224648,17	14317695,8	14125951,82	272,9	54,9
9	02.03.2019 18:23	NULL	456	NULL	02.03.2019 18:21	17295356,85	8879397,334	18224648,16	14317699,22	14125954,42	277,7	55,9
10	02.03.2019 18:24	NULL	432	NULL	02.03.2019 18:21	17295356,84	8879405,351	18224648,15	14317701	14125957,01	272,9	54,9
11	02.03.2019 18:24	NULL	420	NULL	02.03.2019 18:22	17295356,82	8879413,345	18224648,13	14317704,41	14125959,61	277,7	55,9
12	02.03.2019 18:25	NULL	456	NULL	02.03.2019 18:22	17295356,81	8879421,295	18224648,12	14317706,2	14125962,2	272,9	54,9
13	02.03.2019 18:26	NULL	432	NULL	02.03.2019 18:22	17295356,8	8879429,315	18224648,1	14317709,63	14125964,8	277,7	55,9
14	02.03.2019 18:26	NULL	420	NULL	02.03.2019 18:22	17295356,78	8879437,157	18224648,09	14317711,41	14125967,41	272,9	54,9
15	02.03.2019 18:27	NULL	432	NULL	02.03.2019 18:23	17295356,77	8879445,058	18224648,08	14317714,84	14125970,01	277,7	55,9
16	02.03.2019 18:27	NULL	444	NULL	02.03.2019 18:23	17295356,75	8879452,917	18224648,07	14317716,62	14125972,6	272,9	54,9
17	02.03.2019 18:28	NULL	468	NULL	02.03.2019 18:23	17295356,74	8879460,574	18224648,05	14317720,05	14125975,2	277,7	55,9
18	02.03.2019 18:28	NULL	456	NULL	02.03.2019 18:23	17295356,73	8879468,165	18224648,04	14317721,83	14125977,8	272,9	54,9
19	02.03.2019 18:29	NULL	420	NULL	02.03.2019 18:24	17295356,71	8879475,417	18224648,03	14317725,26	14125980,4	277,7	55,9
20	02.03.2019 18:30	NULL	432	NULL	02.03.2019 18:24	17295356,67	8879489,728	18224648	14317730,46	14125985,61	272,9	54,9
21	02.03.2019 18:30	NULL	444	NULL	02.03.2019 18:24	17295356,66	8879497,198	18224647,99	14317732,24	14125988,21	277,7	55,9
22	02.03.2019 18:31	NULL	432	NULL	02.03.2019 18:25	17295356,65	8879504,807	18224647,97	14317735,67	14125990,81	272,9	54,9
23	02.03.2019 18:31	NULL	456	NULL	02.03.2019 18:25	17295356,61	8879520,298	18224647,94	14317740,05	14125996,01	277,7	55,9
24	02.03.2019 18:32	NULL	432	NULL	02.03.2019 18:25	17295356,6	8879528,211	18224647,93	14317742,66	14125998,6	272,9	54,9
25	02.03.2019 18:33	NULL	456	NULL	02.03.2019 18:26	17295356,59	8879535,808	18224647,92	14317746,08	14126001,2	277,7	55,9

Figur 3.7: Utkast av tabeller fra analysering av en transitt rute for fartøy A (Hybrid).

Som i analyseringen av perioden i *analyse 1* ble det samme IF-setningene brukt for å utelukke alle «NULL»-loggene (se formel (9) og (10)). Forbruket ble kalkulert for hvert generatorsett og totalt for alle tre, både gjennomsnittlig og totalt for hele perioden, i forskjellige enheter; tonn, liter, kg/h, kg/nm, L/h og m<sup>3</sup>/døgn. Total mengde produsert energi og total mengde forbrukt energi av hoved-thrusterene ble beregnet og sammenlignet for å se hvor mye energi som har blitt forbrukt for å faktisk forflytte skipet.

Det viste seg at fartøy B (Diesel) også hadde problemer med logging av generatorsettens driftstimer (se kap. 3.2). Ettersom transitt rutene som ble valg fall innenfor perioden som ble analysert i *analyse 1*, ble det valgt å ikke analysere generatorsettens driftstimer og på/av-sykluser for transitt rutene. Dette var fordi det uansett hadde ført til resultater som ikke kan sammenlignes. Om nødvendig kan driftstimer og på/av-sykluser for de spesifikke transittoperasjonene bli funnet i *analyse 1*.

### 3.6.5 Analyse 3: DP-operasjoner

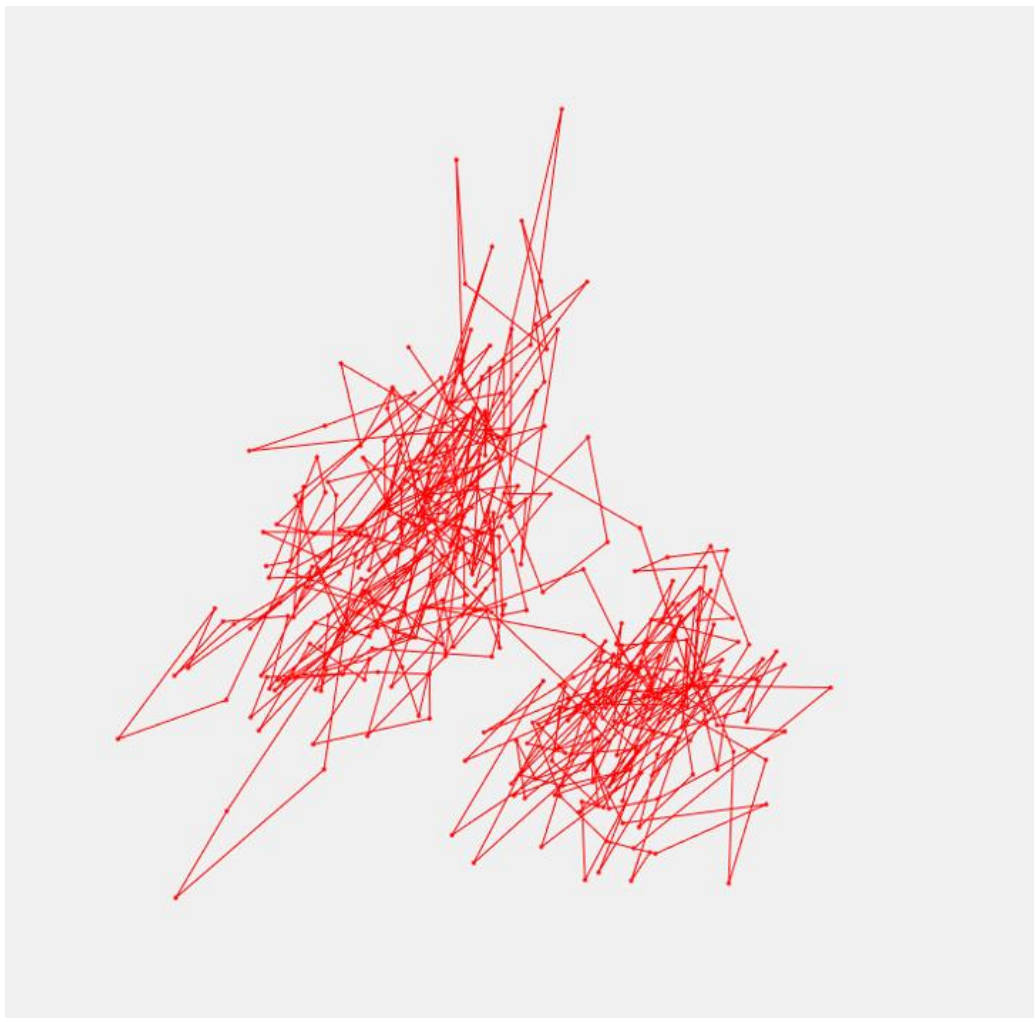
Når skipenes ytelse under DP-operasjoner skulle analyseres ble det bestemt å hente ut driftsdata for en rekke forskjellige operasjoner, på den måten gir uregelmessigheter et mindre utslag på resultatet. Ved å bruke *Matlab* på en lignende måte som i *Analyse 2* ble det identifisert åtte ulike DP-operasjoner for hvert fartøy, til sammen var det nesten 22 timer med driftsdata per skip. DP-operasjonene som ble brukt var i tidsperiodene;

#### **Fartøy A (Hybrid)**

DP-operasjon 1:	03.03.2019 07.48.57 til 03.03.2019 09.16.17
DP-operasjon 2:	04.03.2019 03.49.25 til 04.03.2019 07.24.27
DP-operasjon 3:	31.03.2019 17.01.32 til 31.03.2019 20.31.31
DP-operasjon 4:	13.03.2019 05.58.00 til 13.03.2019 10.15.12
DP-operasjon 5:	06.03.2019 13.24.56 til 06.03.2019 14.37.02
DP-operasjon 6:	06.03.2019 11.29.24 til 06.03.2019 13.22.24
DP-operasjon 7:	10.04.2019 08.52.06 til 10.04.2019 12.17.29
DP-operasjon 8:	24.05.2019 14.55.11 til 24.05.2019 17.13.18

#### **Fartøy B (Diesel)**

DP-operasjon 1:	05.03.2019 00.03.38 til 05.03.2019 01.29.58
DP-operasjon 2:	05.03.2019 10.10.46 til 05.03.2019 13.44.05
DP-operasjon 3:	09.03.2019 22.14.15 til 10.03.2019 01.50.51
DP-operasjon 4:	10.03.2019 02.13.26 til 10.03.2019 06.26.51
DP-operasjon 5:	10.03.2019 06.47.56 til 10.03.2019 08.05.38
DP-operasjon 6:	02.03.2019 10.40.50 til 02.03.2019 12.33.49
DP-operasjon 7:	21.03.2019 17.59.45 til 21.03.2019 21.32.46
DP-operasjon 8:	02.03.2019 19.48.15 til 02.03.2019 22.06.38



*Figur 3.8: DP-operasjon, periode 8, fartøy A (Hybrid)*

Kartet illustrerer en DP-operasjon i periode 8. Mer informasjon om disse kartene kan leses under (D Vedlegg: Matlab kart – DP-operasjoner)

For hver DP-operasjon ble drivstofforbruket i kg/h og driftstimer for hvert generatorsett, samt beaufort, hentet fra databasene. Alle åtte operasjoner ble sammensett til en tabell (se *Figur 3.9*) og IF-setninger ble igjen brukt for å utelukke alle «NULL»-verdier når drivstofforbruket kalkuleres (se formel (9) og (10)). Ved hjelp av tid og distanse ble forbruket kalkulert for hvert generatorsett og totalt for alle tre, både gjennomsnittlig og totalt for hele perioden, i forskjellige enheter; tonn, liter, kg/h, kg/nm, L/h og m<sup>3</sup>/døgn. Generatorsettene driftstimer og på/av-sykluser ble kalkulert for hver DP-operasjon og totalt gjennom alle operasjonene, ved bruk av IF-setninger, på samme måte som i *Analyse 1* (se formler (6), (7) og (8)).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<b>Ship A (Diesel-electric)</b>							
2	TagID -->	112012	710010	112032	720010	112052	730010	502160
3	Time and date	DG Flow Meter	DG1 Running H	DG2 Flow Meter	DG2 Running H	DG3 Flow Meter	DG3 Running H	Beaufort Scale
4	03.03.2019 07:48	kg/h	h	kg/h	h	kg/h	h	Beaufort
5	31.03.2019 20:31							
2028	2019-03-31 20:23:39.C	NULL	16707,8013	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
2029	2019-03-31 20:24:40.C	NULL	16707,81797	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
2030	2019-03-31 20:27:58.C	216	16707,87217	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
2031	2019-03-31 20:31:16.C	228	16707,92636	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
2032	13.03.2019 05:57	NULL	NULL	NULL	NULL	276	17094,8309	NULL
2033	13.03.2019 05:58	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	17094,83507	NULL
2034	13.03.2019 05:58	NULL	NULL	NULL	NULL	252	17094,83923	NULL
2035	13.03.2019 05:58	NULL	NULL	NULL	NULL	216	17094,84757	3
2036	13.03.2019 05:59	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	17094,85174	NULL
2037	13.03.2019 05:59	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	17094,85591	NULL
2038	13.03.2019 05:59	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	17094,86008	2
2039	13.03.2019 05:59	NULL	NULL	NULL	NULL	300	17094,86425	NULL
2040	13.03.2019 06:00	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	17094,86841	NULL
2041	13.03.2019 06:00	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	17094,87258	3
2042	13.03.2019 06:00	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	17094,87675	2
2043	13.03.2019 06:00	NULL	NULL	NULL	NULL	252	17094,88092	3
2044	13.03.2019 06:01	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	17094,88509	NULL

Figur 3.9: Utkast fra tabell av analyseringen av fartøy A under DP-operasjoner. Fargede rader indikerer slutten på en DP-operasjon og starten på den neste.

## 4 RESULTATER AV ANALYSER

I dette kapittelet blir resultatene av analyseringene presentert. Ettersom oppgaven gikk ut på å analysere driftsdata fra fartøyene er det ikke tatt hensyn til ekstra energitap i kraftsystemet til Fartøy A (Hybrid) som følge av etter montert batterisystem og medfølgende komponenter. Det er heller ikke tatt hensyn til faktorer som mengde fysisk last om bord, samt vær, vind og miljøets påvirkning på skrogene til fartøyene.

Dataen som er analysert baserte seg hovedsakelig på drivstofforbruket og energiproduksjonen til hoved-generatorsettene, samt driftstimer og på/av-sykluser, for å få en indikasjon på mulig reduksjon i slitasje av generatorsettene. Resultatene viser drivstofforbruket til fartøyenes tre hoved-dieselgeneratorsett i ulike enheter, samt mengde timer generatorsettene her vært i drift og antall av/på-sykluser for de tre analysene som er utført.

Gruppen hadde ett møte med Finn Tore Holmeset mot slutten av prosjektperioden, for å gå over resultatene. Usikkerheter i resultatene er problemene med driftsdataen fra Fartøy B (Diesel) som er beskrevet tidligere. Problemet med distansene fører til at resultatene for drivstofforbruket til begge fartøyene ikke er reelle. Problemet med Fartøy B sin logging av generatorsettens driftstimer fører til at det ikke er oppnådd resultater som er sammenlignbare med det andre fartøyet. Resultatene som ligger til grunn for konkluderingsene er såpass usikre at de ikke kan sees på som reelle tall fra driften av skipene, men de kan muligens gi en indikasjon på forholdet mellom ytelsen til skipene. Dette gjelder ikke resultater som ikke er beregnet ved bruk av distanse eller generatorsettens driftstimer.

De tre analyseringene er vedlagt rapporten i form av hver sin Excel-fil.

### 4.1 Analyse 1: Periode

Her blir resultatene av analyseringen av driftsdata fra perioden 1.mars til 31.mai presentert. Fokuset er på det totale drivstofforbruket i megatonn og det gjennomsnittlige forbruket i  $\text{m}^3/\text{døgn}$ , samt generatorsettens driftstimer og på/av-sykluser.



### 4.1.1 Fartøy A (Hybrid)

Resultatet av analysering av drivstofforbruket til de tre hoved-diesलगeneratorsettene til Fartøy A er vist i *Tabell 1*. Det totale forbruket av diesलगolja for alle generatorsettene gjennom den 3 måneders lange perioden var 107,7 megatonn, gjennomsnittlig ble det forbrukt ca. 18 m<sup>3</sup> diesलगolja per døgn. Det bør også legges merke til at den gjennomsnittlige farten til Fartøy A var mer enn 9 knop.

Number of nm	20130,43811	Ship A (Diesel-electric)			
Number of hours	2192,983333	DG1	DG2	DG3	Unit
Average speed	9,1795				
Total consumption per hour		14122452	18024984	16970364	kg/h
Total consumption per hour for all G's		49117800			kg/h
Total consumption		30,97030186	39,52848949	37,21572541	megatons
Total consumption for all G's		107,7145168			megatons
Average consumption per hour		272,3240325	339,0895649	287,8381899	kg/h
Average consumption per hour for all G's		299,7505957			kg/h
Average consumption		597202,0644	743617,7642	631224,353	kg
Average consumption for all G's		1972044,182			kg
Average consumption for all G's		1972,044182			tons
Average consumption for all G's		1640740,759			litre
Average consumption for all G's		1640,740759			m <sup>3</sup>
Average consumption per nm for all G's		97,96330169			kg/nm
Average consumption for all G's		748,177487			litre/h
Average consumption for all G's		17,95625969			m <sup>3</sup> /day&night
Average beufort:		2,627793518			Beufort

Tabell 1: Resultater av drivstofforbruket til Fartøy A, Analyse 1.

Tabell 2 viser resultatene av analyseringen av generatorsettene driftstimer og på/av-sykluser. Her ser man at totalt antall driftstimene har vært bra fordelt mellom de tre generatorsettene. Resultatet viser at lasten gjennom perioden har vært fordelt bra mellom de tre generatorsettene, noe som er vanlig under normale omstendigheter for å begrense slitasje.

Number of nm	20130,43811	Ship A (Diesel-electric)			
Number of hours	2192,983333	DG1	DG2	DG3	Unit
Running hours		668,515615	727,479313	752,526766	h
Total running hours		2148,521694			h
On/off cycles		164	189	116	#
Total on/off cycles for all Gs		469			#

Tabell 2: Resultater av genset-analyse for Fartøy A, Analyse 1.

### 4.1.2 Fartøy B (Diesel)

Resultatet av analysering av drivstofforbruket til de tre hoved-diesलगeneratorsettene til Fartøy B er vist i *Tabell 3*. Det totale forbruket av dieselolje for alle generatorsettene gjennom den 3 måneder lange perioden var 51,9 megatonn, gjennomsnittlig ble det forbrukt ca. 13,5 m<sup>3</sup> dieselolje per døgn. Det bør også legges merke til at den gjennomsnittlige farten til Fartøy B var 8 knop.

Number of nm	17717,55155	Ship B (Diesel)			
Number of hours	2192,983333	DG1	DG2	DG3	Unit
Average speed	8,0792				
Total consumption per hour		8973120	6632800	8075440	kg/h
Total consumption per hour for all G's		23681360			kg/h
Total consumption		19,67790261	14,54561985	17,70930533	megatons
Total consumption for all G's		51,93282778			megatons
Average consumption per hour		238,3488724	223,1012445	214,0607025	kg/h
Average consumption per hour for all G's		225,1702731			kg/h
Average consumption		522695,1047	489257,3108	469431,5527	kg
Average consumption for all G's		1481383,968			kg
Average consumption for all G's		1481,383968			tons
Average consumption for all G's		1232511,462			litre
Average consumption for all G's		1232,511462			m <sup>3</sup>
Average consumption per nm for all G's		83,61109964			kg/nm
Average consumption for all G's		562,0250017			litre/h
Average consumption for all G's		13,48860004			m <sup>3</sup> /day&night
Average beufort:		2,379090709			Beufort

Tabell 3: Resultater av drivstofforbruket til Fartøy B, Analyse 1.

*Tabell 4* viser resultatene av analyseringen av generatorsettene driftstimer og på/av-sykluser. Resultatet viser igjen at lasten gjennom perioden har vært fordelt bra mellom de tre generatorsettene, men dette stemmer ikke helt. Som følge av problemet med loggingen av driftstimer har det trolig ikke vært logget reelle verdier fra perioden 1. mars til 9. mai, men resultat viser at fordelingen av last har vært greit fordelt i perioden 9. mai til 31. mai.

Number of nm	17717,55155	Ship B (Diesel)			
Number of hours	2192,983333	DG1	DG2	DG3	Unit
Running hours		230,372964	1853,47524	217,278249	h
Total running hours		2301,126453			h
On/off cycles		28	42	46	#
Total on/off cycles for all Gs		116			#

Tabell 4: Resultater av genset-analyse for Fartøy B, Analyse 1.

## 4.2 Analyse 2: Transitt

Her blir resultatene av analyseringen av driftsdata fra en transitt rute per fartøy presentert.

Fokuset er på det totale drivstofforbruket i tonn og det gjennomsnittlige forbruket i m<sup>3</sup>/døgn.

Gruppen ble også anbefalt av Finn Tore Holmeset å sammenligne forholdet mellom produsert energi og forbrukt energi.

### 4.2.1 Fartøy A (Hybrid)

Resultatet av analysering av drivstofforbruket til de tre hoved-diesलगeneratorsettene til Fartøy A er vist i *Tabell 5*. I løpet av transittoperasjonen var det totale forbruket av dieselolje for alle generatorsettene 4.155 tonn, gjennomsnittlig ble det forbrukt ca. 16,5 m<sup>3</sup> dieselolje per døgn. Det bør også legges merke til at den gjennomsnittlige farten til Fartøy A var 9,3 knop.

		Ship A (Diesel-electric)			
		DG1	DG2	DG3	Unit
Number of nm	88,47343024				
Number of hours	9,517				
Average speed	9,2964				
Total consumption per hour		123792	312744	48	kg/h
Total consumption per hour for all G's		436584			kg/h
Total consumption		1178,128464	2976,384648	0,456816	tons
Total consumption for all G's		4154,969928			tons
Average consumption per hour		373,9939577	439,247191	12	kg/h
Average consumption per hour for all G's		275,0803829			kg/h
Average consumption		3559,300495	4180,315517	114,204	kg
Average consumption for all G's		7853,820012			kg
Average consumption for all G's		7,853820012			tons
Average consumption for all G's		6534,37825			litre
Average consumption for all G's		6,53437825			m <sup>3</sup>
Average consumption per nm for all G's		88,77037989			kg/nm
Average consumption per nm for all G's		686,6006357			litre/h
Average consumption per nm for all G's		16,47841526			m <sup>3</sup> /day&night

Tabell 5: Resultater av drivstofforbruket til Fartøy A, Analyse 2.

Tabell 6 viser resultatet av sammenligningen mellom mengden energi de tre hoved-generatorsettene produserte og mengden energi de to hoved-thrusterene forbrukte.

Generatorsettene har til sammen produsert 2.436 kW i løpet av transittoperasjonen, med en hoved-thrusterene har trukket 1.793 kW, altså har ca. 643 kW eller 26,4 % gått til andre laster.

Her er det også vist ett gjennomsnitt av batterisystemets tilgjengelige energi, både i kWh og prosent (SOC), denne gjennomsnittsverdien er muligens ikke korrekt. *Tabell 5* viser at transittoperasjonen i alt tok ca. 9,5 timer, batteriets SOC endret seg ikke i det hele tatt gjennom hele denne tiden. Dette betyr at det muligens er problemer med logging av informasjonen til Fartøy A sitt batterisystem, ettersom det ikke virker realistisk at et batterisystem ikke er tatt i bruk under en så lang transittoperasjon.

Ship A (Diesel-electric)					
Energy produced by gensets	DG1	5959,175492	kWh	626,1611319	kW
	DG2	17255,5185	kWh	1813,125827	kW
	DG3	-30,4344522	kWh	-3,197903983	kW
	Total	23184,25954	kWh	2436,089055	kW
Energy consumed by propulsion drives	Azimuth 1	8547,078197	kWh	898,0853417	kW
	Azimuth 2	8521,27753	kWh	895,3743333	kW
	Total	17068,35573	kWh	1793,459675	kW
Difference (produced-consumed)	Total	6115,90381	kWh	642,6293801	kW
Average available energy / SOC	Battery	275,23	kWh	55,355	%

Tabell 6: Resultater av produksjon og forbruk av energi for Fartøy A, Analyse 2.

#### 4.2.2 Fartøy B (Diesel)

Resultatet av analysering av drivstofforbruket til de tre hoved-diesलगeneratorsettene til Fartøy B er vist i *Tabell 7*. I løpet av transittoperasjonen var det totale forbruket av dieselolje for alle generatorsettene 657 tonn, gjennomsnittlig ble det forbrukt ca. 14,3 m<sup>3</sup> dieselolje per døgn. Det bør også legges merke til at den gjennomsnittlige farten til Fartøy A var 10,5 knop.

		Ship B (Diesel)			
Number of nm	88,73985949				
Number of hours	8,4				
Average speed	10,5643	DG1	DG2	DG3	Unit
Total consumption per hour		65360	15040	0	kg/h
Total consumption per hour for all G's		80400			kg/h
Total consumption		549,024	126,336	0	tons
Total consumption for all G's		675,36			tons
Average consumption per hour		435,7333333	278,5185185	0	kg/h
Average consumption per hour for all G's		238,0839506			kg/h
Average consumption		3660,16	2339,555556	0	kg
Average consumption for all G's		5999,715556			kg
Average consumption for all G's		5,999715556			tons
Average consumption for all G's		4991,763342			litre
Average consumption for all G's		4,991763342			m <sup>3</sup>
Average consumption per nm for all G's		67,61015388			kg/nm
Average consumption per nm for all G's		594,2575407			litre/h
Average consumption per nm for all G's		14,26218098			m <sup>3</sup> /day&night

Tabell 7: Resultater av drivstofforbruket til Fartøy B, Analyse 2.

Tabell 8 viser resultatet av sammenligningen mellom mengden energi de tre hoved-generatorsettene produserte og mengden energi de to hoved-thrusterene forbrukte. Generatorsettene har til sammen produsert 608 kW i løpet av transittoperasjonen, meden hoved-thrusterene bare har trukket 93 kW, altså har ca. 515 kW eller 84,7 % gått til andre laster. Dette resultatet er også tydelig påvirket av problemet med driftsdataen til Fartøy B.

Ship B (Diesel)					
Energy produced by gensets	DG1	-58,9561958	kWh	-7,018594738	kW
	DG2	5210,071659	kWh	620,246626	kW
	DG3	-40,12033744	kWh	-4,776230648	kW
	Total	5110,995126	kWh	608,4518007	kW
Energy used by propulsion drives	Azimuth 1	277,7506071	kWh	33,06554846	kW
	Azimuth 2	507,3558814	kWh	60,39950969	kW
	Total	785,1064885	kWh	93,46505815	kW
Difference (produced-consumed)	Total	4325,888637	kWh	514,9867425	kW

Tabell 8: Resultater av produksjon og forbruk av energi for Fartøy B, Analyse 2.

### 4.3 Analyse 3: DP-operasjoner

Her blir resultatene av analyseringen av driftsdata fra de åtte DP-operasjonene presentert. Fokuset er på det totale drivstofforbruket i tonn og det gjennomsnittlige forbruket i m<sup>3</sup>/døgn, samt generatorsettene driftstimer og på/av-sykluser. I analysen av DP-operasjoner er det ikke tatt hensikt til distanse, kun tid. Tabell 10 og Tabell 12 viser blant annet hvor mange på/av-sykluser generatorsettene har hatt i løpet av DP-operasjonene, dette kan ignoreres av to grunner. For det første har ikke Fartøy B (Diesel) reelle resultater som følge problemet rundt driftsdataen, i tillegg forekommer det gjerne start og stopp av generatorsett ved Excel-rader der de åtte tabellene er blitt sammensatt.

#### 4.3.1 Fartøy A (Hybrid)

Resultatet av analysering av drivstofforbruket til de tre hoved-diesलगeneratorsettene til Fartøy A er vist i Tabell 9. I løpet av alle DP-operasjonene var det totale forbruket av dieselolje for alle generatorsettene 13.572 tonn, gjennomsnittlig ble det forbrukt ca. 15,3 m<sup>3</sup> dieselolje per døgn.

	Ship A (Diesel-electric)			
	DG1	DG2	DG3	Unit
Total consumption per hour	148308	142152	337896	kg/h
Total consumption per hour for all G's	628356			kg/h
Total consumption	3203,4528	3070,4832	7298,5536	tons
Total consumption for all G's	13572,4896			tons
Average consumption per hour	199,8760108	316,596882	248,8188513	kg/h
Average consumption per hour for all G's	255,097248			kg/h
Average consumption	4317,321833	6838,49265	5374,487187	kg
Average consumption for all G's	16530,30167			kg
Average consumption for all G's	16,53030167			tons
Average consumption for all G's	13753,21099			litre
Average consumption for all G's	13,75321099			m <sup>3</sup>
Average consumption for all G's	636,722731			litre/h
Average consumption for all G's	15,28134554			m <sup>3</sup> /day&night

Tabell 9: Resultater av drivstoffbruket til Fartøy A, Analyse 3.

Tabell 10 viser resultatene av analyseringen av generatorsettene driftstimer og på/av-sykluser gjennom de åtte DP-operasjonene. Dieselgeneratorsett 3 med 15,5 timer har nesten tre ganger så mange driftstimer som generatorsett 2 med 5,5 timer, generatorsett 1 havner omtrent midt mellom med 8,5 timer. Her er det tydelig at driftstimene til generatorsettene ikke er like jamt fordelt som i perioden i *Analyse 1*, men dette kan være en tilfeldighet grunnet valg av DP-operasjoner. Det totale antall driftstimer for alle generatorsettene er ca. 29,5 timer og analysen omfatter 21,6 timer i DP-modus.

	Ship A (Diesel-electric)				
	DP operation	DG1	DG2	DG3	Unit
Running hours	1	0,786994722	0,737893333	1,368978055	h
Running hours for all Gs		2,893866111			h
Running hours	2	3,555995	0,141761667	0	h
Running hours for all Gs		3,697756667			h
Running hours	3	3,5018975	0	2,851429722	h
Running hours for all Gs		6,353327222			h
Running hours	4	0	0	4,281404167	h
Running hours for all Gs		4,281404167			h
Running hours	5	0,712881389	0	1,208946944	h
Running hours for all Gs		1,921828333			h
Running hours	6	0	0	1,8843275	h
Running hours for all Gs		1,8843275			h
Running hours	7	0	2,322386944	3,927169167	h
Running hours for all Gs		6,249556111			h
Running hours	8	0	2,272003056	0	h
Running hours for all Gs		2,272003056			h
Running hours	!	8,557768611	5,474045	15,52225556	h
Running hours for all Gs		29,55406917			h
On/off cycles	Total	7	8	7	#
Total on/off cycles for all Gs		22			#

Tabell 10: Resultater av genset-analyse for Fartøy A, Analyse 3.

### 4.3.2 Fartøy B (Diesel)

Resultatet av analysering av drivstofforbruket til de tre hoved-diesलगeneratorsettene til Fartøy B er vist i *Tabell 11*. I løpet av alle DP-operasjonene var det totale forbruket av diesellolje for alle generatorsettene 5.856 tonn, gjennomsnittlig ble det bare forbrukt ca. 7,8 m<sup>3</sup> diesellolje per døgn.

	Ship B (Diesel)			
	DG1	DG2	DG3	Unit
Total consumption per hour	104640	65840	98160	kg/h
Total consumption per hour for all G's	268640			kg/h
Total consumption	2281,152	1435,312	2139,888	tons
Total consumption for all G's	5856,352			tons
Average consumption per hour	134,8453608	136,0330579	122,0895522	kg/h
Average consumption per hour for all G's	130,9893236			kg/h
Average consumption	2939,628866	2965,520661	2661,552239	kg
Average consumption for all G's	8566,701766			kg
Average consumption for all G's	8,566701766			tons
Average consumption for all G's	7127,495869			litre
Average consumption for all G's	7,127495869			m <sup>3</sup>
Average consumption for all G's	326,9493518			litre/h
Average consumption for all G's	7,846784443			m <sup>3</sup> /day&night

Tabell 11: Resultater av drivstofforbruket til Fartøy B, Analyse 3.

Tabell 12 viser resultatene av analyseringen av generatorsettene driftstimer og på/av-sykluser gjennom de åtte DP-operasjonene. Her er resultatet tydelig påvirket av problemet med driftsdataen.

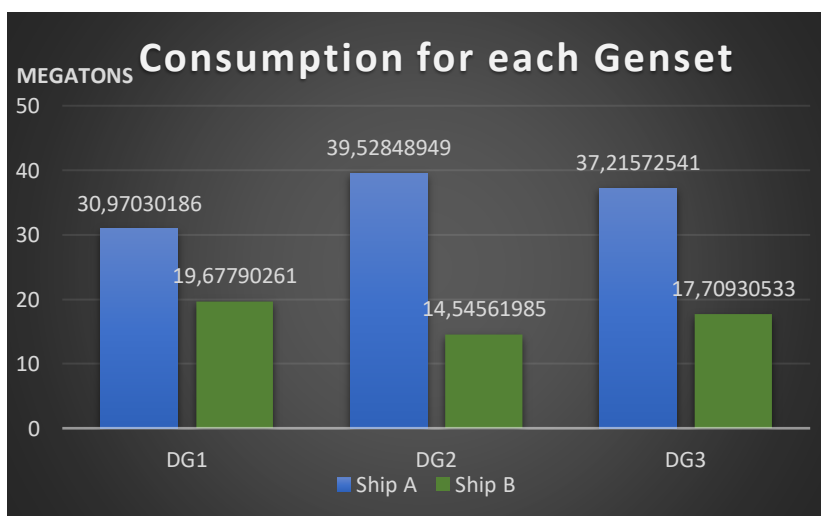
	Ship B (Diesel)				
	DP operation	DG1	DG2	DG3	Unit
Running hours	1	0	1,454951944	0	h
Running hours for all Gs		1,454951944			h
Running hours	2	0	3,501823889	0	h
Running hours for all Gs		3,501823889			h
Running hours	3	0	3,576834167	0	h
Running hours for all Gs		3,576834167			h
Running hours	4	0	4,135395833	0	h
Running hours for all Gs		4,135395833			h
Running hours	5	0	1,250681667	0	h
Running hours for all Gs		1,250681667			h
Running hours	6	0	1,871782222	0	h
Running hours for all Gs		1,871782222			h
Running hours	7	0	3,514256111	0	h
Running hours for all Gs		3,514256111			h
Running hours	8	0	2,247016667	0	h
Running hours for all Gs		2,247016667			h
Running hours	Total	0	21,5527425	0	h
Running hours for all Gs		21,5527425			h
On/off cycles	Total	0	0	0	#
Total on/off cycles for all Gs		0			#

Tabell 12: Resultater av genset-analyse for Fartøy B, Analyse 3.

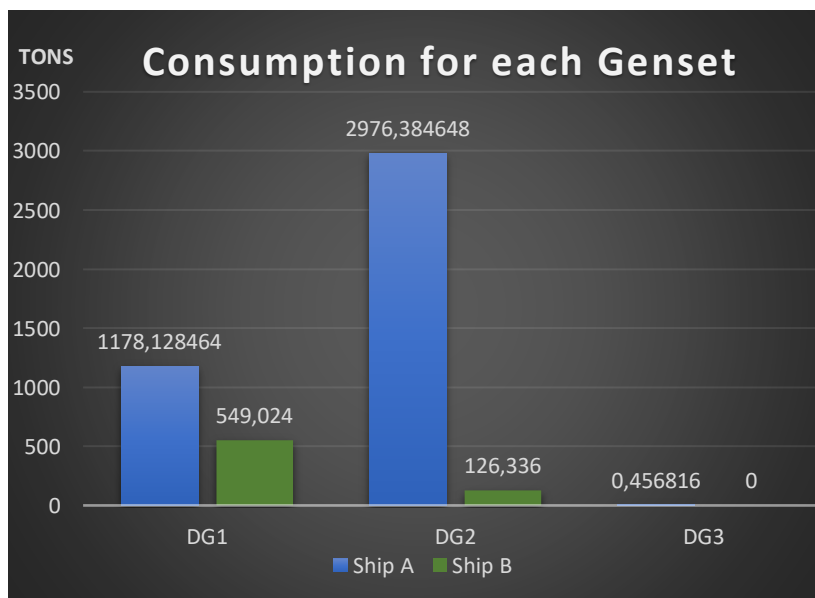


## 4.4 Sammenligning

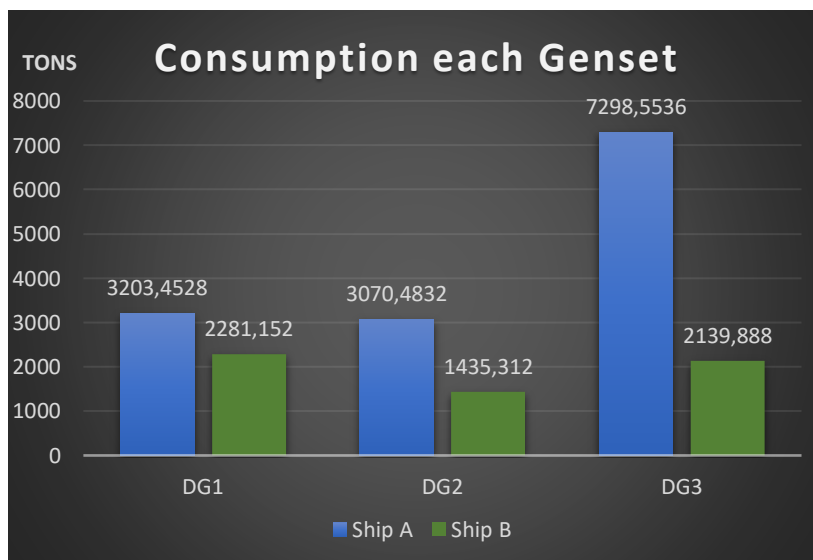
Figur 4.1, 4.2 og 4.3 viser drivstofforbruket for hver av de tre generatorsettene i det ulike analysene. Figur 4.1 viser forbruk i megatonn, de andre viser forbruk i tonn. Her ser man at hybridfartøyet (Fartøy A) har ett mye større forbruk enn Fartøy B som bare nytter brennstoff, gjennom perioden på 3 måneder, en transittoperasjon på ca. 88 nm og til sammen ved åtte ulike DP-operasjoner.



Figur 4.1: Drivstofforbruk for periode, Analyse 1.

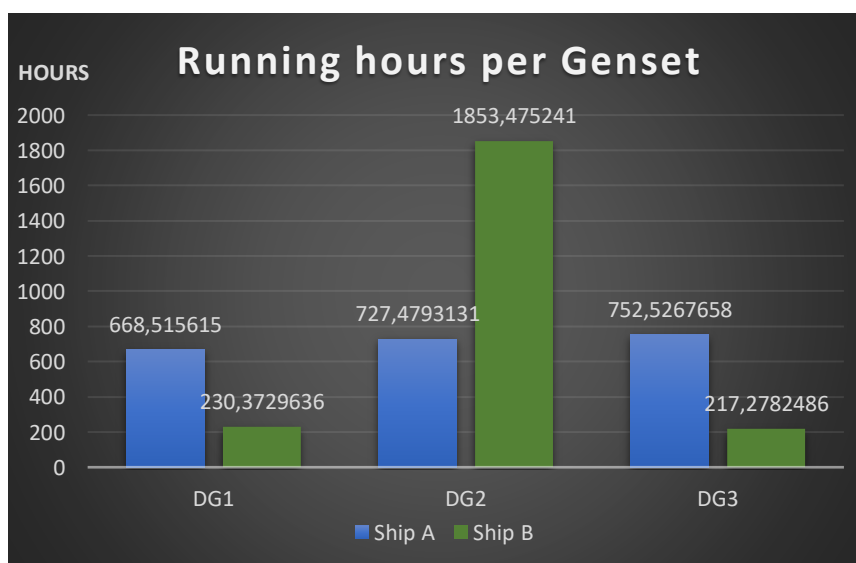


Figur 4.2: Drivstofforbruk for transitt, Analyse 2.

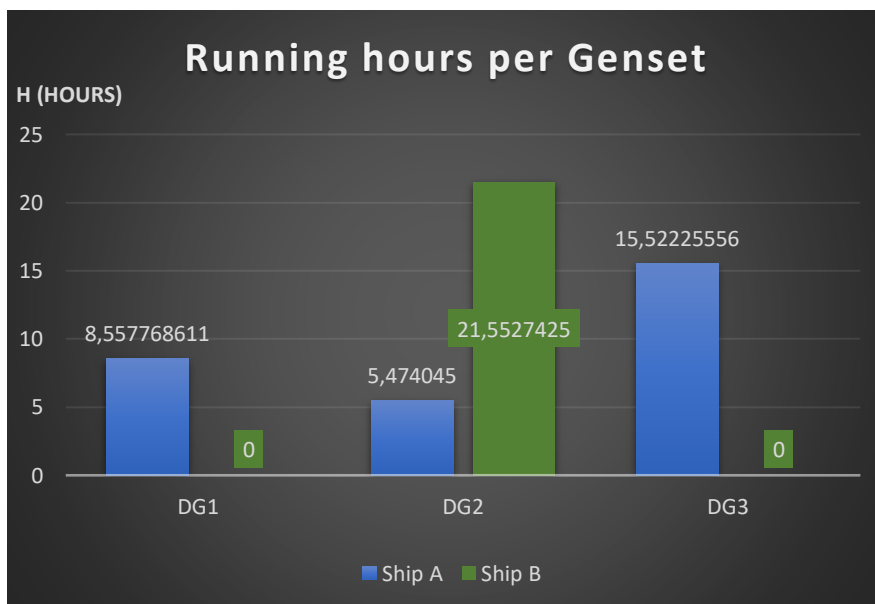


Figur 4.3: Drivstofforbruk for DP-operasjoner, Analyse 3.

Figur 4.4 og 4.5 viser en sammenligning av antall driftstimer per generatorsett for perioden og DP-operasjonene. Igjen viser dette at lasten har vært bra fordelt mellom generatorsettene til Fartøy A (Hybrid) og muligens også Fartøy B (Diesel) i siste del av perioden. Selv om det har oppstått feil på driftsdataen til Fartøy B, viser *Tabell 2* og *Tabell 4* at totalt antall driftstimer har vært tilnærmet likt gjennom perioden, ca. 2150 timer for Fartøy A og ca. 2300 timer for Fartøy B, men dette er antatt å være en tilfeldighet.

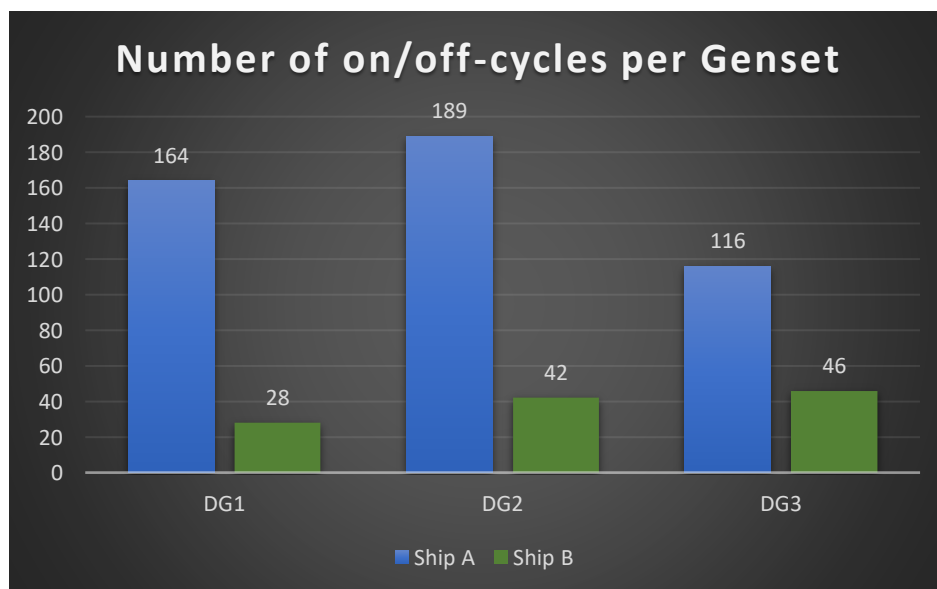


Figur 4.4: Generatorsettene driftstimer gjennom perioden, Analyse 1.



Figur 4.5: Generatorsettenes driftstimer i DP-operasjon, Analyse 3.

Figur 4.6 viser en sammenligning av antall på/av-sykluser per generatorsett gjennom perioden på 3 måneder. Her har Fartøy B (Diesel) mange færre på/av-sykluser grunnet feil i driftsdata.



Figur 4.6: Antall på/av-sykluser per generatorsett gjennom perioden, Analyse 1.

## 5 DRØFTING

### 5.1 Drøfting av resultat

I dette delkapittelet drøftes resultatene av analysen fra kapittel 4, hvorvidt disse er reelle og forventningene gruppen hadde til disse resultatene.

Ved starten av prosjektperioden satt gruppen et mål om å oppnå reelle resultater som kunne gi en god indikasjon på om det lønnet seg å ettermontere batterisystem i offshorefartøy, og som oppdragsgiveren muligens kunne dra nytte av. Dette målet ble dessverre ikke oppnådd på grunn av problemet med driftsdataen til Fartøy B (Diesel). Et Problem som enten har oppstått under logging eller ved uthenting av data fra databasene. Dette har ført til at resultatene av analyseringen til Fartøy B (Diesel) åpenbart ikke er reelle.

I slutten prosjektperioden hadde gruppen ett møte med Finn Tore Holmeset for å gå over resultatene. Vi så på det gjennomsnittlige forbruket av dieseloilje i kubikkmeter per døgn, siden dette var en måleenhet Finn Tore var kjent med som tidligere maskinist på fartøy.

Det ble fortalt under møtet at et forbruk på rundt  $15-18 \text{ m}^3/\text{døgn}$  kan være realistisk for et skip med tre generatorsett på ca. 2.500 kW hver.

Resultatene viser at Fartøy A har et gjennomsnittlig forbruk innenfor disse verdiene, dette gjelder alle tre analyseringene. Ved utregning av gjennomsnittlig forbruk er bare de loggede verdiene i kilogram per time og antall timer tatt i bruk, distanse og haversineformel ble ikke tatt hensyn til ved akkurat disse utregningene. Dermed gjelder ikke usikkerheten som kommer av å nytte haversineformelen, og akkurat disse resultatene kan være reelle, men gruppen setter tvil til dette.

Resultatene til Fartøy B virker ikke like reelle, spesielt ved DP-operasjoner da gjennomsnitt forbruk var så lavt som  $7,85 \text{ m}^3/\text{døgn}$ , siden den samme metoden er brukt for å oppnå disse resultatene er ikke distanseloggingen ett problem. Hvis resultatene til Fartøy A stemmer må det også være feil i loggingen av drivstofforbruket til Fartøy B, hvis loggingen stemmer er resultatene til begge skipene feil.

Resultatene viser også at Fartøy A har et høyere gjennomsnittlig forbruk av diesellole gjennom den tre måneder lange perioden forhold til transittoperasjonen, det var forventet at dette skulle være motsatt. Gjennomsnittsfarten er litt høyere i perioden i forhold til transittoperasjonen, men denne er utregnet ved å bruke distanse som igjen er beregnet ved hjelp av haversineformelen, det gir derfor ikke ett konkret svar på hvorfor resultatene er som det er.

Gruppen er ikke kjent med normale verdier for totalt forbruk, men synes resultatene virker alt for høye, i tillegg er resultatene til Fartøy B både veldig høye og lave i forhold til hverandre. I løpet av transittoperasjonen ble det beregnet at Fartøy B totalt forbrukte 675 tonn diesellole ved en gjennomsnittlig transittfart på ca. 10,5 knop, Fartøy A forbrukte mye mer selv om transittfarten var laver, 4.155 tonn ved 9,3 knop. I tillegg har Fartøy B blitt beregnet til å ha et mye høyere forbruk under DP-operasjonene enn ved transitt. Alle disse verdiene for totalt forbruk er med andre ord ikke reelle i det hele tatt.

Ved å analysere generatorsettene driftstimer og på/av-sykluser hadde gruppen som mål å avgjøre om batterisystemet kan føre til redusert slitasje på generatorsettene. For å oppnå dette var det avgjørende å kunne sammenligne resultatene til de to skipene. Problemet med driftsdataen til Fartøy B førte til at gruppen ikke hadde noe sammenligningsgrunnlag, men det kan fortsatt sies noe om resultatene til Fartøy A.

Ut fra antall timer hver av de tre generatorsettene kjørte kan det se ut til at lasten var fordelt jevnt mellom de gjennom hele perioden på tre måneder. I DP-operasjonene var det større variasjon i driftstimene, generatorsett 2 kjørte bare i 5,5 timer, generatorsett 3 kjørte neste tre ganger så lenge. Generatorsett 2 er koblet på senterseksjonen til hovedtavlen, den samme seksjonen batterisystemet er koblet til, dersom en feil oppstår på denne tavleseksjonen vil skipet miste både batterisystemet og generatorsett 2. Gruppen tror generatorsett 2 nyttes lite i DP-modus for å unngå at dette skjer og for å overholde kravet om redundant propulsjon.

Gruppen hadde også planer om å beregne de økonomiske utgiftene rundt drivstofforbruket til fartøyene, men dette hadde også vist til dårlige resultater. Det ble derfor konkluderte at det ikke var behov for å gjøre dette.

## 5.2 Hel-elektriske offshorefartøy

Gruppen hadde planlagt å se på muligheten til å kunne hel-elektrifisere fartøy i fremtiden ut ifra resultatene av analysen. Formålet med dette var å kunne annullere utslipp og forbruk av drivstoff for å nå fremtidig klimamål, eventuelle reguleringer som kan forekomme i fremtiden fra regjeringen og spare bedriften for ytterligere økonomiske utgifter i bruk av drivstoff. Gruppen kunne ikke komme frem til en konklusjon angående dette. Det var også en åpen mulighet til å produsere konsepter rundt ladestasjoner som kunne plasseres utenfor sikkerhetssonene til oljeplattformene, samt lademuligheter for offshorefartøyene når de ligger i DP-modus vedsiden av oljeplattformene, men dette har ikke gruppen sett noe nærmere på grunnet tidsmangel.

Basert på resultatene fra analysen kan ikke gruppen komme frem til noen reelle svar på om fartøy kan hel-elektrifiseres i nær fremtid. Ut ifra vitenskapelige artikler som gruppen har undersøkt og i enkelte tilfeller tatt i bruk i løpet av prosjektet kan det tyde på at det er klare fordeler ved bruk av batterier på fartøy ([27], Olve Mo, SINTEF).

Det er allerede i dag utviklet batteridrevne ferjer og mindre fartøy. Et eksempel på dette er det full autonome, hel-elektrifiserte fartøyet til Yara som skal ferdes mellom Yaras fabrikk på Herøy og havnene i Brevik og Larvik ([31], Teknisk Ukeblad).

Spørsmålet er om batteriteknologien er tilstrekkelig utviklet, for å kunne implementere disse batterisystemene om bord på større offshorefartøy som ferdes ut på åpent hav og gjerne over lengre distanser. Det vil eventuelt være flere utfordringen ved å dimensjonere disse batterisystemene om bord på slike fartøy og finne riktig leverandør som kan levere denne typen batterisystemer. En ting er sikkert, det er en stor nødvendighet i å utvikle teknologien rundt batterisystemer og transformere skipsindustrien til en mer miljøvennlig industri, for å nå fremtidige klimamål.

### 5.3 Utbedringer

Etter oppstartmøtet kunne gruppen vært flinkere til å følge opp arbeidsgiver angående fremgang i prosjektet. Dette ville mest sannsynlig resultert til raskere oppstart av analyseringsprosessen og muligheten til å løse problemet rundt avviket i dataen.

Hadde gruppen dedikert mer tid til å feilsøke databasen kunne det eventuelt oppdages mulige avvik i driftsdataen tidligere i analyseringsprosessen, og i henhold til dette muligens rette opp i disse feilene før analysering.

Det kunne også ha blitt utført flere manuelle utregninger av ulike verdier for å jobbe oss rundt avviket i dataen slik at analyseringen muligens hadde vist til et mer reelt resultat.

For å oppnå bedre resultater ved sammenligning av generatorsettenes driftstimer og på/av-sykluser kunne perioden som ble sammenlignet blitt flyttet frem til etter 09.05.2019. Grunnen til at dette ikke ble gjennomført var at det ikke ville oppnådd noen bedre resultatet fra analyseringen av drivstofforbruket, samt at valget med å utføre analysen av generatorsettenes driftstimer og på/av-sykluser ble gjort ganske sent i prosessen. Analyseringen for en ny tidsperiode ble derfor ikke utført grunnet mangel på tid. Hadde gruppen besluttet å analysere generatorsettenes driftstimer og på/av-sykluser tidligere i prosjektperioden, hadde det muligens ført til bedre og mer reelle resultater.

## 5.4 Videre arbeid

Anbefalt videre arbeid er se på problemet rundt driftsdataen. Spesifikt vil dette si å finne ut grunnen til avviket i dataen og eventuelt hvor dette avviket har sin opprinnelse fra.

Dette kan eventuelt utføres ved å feilsøke og reparere databasene til fartøyene og feilsøke systemene om bord på fartøyene for å se etter eventuelle defekter i sensorene.

Med ny og verifisert data kan analysen utføres på nytt slik at man kan komme frem til en mer presis konklusjon rundt fartøyenes drivstofforbruk og mulig økonomisk gevinst ved bruk av ESS. Dette gjelder også muligheten til å hel elektrifisere fartøyer i fremtiden basert på den nye dataen.

Som nevnt under «hel-elektriske offshorefartøy», kan det også være mulig å lage en oppgave basert på å produsere konsepter og se etter muligheter for utbygging av lade stasjoner som kan plasseres utenfor sikkerhetssonene til oljeplattformene, samt lademuligheter for offshorefartøyene når de ligger i DP-modus vedsiden av oljeplattformene.



## 6 KONKLUSJON

Analyseringen av driftsdataen har vært en nokså utfordrende prosess. Gruppen møtte stadig på nye problemer med å få tilgang til databasene. Den opprinnelige tidsfristen for levering av prosjektet nærmet seg og motivasjonen blant gruppemedlemmene ble gradvis redusert. Basert på den tiden som hadde gått før gruppen endelig kom i gang med analyseringsprosessen, ble det søkt om syv uker utsettelse av innleveringsfristen. Da dette ble innvilget kom motivasjonen tilbake og gruppen var fast bestemt på å finne en løsning angående problemstillingen i prosjektet.

Gruppen oppdaget tidlig i analyseringsprosessen at distansetelleren til Fartøy B (Diesel) viste til feilaktige verdier, det ble da mistenkt at dette kunne skyldes feil i loggingen av driftsdata. På grunn av dette ble det nødvendig å utføre utregning av distansene manuelt ved hjelp av Haversineformelen. Formelen ble adaptert til bruk i *Microsoft Excel* for så å bli testet, dessverre var den ikke så nøyaktig som gruppen hadde håpet på.

Etter at vi oppdaget problemer med loggingen av driftstimene til generatorsettene til Fartøy B, ble mistanken om at det var noe feil i loggingen av driftsdata forsterket. Problemene med driftsdataen kan også ha oppstått under uthenting fra databasene. For å teste dette forsøkte gruppen å hente ut driftsdataen flere ganger, men endte opp med de samme resultatene hver gang. Med hensyn til problemene rundt driftsdataen, jobbet vi videre uten å forvente noen reelle verdier fra resultatene av analysen, men i håp om at resultatene skulle være sammenlignbare mellom fartøyene. Det viste seg at resultatene ikke kunne sammenlignes grunnet det høye verdi forskjellene mellom fartøyene. Basert på dette valgte gruppe å ikke regne videre på disse resultatene, for å komme frem til økonomiske verdier, siden disse også ville vært ureelle.

Hadde analyseringene gitt reelle og sammenlignbare resultater, var det forventet at skipenes ytelse ville vært tilnærmet lik. Gruppen ser både fordeler og ulemper ved å ettermontere batterisystemer i offshorefartøy. Under DP-operasjoner har batterisystemer muligheten til å gi større fordeler enn ved transitt, grunnet kravet om redundant propulsjon. PSVer befinner seg ofte i situasjoner der DP blir nyttet, både ved og utenfor sikkerhetssonen til plattformene, dette gjør at skipene i denne oppgaven har gode muligheter til å dra nytte av batterisystemet i motsetning til andre typer skip. En ulempe med å modifisere eksisterende skip som ikke er designet med hensyn til batterisystem er at de ekstra komponentene som må monteres fører til mer tap av

energi i kraftsystemet og ekstra egenvekt. Dette tapet er konstant under alle drift og fører etter hvert til at betraktelige mengder energi går tapt, for å motsette dette må batteriet utnyttes på en måte som lar generatorsettene kjøre med bedre drivstoffeffektivitet. På grunnlag av dette var gruppen usikker på hvilket skip som ville ende opp med å forbruke minst drivstoff, og dermed være mest miljøvennlig.

Arbeidsgiver hadde ikke stilt noen spesifikke krav til hvordan oppgaven skulle løses, gruppen stod derfor fritt til å velge hvordan resultatene skulle presenteres og i hvilke enheter. I tillegg fikk gruppen selv velge hva de ville gjøre i del 2 av oppgaven. I del 2 kunne ikke gruppen komme frem til en konklusjon rundt muligheten for å hel-elektrifisere offshorefartøy basert på resultatene fra analysen i del 1. Det har derfor blitt anbefalt av gruppen å gjennomføre dette i en eventuell ny oppgave, samt feil søking og diagnostisering av databasene og systemene om bord på fartøyene.

En av grunnene til at vi valgte denne oppgaven var for å få innsikt og lærdom innenfor maritimindustrien, både når det gjelder skipenes elektriske oppbygging, batterisystemer og hvordan de driftes. Noe som vi har lært mye om etter å ha fullført oppgaven, samt diskutert med oppdragsgivere, veileder og andre personer med erfaring som har hjulpet oss underveis.

Det var også første gangen gruppemedlemmene har analysert data i så store mengder, dette førte til at vi måtte lære oss å opprette en SQL-database for å kunne behandle dataen. Under analyseringsprosessen fikk vi testet *Excel*-kunnskapene ved å behandle de store mengdene med data, med hjelp fra veileder fikk vi laget flere IF-setninger som førte til at jobben ble mye enklere. For å indentifisere hvilken operasjon skipene utførte i bestemte perioder bestemte vi oss for å bruke *Matlab*, et program som vi var lite erfarte med fra før av. Dette førte til at vi utviklet en mer utdypende forståelse rundt bruken av skripter og funksjoner i programmet.

I helhet av prosessen sitter gruppen igjen med mye lærdom som kan hjelpe oss i å løse fremtidige problem. Gruppen har tilpasset seg raskt i å kommunisere og jobbe over nett med tanke på omstendighetene rundt pandemien. Dette har intet annet forsterket sambandet mellom medlemmene i gruppen.

## 7 Referanser

- [1] Electrical System Philosophy: Fartøy A PSV, Vard Electro AS, 2017.
- [2] Vadset, Martin Skaar (2018): Modeling and operation of hybrid ferry with gas engine, synchronous machine and battery
- [3] Maritime Electrical Installations And Diesel Electric Propulsion: by Alf Kåre Ådnanes, ABB AS Marine  
(Ligger som vedlegg)
- [4] Introduction to Dynamic Positioning  
URL: <https://www.offshoreengineering.com/education/dynamic-positioning-dp/what-is-dynamic-positioning>  
Lesedato: 27.04.2020
- [5] Discord  
URL: <https://no.wikipedia.org/wiki/Discord>  
Lesedato: 12.06.2020
- [6] Leading the charge  
URL: <https://www.dnvgl.com/expert-story/maritime-impact/leading-the-charge.html>  
Lesedato: 15.06.2020
- [7] Onboarding Vard Electro (Velkommen til Vard Electro), Vard Electro AS, side 4.
- [8] VARD 1-SERIES  
URL: <https://www.vard.com/offshore/platform/Pages/default.aspx>  
Lesedato: 18.06.2020
- [9] Frekvensomformer  
URL: <https://www.trainor.no/cms/Forum/Automasjon/Frekvensomformer9>  
Lesedato: 22.06.2020
- [10] battery-storage-peak-shaving-graph  
URL: <https://www.evoenergy.co.uk/technology/solar-battery-storage/battery-storage-peak-shaving-graph/>  
Lesedato: 24.04.2020
- [11] Interview Presentation: Vard Electro Group Presentation, Richard Schofield, 29.06.2020.

- [12] Corvus Orca Energy  
URL: <https://corvusenergy.com/products/corvus-orca-energy/>  
Lesedato: 30.06.2020
  
- [13] Structured Query Language  
URL: [https://no.wikipedia.org/wiki/Structured\\_Query\\_Language](https://no.wikipedia.org/wiki/Structured_Query_Language)  
Lesedato: 01.07.2020
  
- [14] Database  
URL: <https://no.wikipedia.org/wiki/Database>  
Lesedato: 01.07.2020
  
- [15] What is SQL Server Management Studio (SSMS)?  
URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/sql/ssms/sql-server-management-studio-ssms?view=sql-server-ver15>  
Lesedato: 01.07.2020
  
- [16] AutoCAD  
URL: <https://no.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>  
Lesedato: 02.07.2020
  
- [17] Beauforts skala  
URL: [https://no.wikipedia.org/wiki/Beauforts\\_skala](https://no.wikipedia.org/wiki/Beauforts_skala)  
Lesedato: 02.07.2020
  
- [18] Peak shaving, ABB  
URL: <https://new.abb.com/distributed-energy-microgrids/applications/energy-storage-applications/peak-shaving>  
Lesedato: 15.06.2020
  
- [19] Spinning reserve, ABB  
URL: <https://new.abb.com/distributed-energy-microgrids/applications/energy-storage-applications/spinning-reserve>  
Lesedato: 15.06.2020
  
- [20] Chapter 1 General regulations, RULES FOR CLASSIFICATION, DNV GL  
URL: <https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/DNVGL/RU-SHIP/2019-07/DNVGL-RU-SHIP-Pt1Ch1.pdf>  
Lesedato: 11.06.2020

- [21] Chapter 1 General regulations, RULES FOR CLASSIFICATION, DNV GL  
URL: <https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/DNVGL/RU-SHIP/2019-07/DNVGL-RU-SHIP-Pt1Ch1.pdf>  
Lesedato: 11.06.2020
- [22] Chapter 2 Propulsion, power generation and auxiliary systems, RULES FOR CLASSIFICATION, DNV GL  
URL: <https://rules.dnvgl.com/docs/pdf/DNVGL/RU-SHIP/2019-10/DNVGL-RU-SHIP-Pt6Ch2.pdf>  
Lesedato: 12.06.2020
- [23] Vår organisasjon, DNV GL  
URL: <https://www.dnvgl.no/om/oversikt/vaar-organisasjon.html>  
Lesedato: 15.06.2020
- [24] Historier, Batterihybrid supplyskip, Equinor  
URL: <https://www.equinor.com/no/magazine/battery-hybrid-supply-ship.html>  
Lesedato: 08.06.2020
- [25] Om Lovdata, Lovdata  
URL: [https://lovdata.no/info/om\\_lovdata](https://lovdata.no/info/om_lovdata)  
Lesedato: 08.06.2020
- [26] What is MATLAB, MathWorks  
URL: <https://se.mathworks.com/discovery/what-is-matlab.html>  
Lesedato: 12.06.2020
- [27] Hvorfor installere batterier op skip, Olve Mo, SINTEFblogg, SINTEF  
URL: [https://blogg.sintef.no/sintefenergy-nb/hvorfor-installere-batterier-pa-skip/?fbclid=IwAR07CJiwgEmdAv49ZhOlhUrJv6KVr6PYyi64ev\\_oGK1Eu\\_DyOENkKBMj818](https://blogg.sintef.no/sintefenergy-nb/hvorfor-installere-batterier-pa-skip/?fbclid=IwAR07CJiwgEmdAv49ZhOlhUrJv6KVr6PYyi64ev_oGK1Eu_DyOENkKBMj818)  
Lesedato: 04.06.2020
- [28] Regelverk, § 52 Etablering av sikkerhetssoner, Petroleumstilsynet  
URL: <https://www.ptil.no/regelverk/alle-forskrifter/rammeforskriften/VIII/52/>  
Lesedato: 13.06.2020

- [29] Om oss, Rolle og ansvarsområde, Petroleumstilsynet  
URL: <https://www.ptil.no/om-oss/rolle-og-ansvarsomrade/>  
Lesedato: 19.05.2020
- [30] Forskrift om merking av og etablering av sikkerhetssoner tilknyttet innretning for fornybar energiproduksjon, Samferdselsdepartementet  
URL: [https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2016-09-15-1066/KAPITTEL\\_1-1#KAPITTEL\\_1-1](https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2016-09-15-1066/KAPITTEL_1-1#KAPITTEL_1-1)  
Lesedato: 19.05.2020
- [31] Hentet fra Verdens første autonome skip i drift skal erstatte 40.000 vogntogturer i året, Tore Stensvold  
URL: <https://www.tu.no/artikler/verdens-forste-autonome-skip-i-drift-skal-erstatte-40-000-vogntogturer-i-aret/382717>  
Lesedato: 03.07.2020
- [32] Model Predictive Control of Marine Power Plants, *IEEE Access*, Torstein I. Bø, Erlend Vakt skjold, Eilif Pedersen og Olve Mo URL:  
URL: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8630598&isnumber=6514899&tag=1>  
Lesedato: 08.05.2020
- [33] Haversine formula, Wikipedia  
URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Haversine\\_formula](https://en.wikipedia.org/wiki/Haversine_formula)  
Lesedato: 16:04.2020
- [34] Optimal Scheduling of Spinning Reserve and User Cost in Vehicle-to-Grid (V2G) Systems, Wenping Zhang, Katelin Spence, Riming Shao og Liuchen Chang  
URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Optimal-Scheduling-of-Spinning-Reserve-and-User-in-Zhang-Spence/7b4f0fc46f1d8f1a68b244df5aa5c0df2c76fd8b>  
Lesedato: 15.06.2020

## VEDLEGG

- A Vedlegg: SQL management skripter
- B Vedlegg: Matlab skripter
- C Vedlegg: Matlab kart – transitt ruter
- E Vedlegg: Fremdriftsplan
- F Vedlegg: Excel-filer
- G Vedlegg: Forprosjektrapport
- H Vedlegg: Referat fra møter

## A Vedlegg: SQL management skripter

```

-- Declaring variables used for the script.
DECLARE @cols AS NVARCHAR(MAX),
        @cols2 AS NVARCHAR(MAX),
        @query AS NVARCHAR(MAX),
        @tablename AS NVARCHAR(MAX),
        @starttime as NVARCHAR(MAX),
        @stoptime as NVARCHAR(MAX)

-- Columns (Tags) that will be included in the ABT. Tags/Columns must be added in both variable @cols and @cols2.
set @cols = '[TAG ID 1], [TAG ID 2]'

set @cols2 = 'TAG ID 1, TAG ID 2'

-- Set the name of the table to query data from.
set @tablename = 'database.dbo.LogFloats'

-- Limit query between two timestamps. Data is queries from start time to stop time.
set @starttime = '2019-03-01 00:00:00'
set @stoptime = '2019-06-01 00:00:00'

-- Building the query from the variables. Query converts data from the normal logging format of the database to an analytics base table (ABT)
set @query = 'SELECT Time,' + @cols + ' FROM (SELECT * FROM (SELECT Value, TagId, Time FROM ' + @tablename + ' WHERE TagId IN (' + @cols2 + ')) as tb1 WHERE
            Time > ''' + @starttime + ''' AND Time < ''' + @stoptime + ''') x
            pivot
            (
            max(Value)
            for TagId in (' + @cols + ')) p ORDER BY Time'

-- Executes the query
exec sp_executesql @query;

```

Skript for å hente ut driftsdata.

```

USE database
SELECT Longitude, Latitude, Time
FROM dbo.LogPositions
WHERE Time > '2019-03-01 00:00:00' AND Time < '2019-06-01 00:00:00'

```

Skript for å hente ut posisjonsdata.



## B Vedlegg: Matlab skripter

```

Editor - C:\Users\bfb_9\Desktop\MATLAB_BACH_filer\Load_profile_ESS_8.m
+5 Load_profile_ESS_8.m x Map_generator_8.m x Compare_route.m x Load_profile_ESS_8.m x Map_generator_8.m x
1 %% Importing load profiles from excel sheet
2 % 516466 max points in excel
3
4 %% Extract "P1" load
5 filename = 'Pos_data'; %Name of excel-file
6 sheet = 'Ark1'; %Name of excel-sheet
7 xrange = 'A8900:A11700'; %Which cells that are being imported
8 P1= xlsread(filename,sheet, xrange); %Importing data from excel in to variable "P1"
9
10
11 %% Extract "P2" load
12
13 xrange = 'B8900:B11700';
14 P2= xlsread(filename,sheet, xrange);
15
16 %% Extract "P3" load
17
18 xrange = 'C8900:C11700';
19 % P3= xlsread(filename,sheet, xrange);
20 [num,txt,P3] = xlsread(filename,sheet, xrange);

```

Skript for å importere koordinatdata fra Microsoft Excel, Fartøy A (Hybrid).

```

Editor - C:\Users\bfb_9\Desktop\MATLAB_BACH_filer\Map_generator_8.m
+5 Load_profile_ESS_8.m x Map_generator_8.m x Compare_route.m x Load_profile_ESS_8.m x Map_generator_8.m x
1 long = P2;
2 lat = P1;
3 time = P3;
4 % wmmarker(lat,long)
5 % wmmarker(time)
6
7 worldmap('Norway')
8
9 load coastlines
10 geoshow('landareas.shp','FaceColor','k')
11
12 % plotm(coastlat,coastlon)
13 % geobasemap('satellite')
14 plotm(long, lat,'Marker','.', 'Color','red')
15 plotm
16 % plotm (long, lat,'r', 'LineWidth', 0.5)
17 % geoshow(time, 'Marker', '.', 'Color', 'blue')
18 title('Fartøy rute')
19

```

Skript for å danne kart med reiseruter for fartøy A (Hybrid)

```

Editor - C:\Users\bfb_9\Desktop\MATLAB_BACH_filer\Load_profile_ESS_8.m
+5 Load_profile_ESS_8.m x Map_generator_8.m x Compare_route.m x Load_profile_ESS_8.m x Map_generator_8.m x
1 %% Importing load profiles from excel sheet
2 % 516466
3
4 %% Extract "Q1" load
5 filename = 'b_Pos_data'; %Name of excel-file
6 sheet = 'Ark1'; %Name of excel-sheet
7 xrange = 'A10100:A11900'; %Which cells that are being imported
8 Q1= xlsread(filename,sheet, xrange); %Importing data from excel in to variable "P1"
9
10
11 %% Extract "Q2" load
12
13 xrange = 'B10100:B11900';
14 Q2= xlsread(filename,sheet, xrange);
15
16 %% Extract "Q3" load
17
18 xrange = 'C10100:C11900';
19 % P3= xlsread(filename,sheet, xrange);
20 [num,txt,Q3] = xlsread(filename,sheet, xrange);
21

```

Skript for å importere koordinatdata fra Microsoft Excel, Fartøy B (Diesel).

```

Editor - C:\Users\bfb_9\Desktop\MATLAB_BACH_filer\Map_generator_8.m
+5 Load_profile_ESS_8.m x Map_generator_8.m x Compare_route.m x Load_profile_ESS_8.m x Map_generator_8.m x +
1 long = Q2;
2 lat = Q1;
3 time = Q3;
4 % wmmarker(lat,long)
5 % wmmarker(time)
6
7 worldmap('Norway')
8
9 load coastlines
10 geoshow('landareas.shp','FaceColor', 'k')
11
12 % plotm(coastlat,coastlon)
13 % geobasemap('satellite')
14 plotm (long, lat,'Marker', '.', 'Color', 'blue')
15 % plotm (long, lat,'r', 'LineWidth', 0.5)
16 % geoshow(time, 'Marker', '.', 'Color', 'blue')
17 title('Fartøy rute')
18

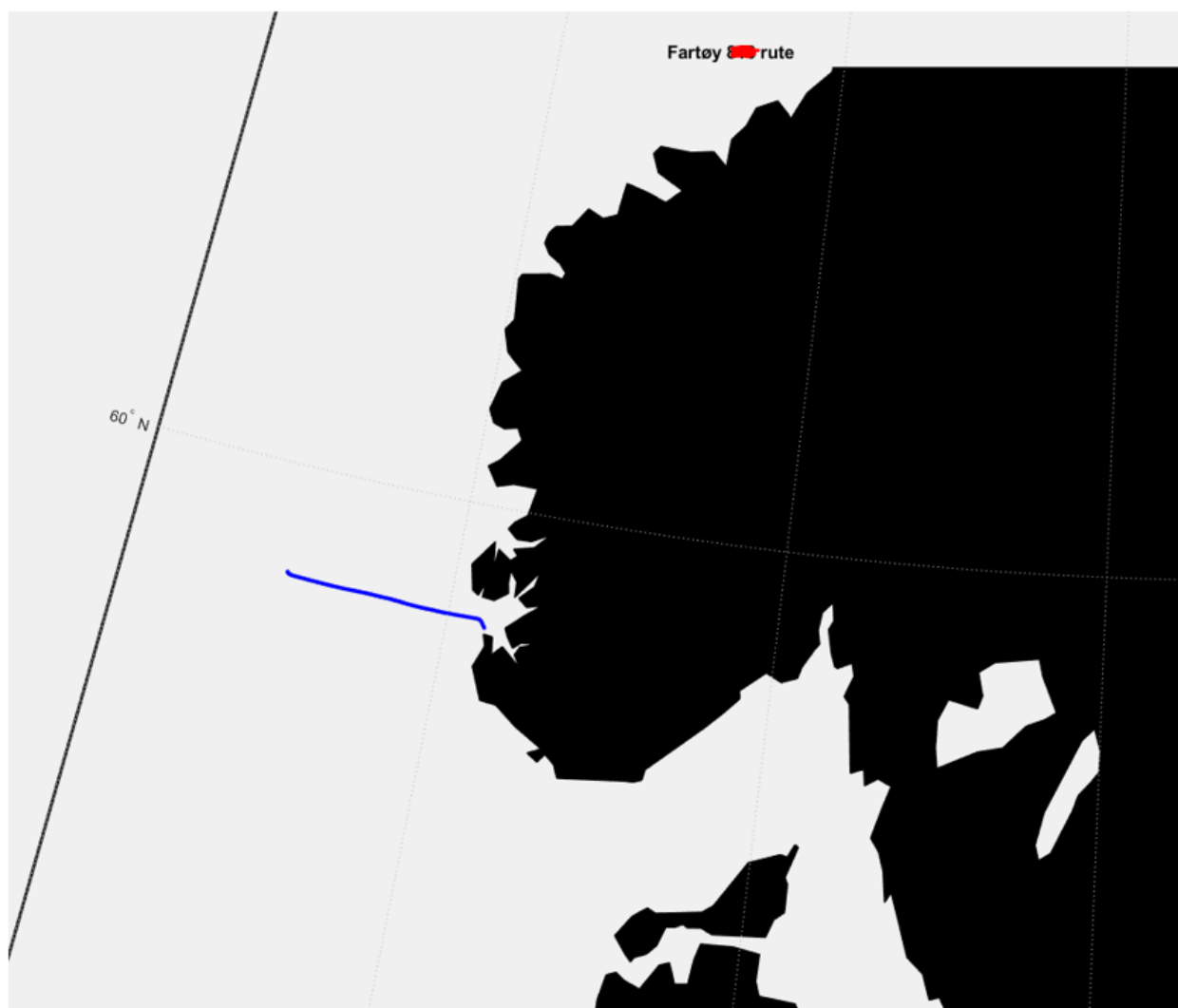
```

Skript for å danne kart med reiseruter for fartøy B (Diesel)

```
Editor - C:\Users\bfb_9\Desktop\MATLAB_BACH_filer\Compare_route.m
+5 Load_profile_ESS_...m x Map_generator_...m x Compare_route.m x Load_profile_ESS_...m x Map_generator_...m x +
1 - long = P2;
2 - lat = P1;
3 - time = P3;
4
5 - long2 = Q2;
6 - lat2 = Q1;
7 - time2 = Q3;
8
9 - worldmap('World')
10
11 - load coastlines
12 - geoshow('landareas.shp','FaceColor', 'k')
13
14 - plotm(long2, lat2,'Marker', '.', 'Color', 'blue')
15 - plotm(long, lat,'Marker', '.', 'Color', 'red')
16
17 - title('Route comparison blue 816(Diesel) red ... (Hybrid)')
```

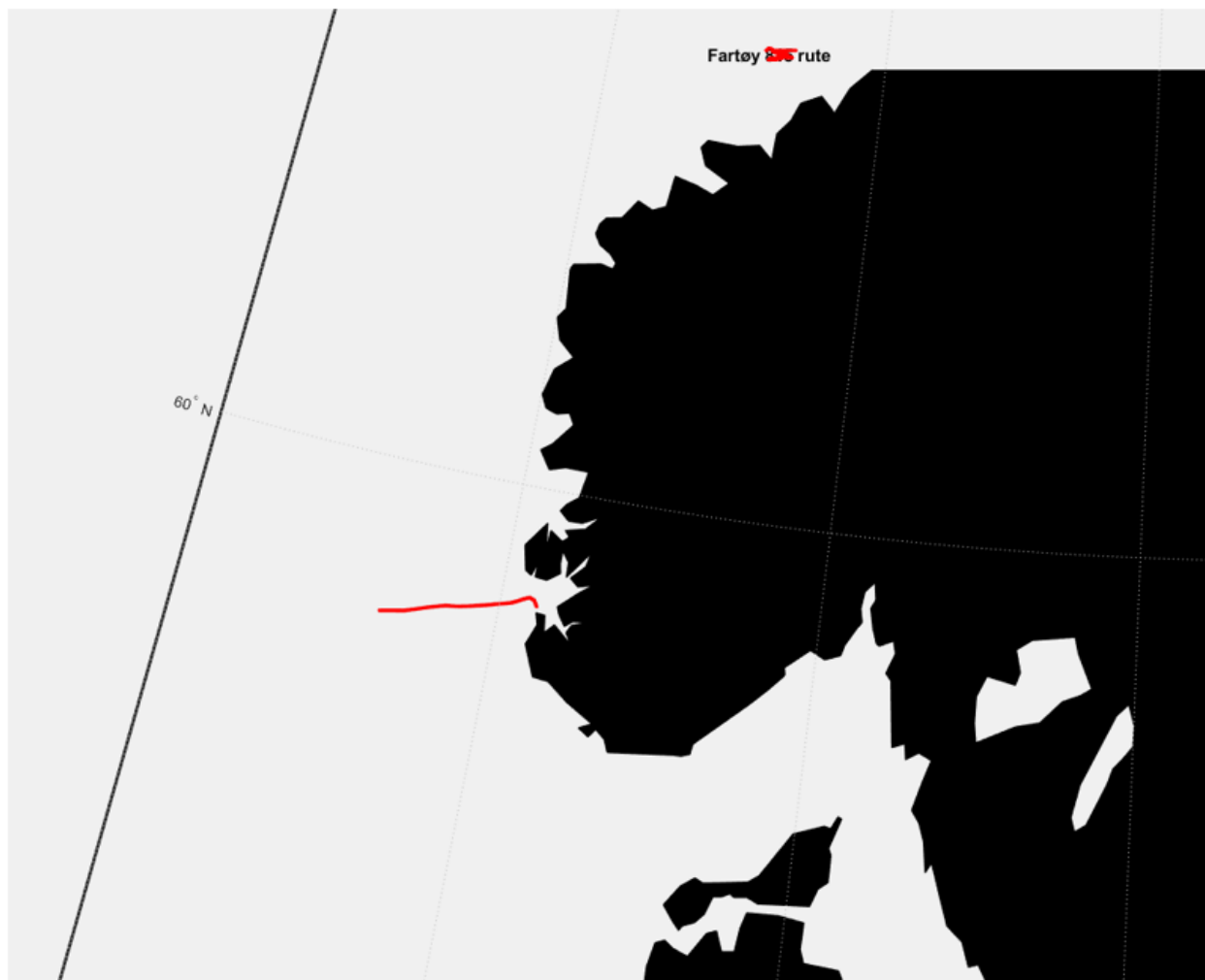
Skript for å danne kart som sammenligner reiserutene til fartøy A og fartøy B

## C Vedlegg: Matlab kart – transitt ruter



Transitt rute for fartøy B (Diesel). Kartet viser en enkel illustrasjon av reiseruten til fartøyet der start posisjon er ved kysten utenfor Stavanger og slutt posisjonen er en plass ut på åpent hav (rundt oljefelt). Denne ruten ble brukt i analyseringen av transitt periode for fartøy B (Diesel).

Periode 1: 04.03.2019 15.20.16 til 04.03.2019 23.50.56



Transitt rute periode 1 for fartøy A (Hybrid). Kartet viser en enkel illustrasjon av reiseruten til fartøyet der start posisjon er ved kysten utenfor Stavanger og slutt posisjonen er en plass ut på åpent hav (rundt oljefelt). Denne ruten ble brukt i analyseringen av transitt periode for fartøy A (Hybrid). Ruten er delvis kortere enn ruten til fartøy B (Diesel), noe som vi tok i hensyn til i analyseringen.

Periode 1: 02.03.2019 18.06.32 til 03.03.2019 02.31.49

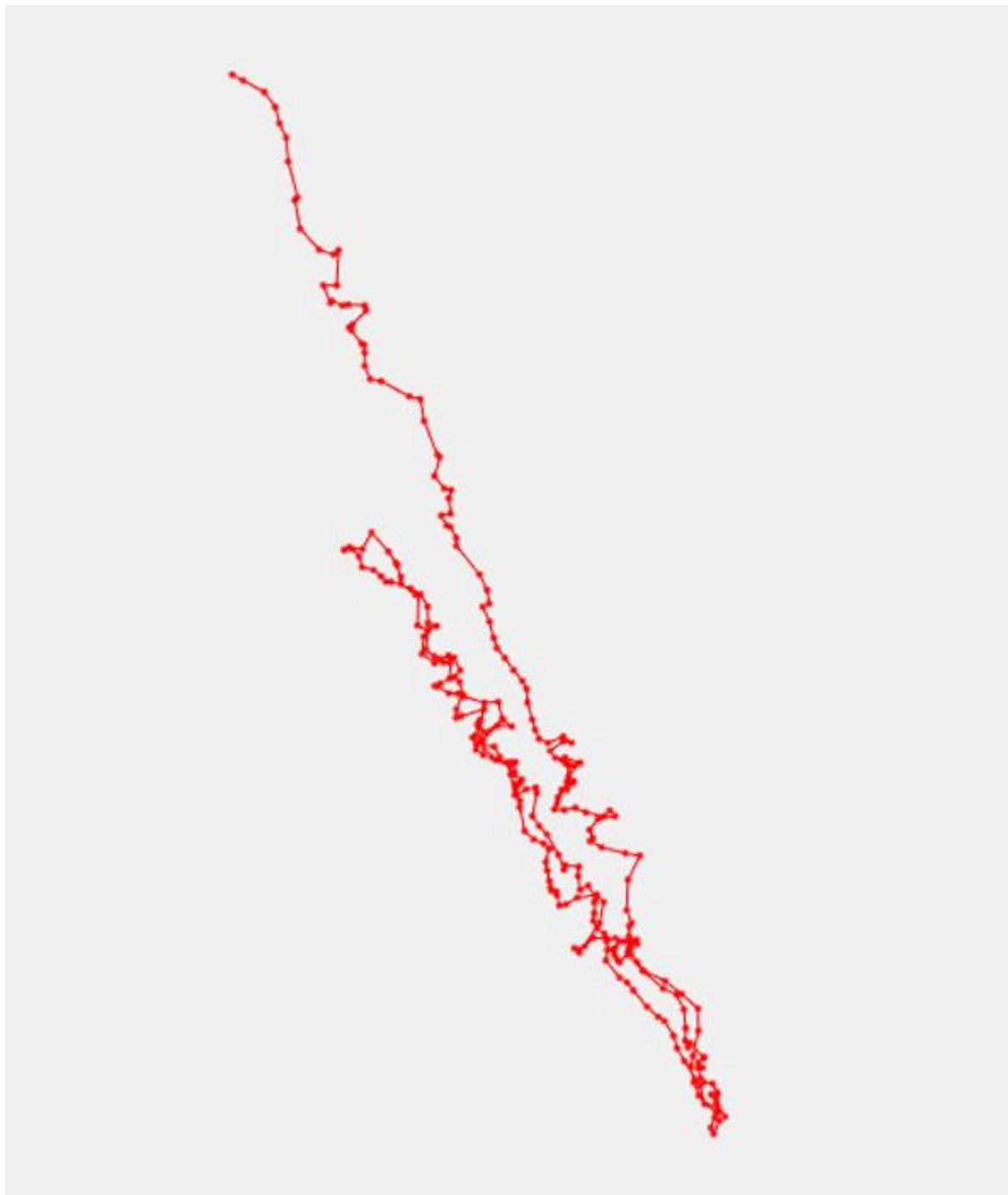
## D Vedlegg: Matlab kart – DP-operasjoner

Her legges det til en gruppe av ulike bilder som illustrerer hvordan fartøyene har beveget seg under DP-operasjoner. Kartene viser alle loggede koordinatpunkter under DP-operasjonen.

Med hensyn til at disse DP-operasjonene varierer fra 400-1100 koordinatpunkt vil kartene være zoomet betydelig inn og kun vise disse stiplede linjene med hvit bakgrunn (som representerer sjø)

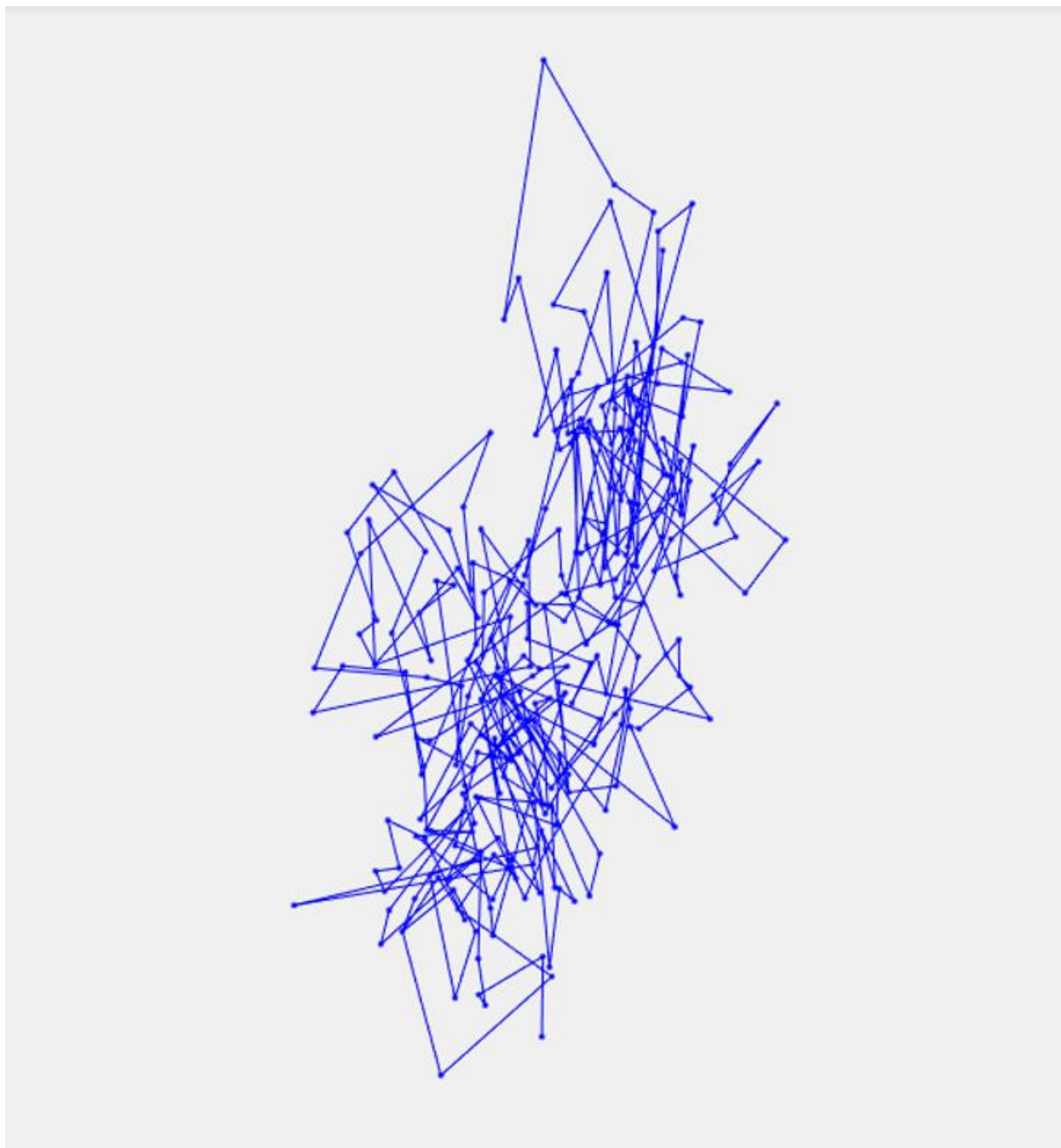


Kartet illustrerer skalaen til disse DP-operasjonene (rød prikk på innsiden av markert firkant) i forhold til Norskekysten.



Fartøy A (Hybrid)

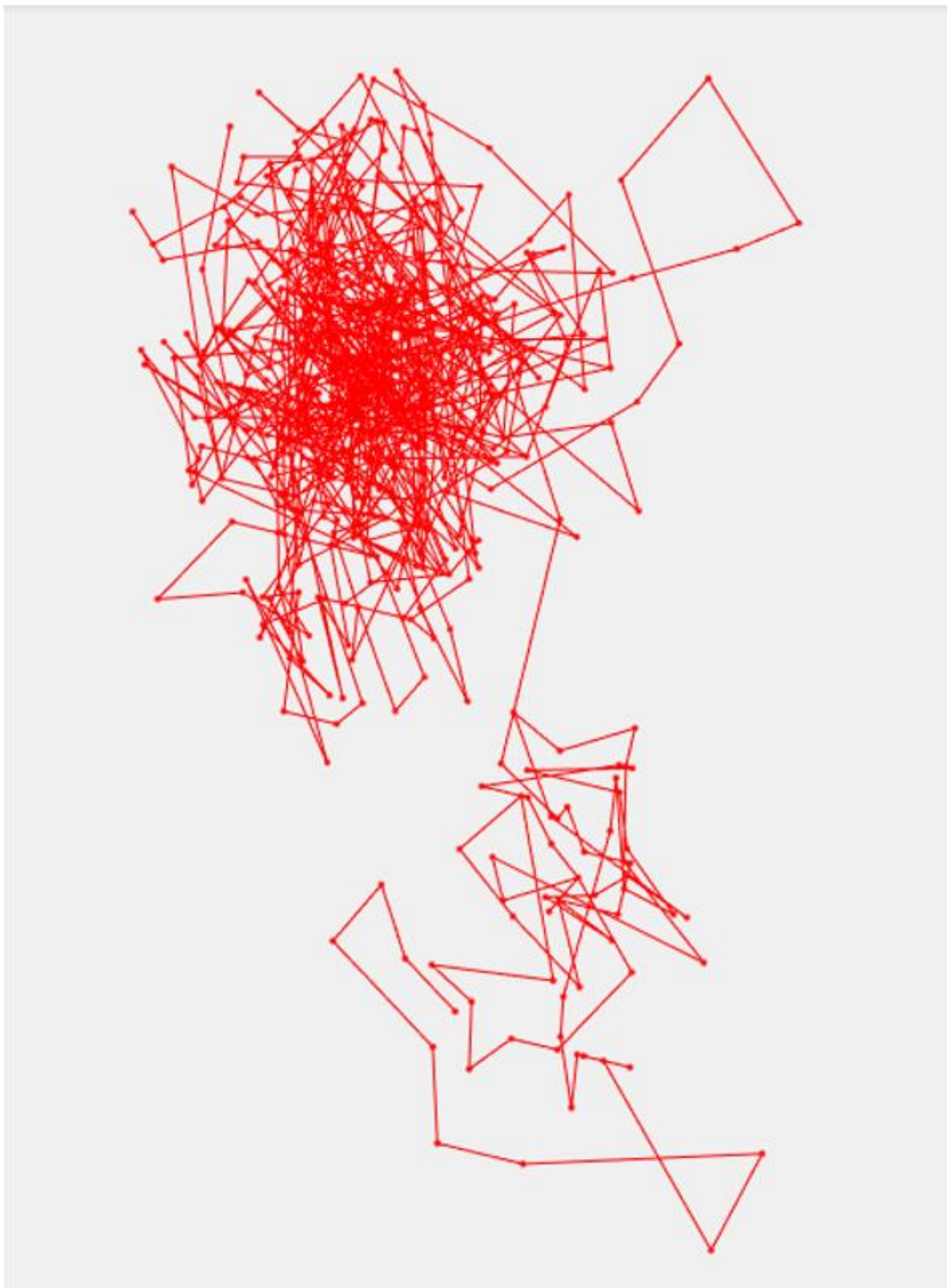
Periode 1: '03.03.2019 07.48.57' til '03.03.2019 09.16.17'



Fartøy B (Diesel)

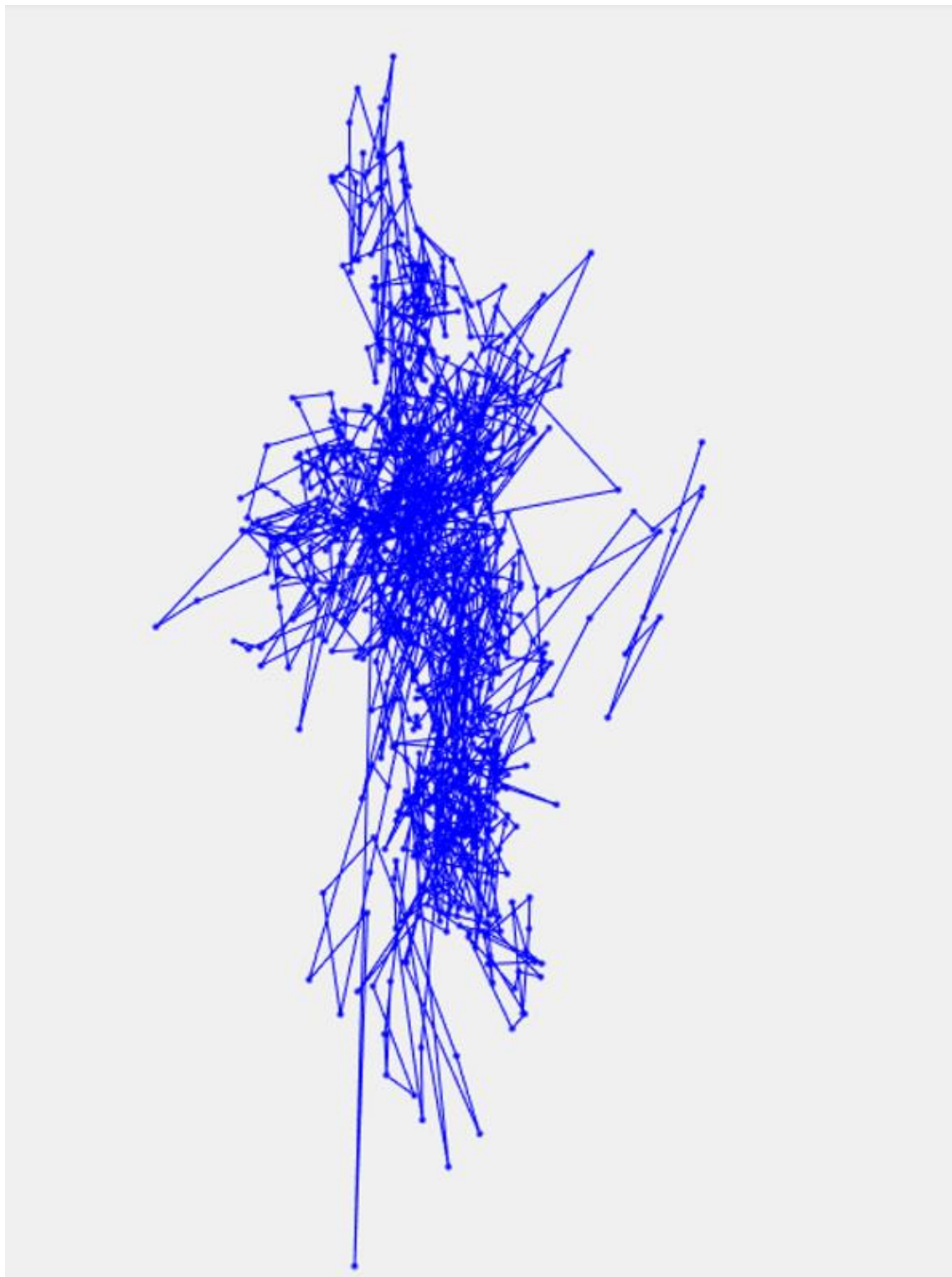
Periode 1: '05.03.2019 00.03.38' til '05.03.2019 01.29.58'





Fartøy A (Hybrid)

Periode 2: '04.03.2019 03.49.25' til '04.03.2019 07.24.27'



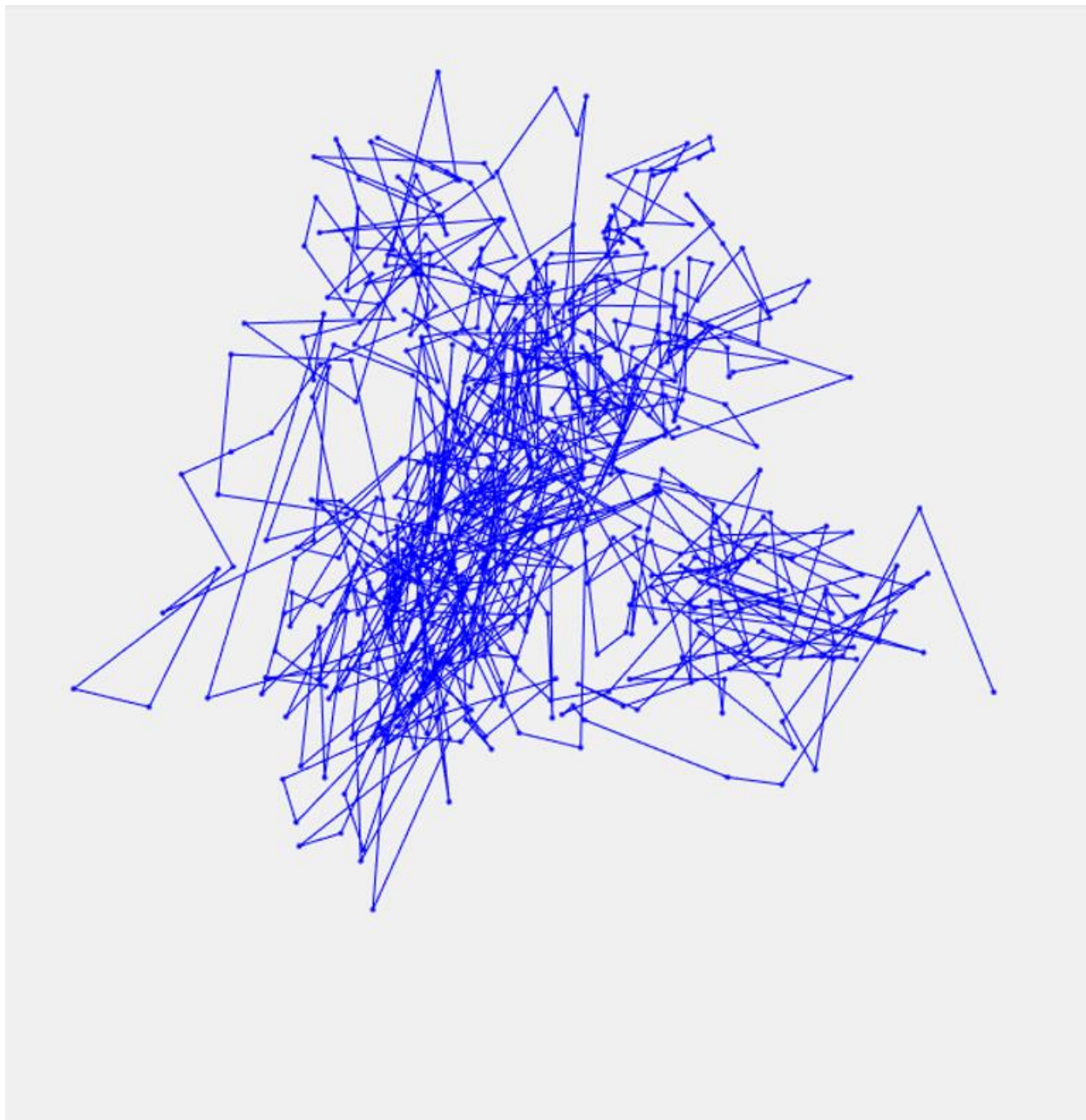
Fartøy B (Diesel)

Periode 2: '05.03.2019 10.10.46' til '05.03.2019 13.44.05'



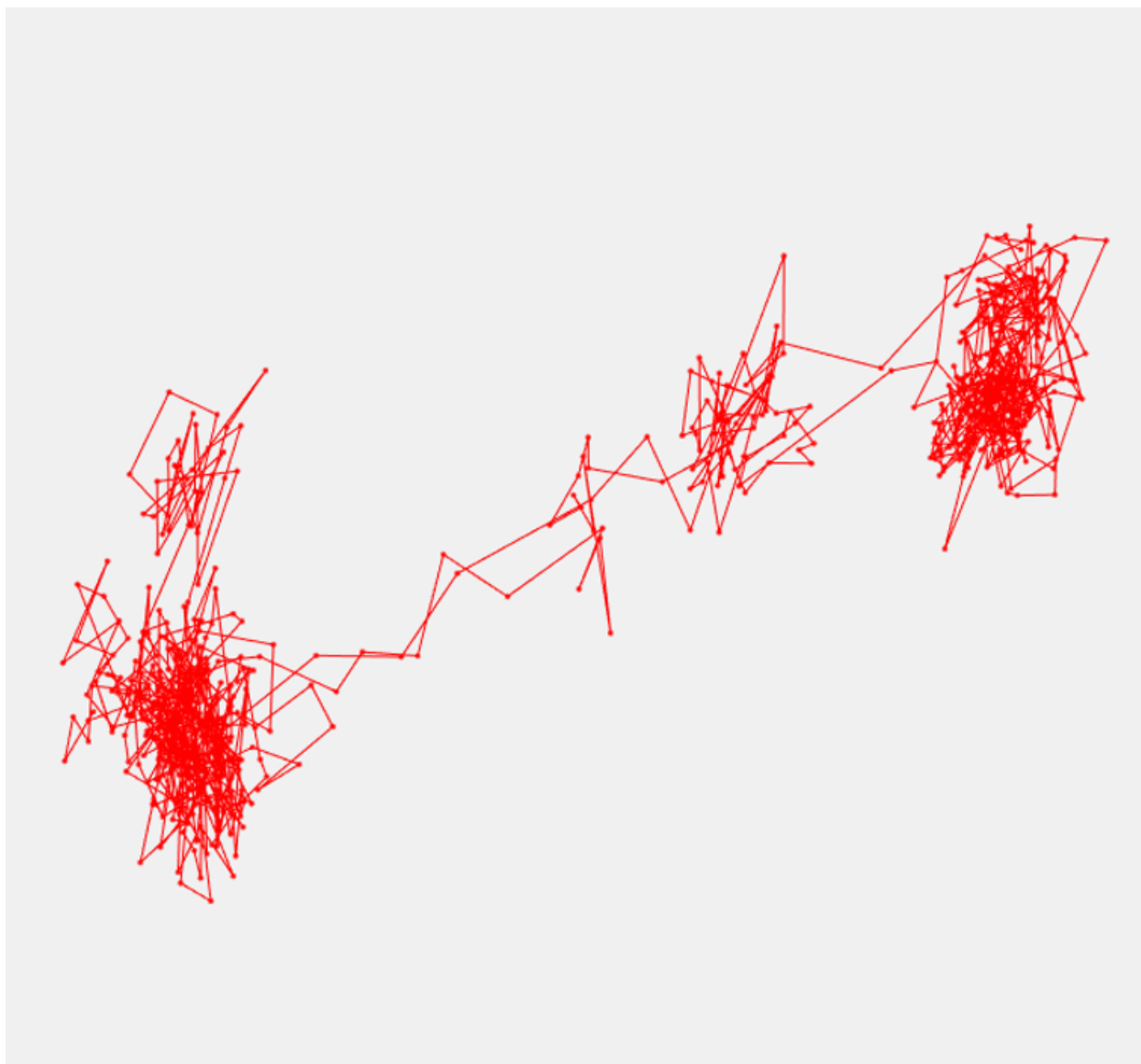
Fartøy A (Hybrid)

Periode 3: '31.03.2019 17.01.32' til '31.03.2019 20.31.31'



Fartøy B (Diesel)

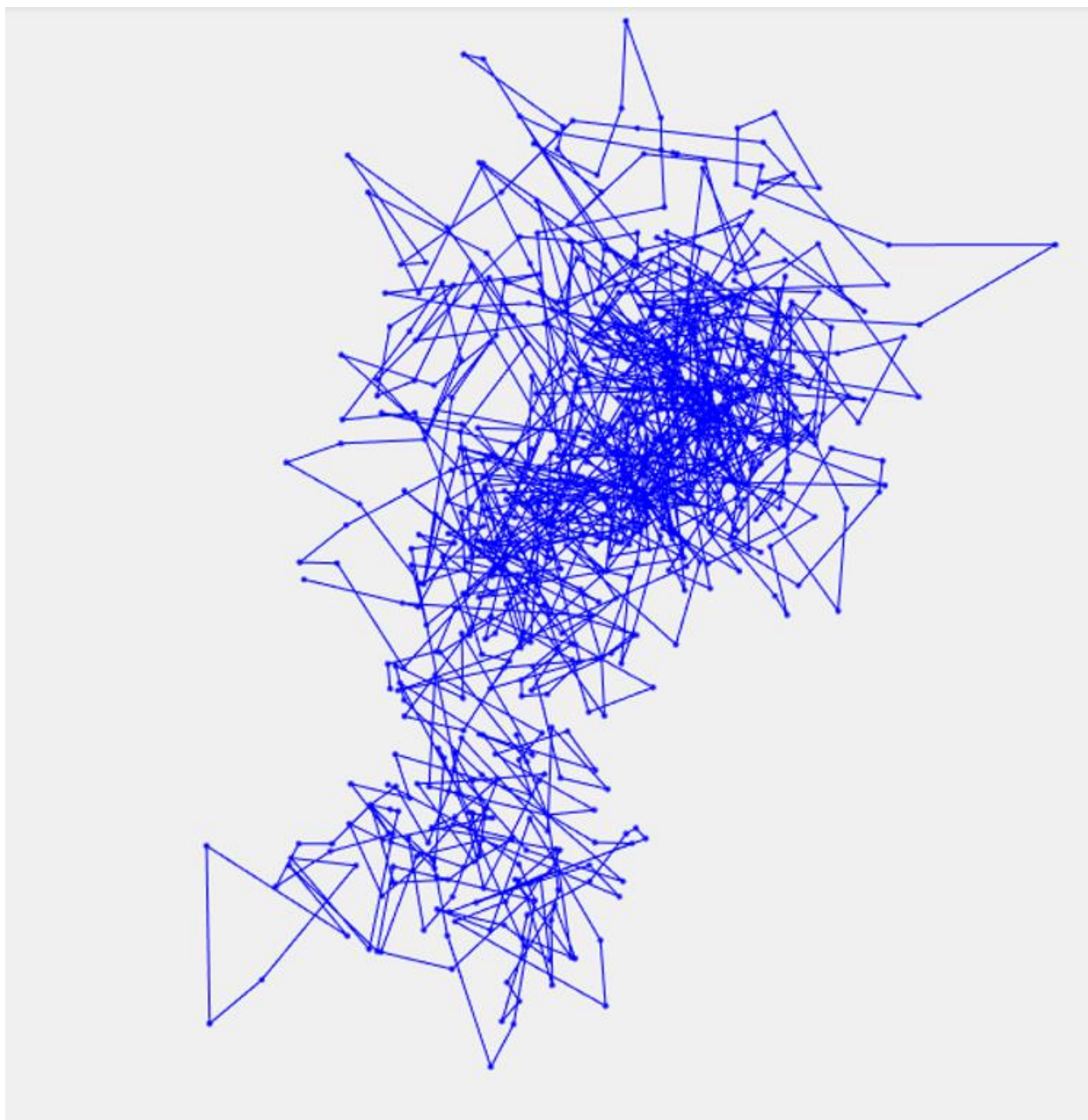
Periode 3: '09.03.2019 22.14.15' til '10.03.2019 01.50.51'



Fartøy A (Hybrid)

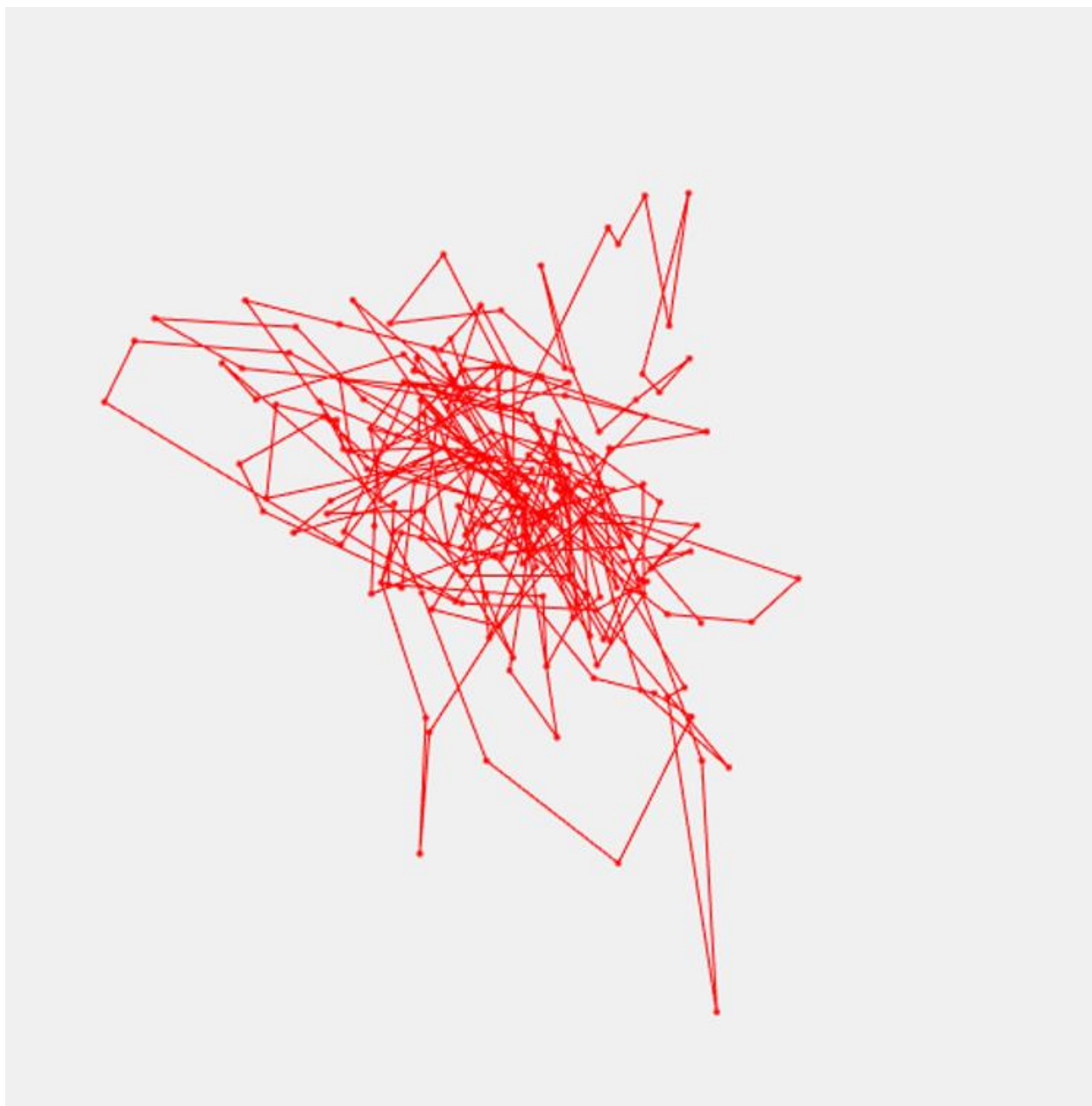
Periode 4: '13.03.2019 05.58.00' til '13.03.2019 10.15.12'





Fartøy (Diesel)

Periode 4: '10.03.2019 02.13.26' til '10.03.2019 06.26.51'



Fartøy A (Hybrid)

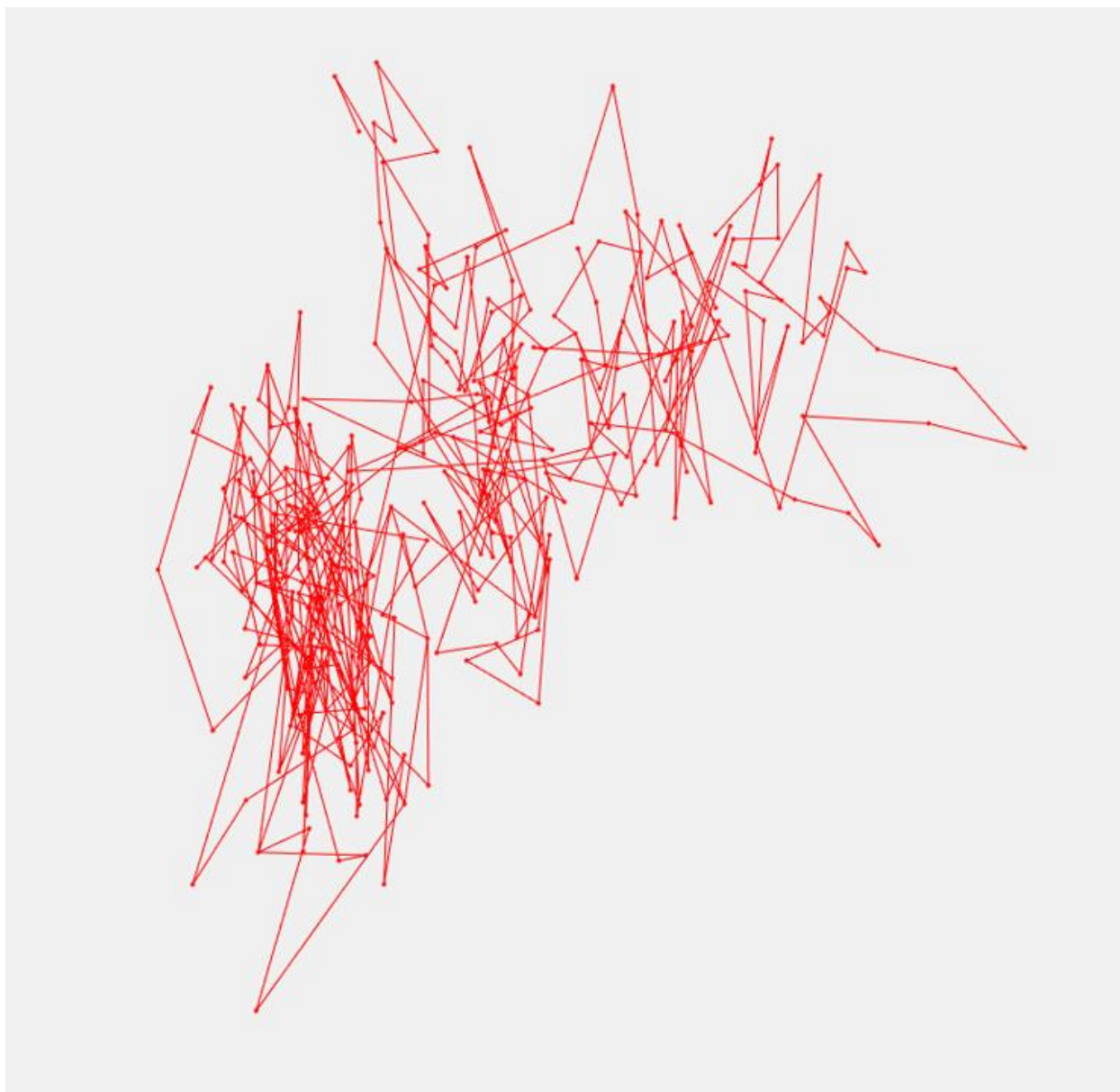
Periode 5: '06.03.2019 13.24.56' til '06.03.2019 14.37.02'



Fartøy B (Diesel)

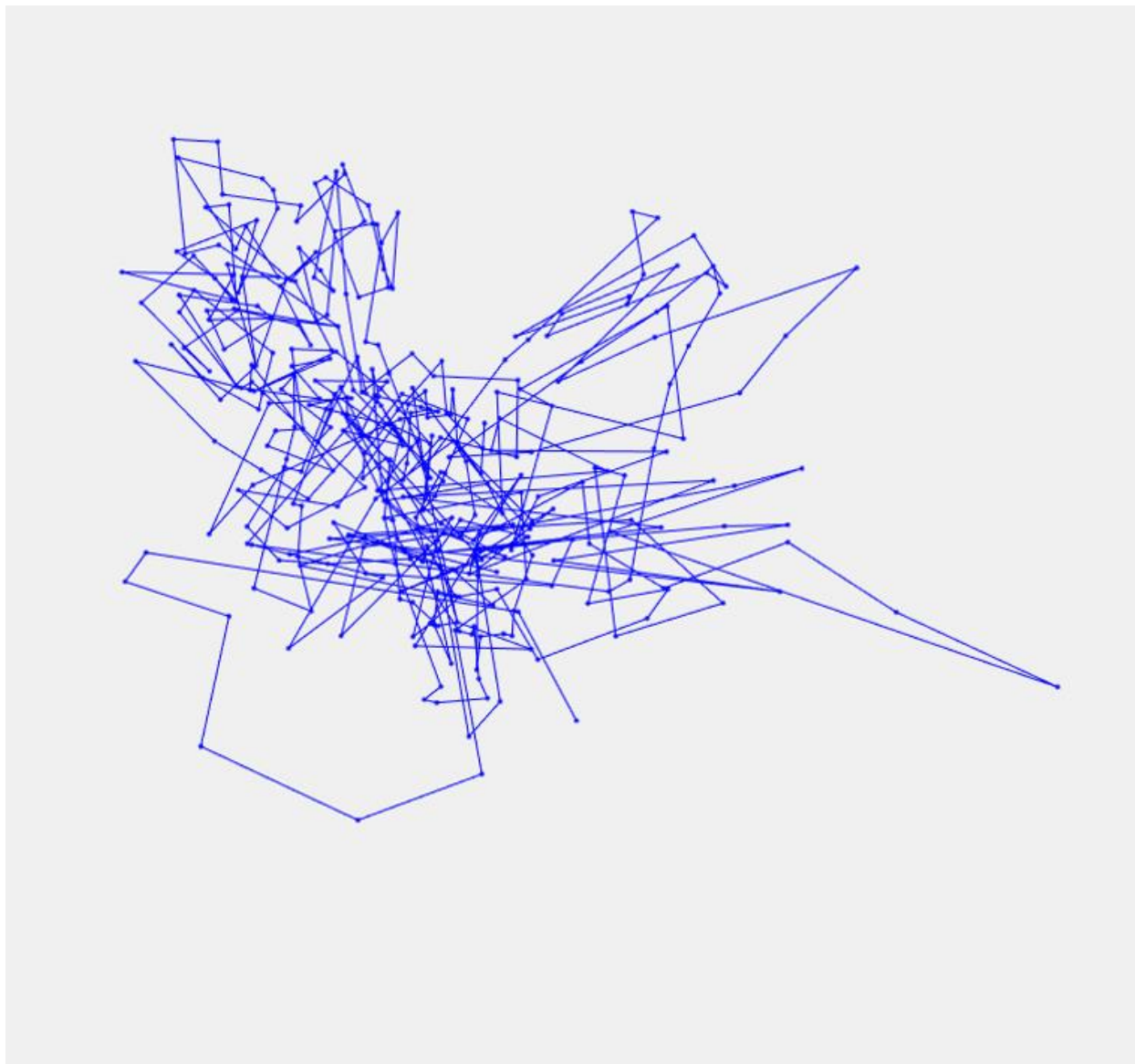
Periode 5: '10.03.2019 06.47.56' til '10.03.2019 08.05.38'





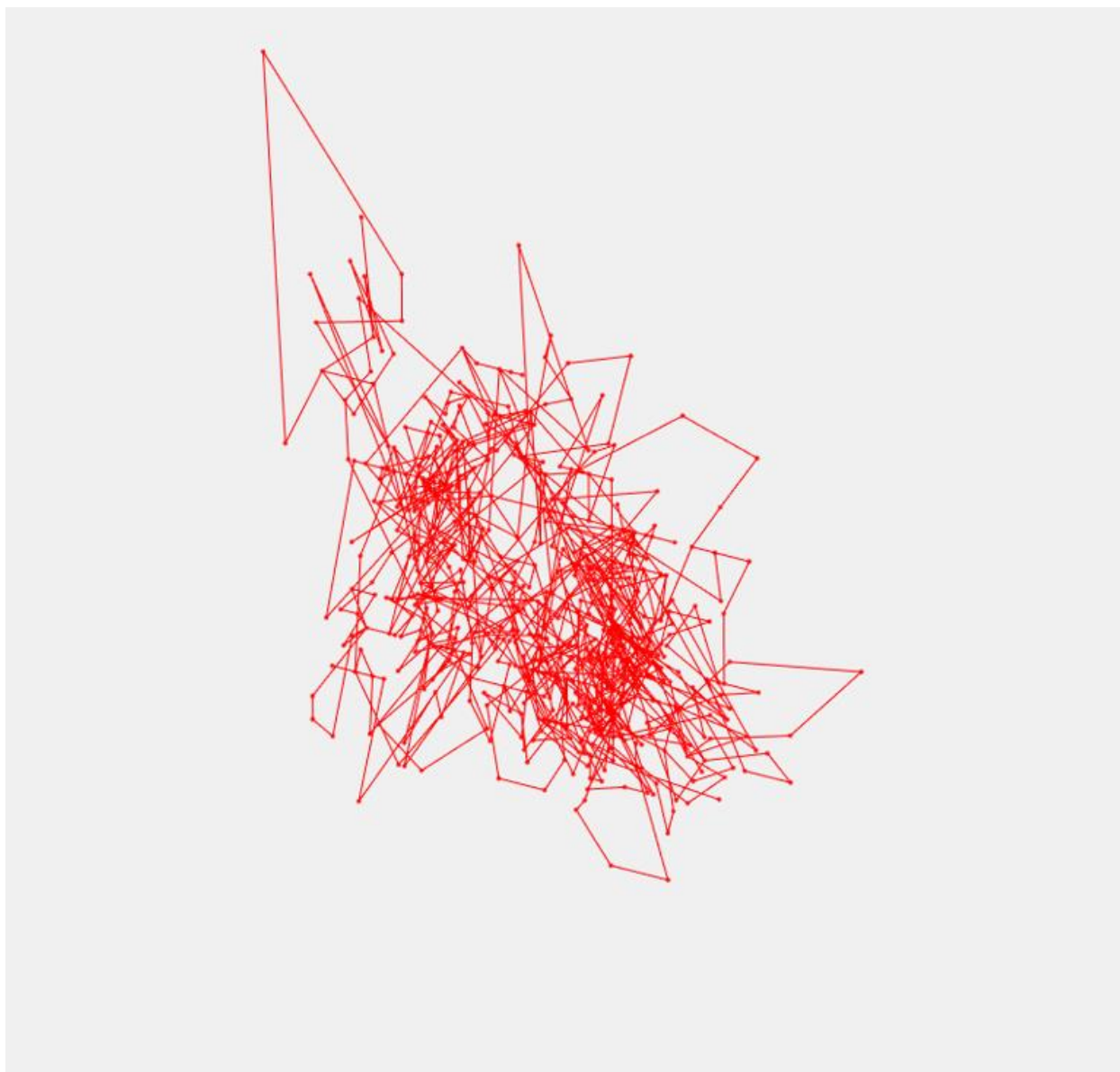
Fartøy A (Hybrid)

Periode 6: '06.03.2019 11.29.24' til '06.03.2019 13.22.24'



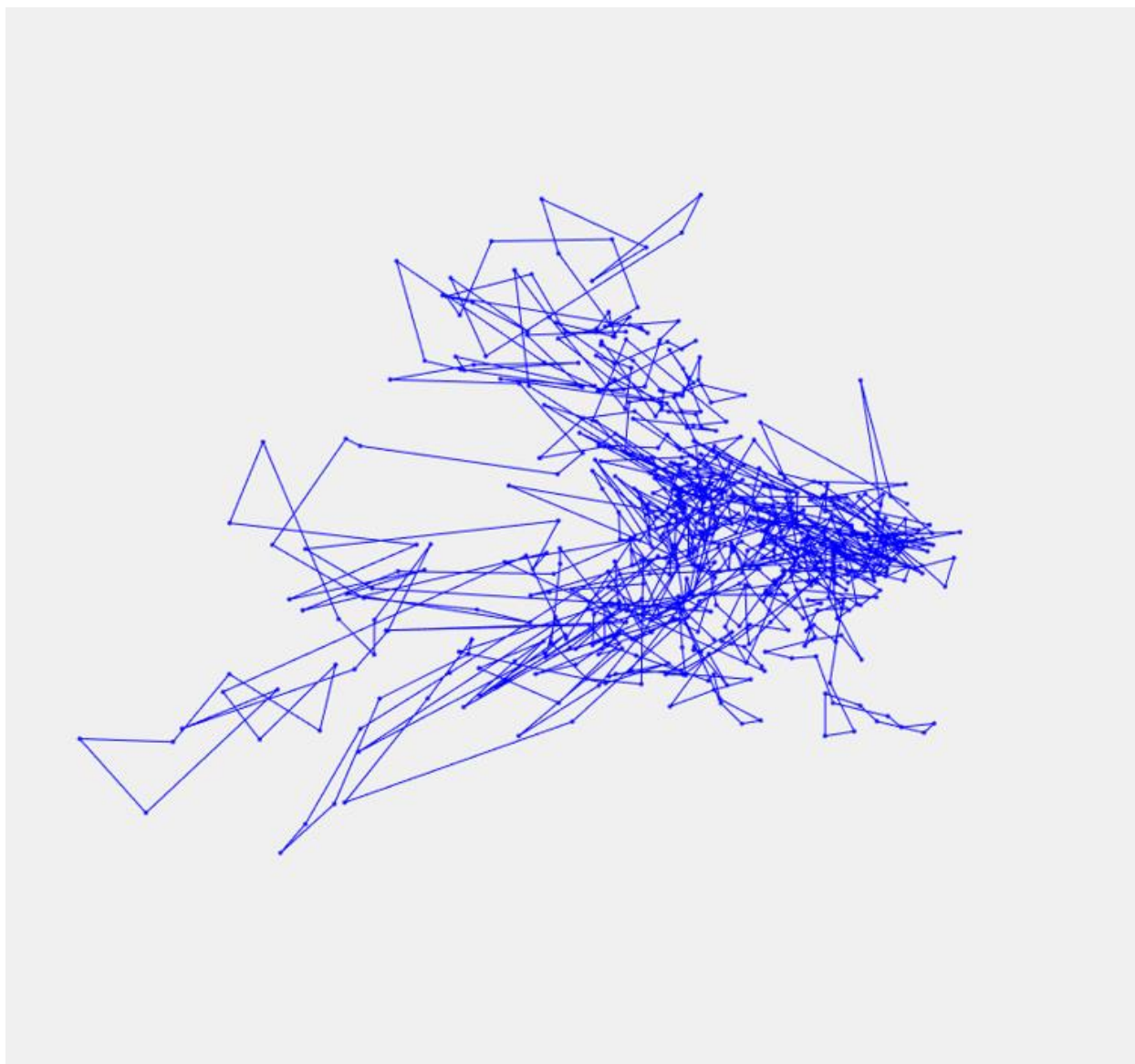
Fartøy B (Diesel)

Periode 6: '02.03.2019 10.40.50' til '02.03.2019 12.33.49'



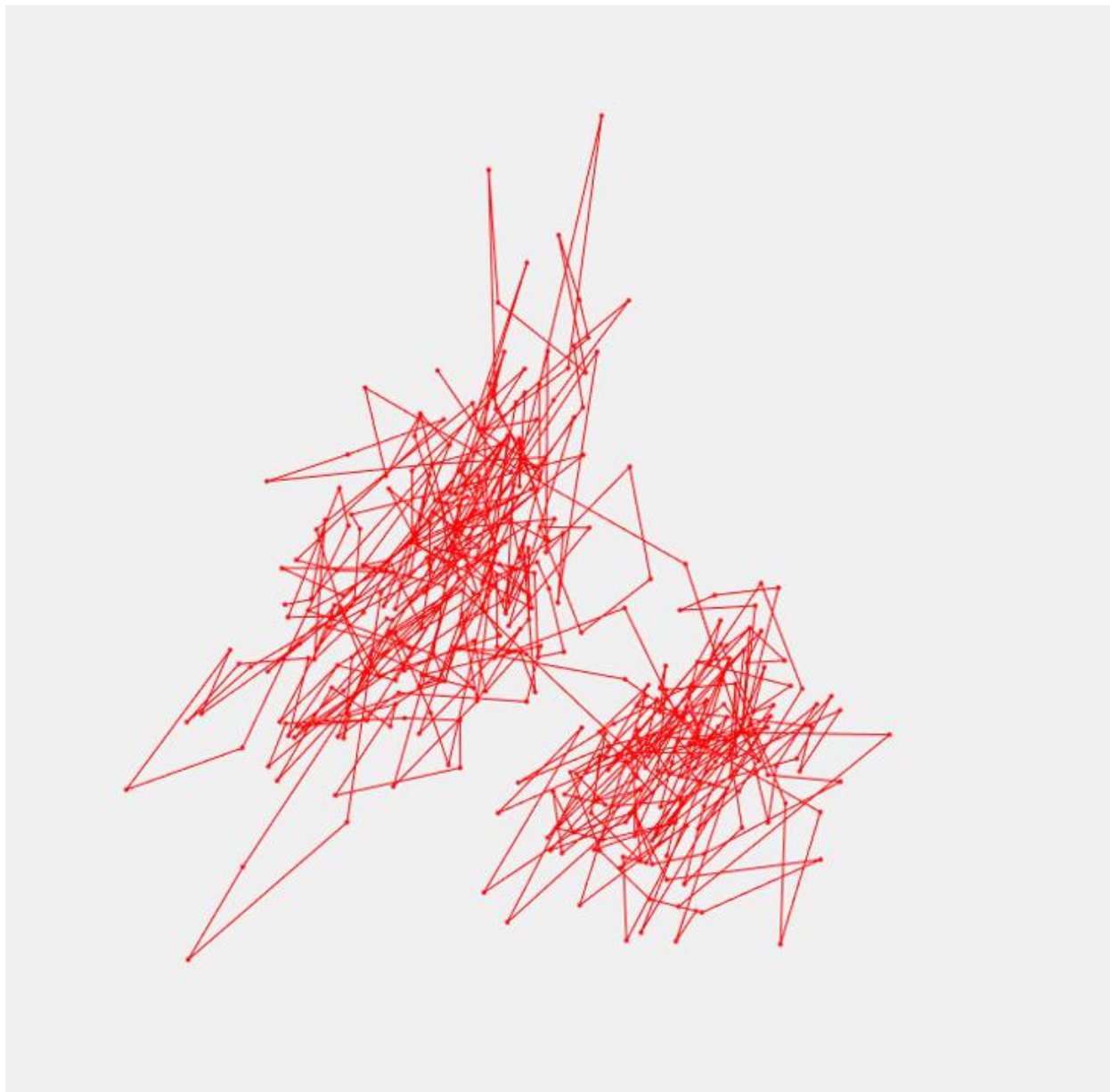
Fartøy A (Hybrid)

Periode 7: '10.04.2019 08.52.06' til '10.04.2019 12.17.29'



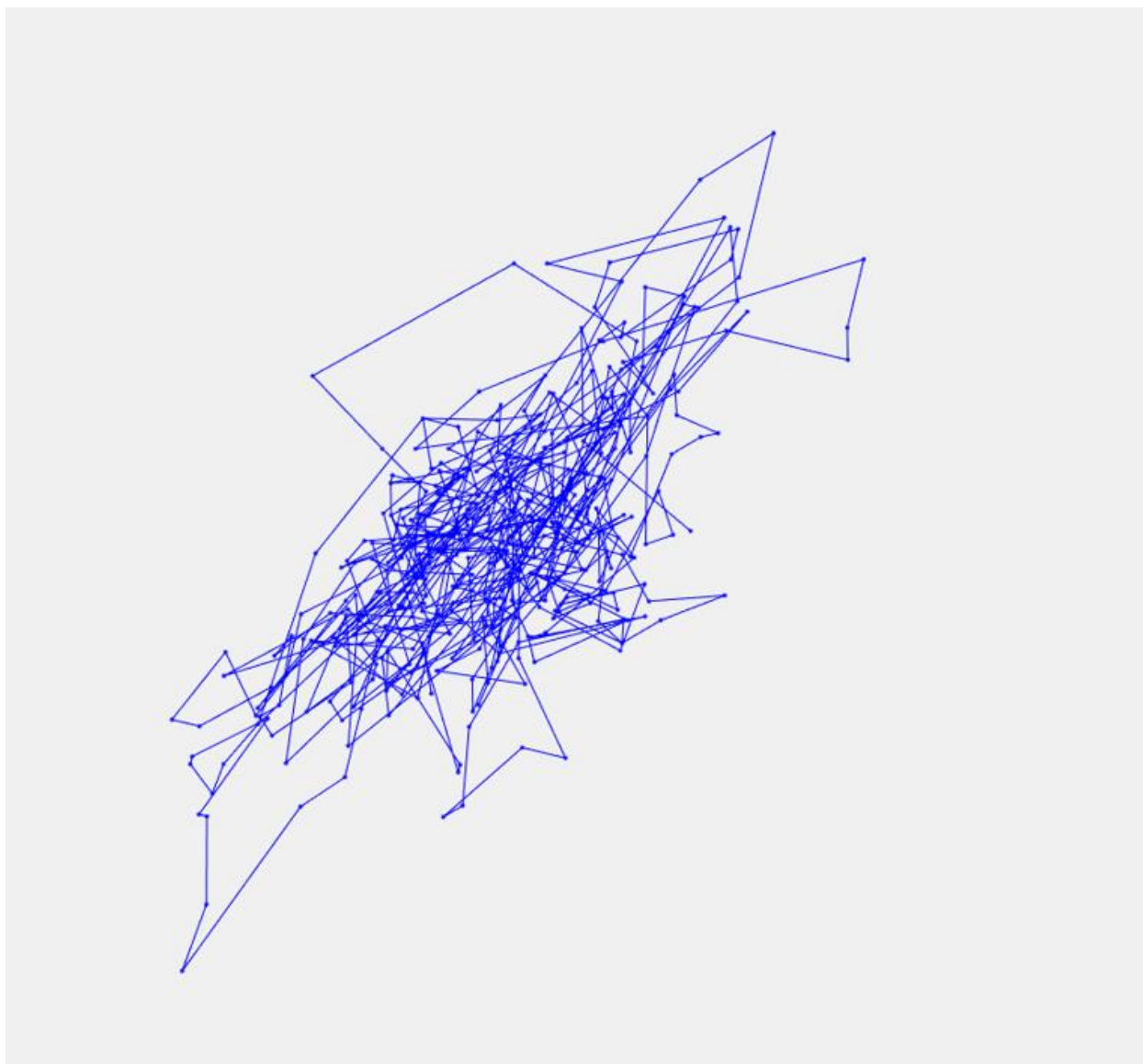
Fartøy B (Diesel)

Periode 7: '21.03.2019 17.59.45' til '21.03.2019 21.32.46'



Fartøy A (Hybrid)

Periode 8: '24.05.2019 14.55.11' til '24.05.2019 17.13.18'



Fartøy B (Diesel)

Periode 8: '02.03.2019 19.48.15' til '02.03.2019 22.06.38'

## **E Vedlegg: Fremdriftsplan**

Vedlegg ligger i separat mappe

## **F Vedlegg: Excel-filer**

Vedlegg ligger i separat mappe



## **G Vedlegg: Forprosjektrapport**

Vedlegg ligger i separat mappe

## **H Vedlegg: Referat fra møter**

Vedlegg ligger i separat mappe