

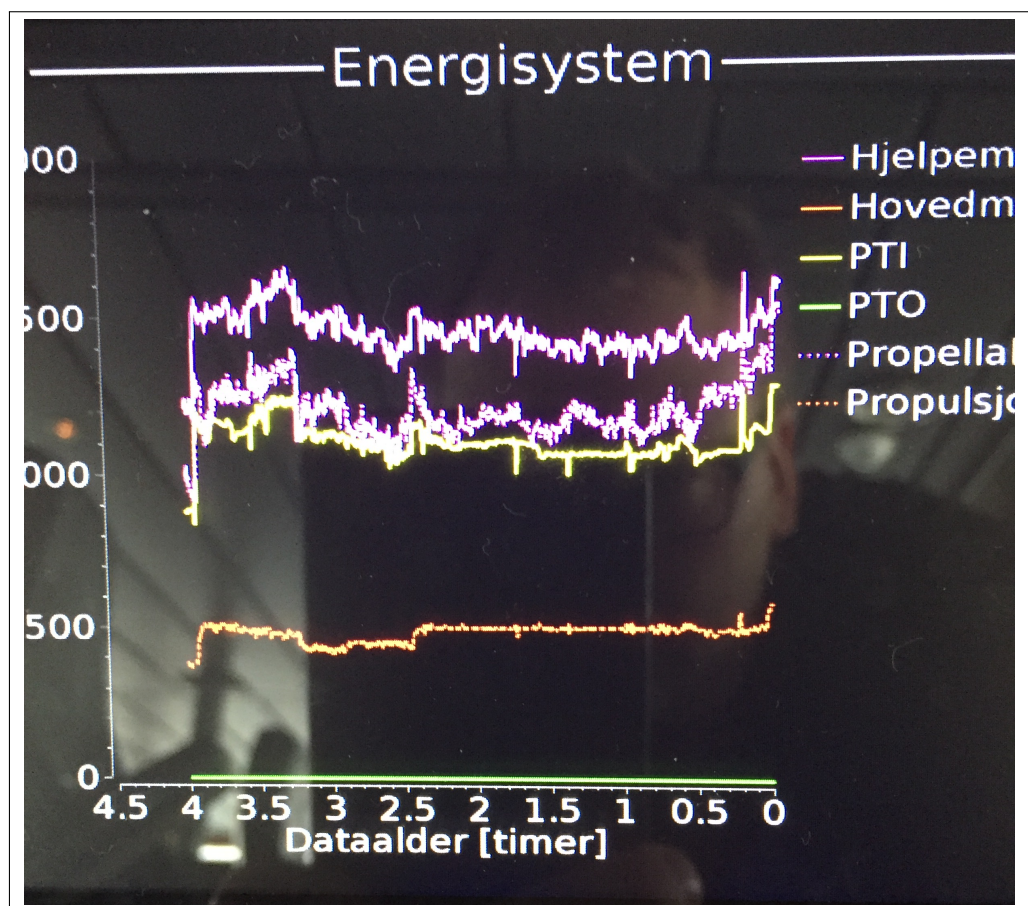
Rapport

PurSense

Operasjonell beslutningsstøtte for ringnotfartøy

Forfatter(e)

Karl-Johan Reite



SINTEF Ocean AS

Postadresse:
Postboks 4762 Sluppen
7465 Trondheim

www.sintef.no

Foretaksregister: NO 937 357 370 MVA

EMNEORD:

Ringnot,
energiøkonomisering,
drivstoffbesparelser,
beslutningsstøtte

Rapport

PurSense

Operasjonell beslutningsstøtte for ringnotfartøy

VERSJON
1.0

DATO
3. juli 2017

FORFATTER(E)
Karl-Johan Reite

OPPDRAGSGIVER(E)
Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE
900886

PROSJEKT
PurSense

ANTALL SIDER OG VEDLEGG
17

SAMMENDRAG

Moderne ringnotfartøy kan ha komplekse energi- og propulsjonssystem. Dette gir mulighet for å spare drivstoff, men det kan ofte være vanskelig å vite hvilke valg som gir det laveste oljeforbruket. De fire ringnotrederiene Ervik & Sævik, Eros, Kings Bay og Herøyhav har derfor gått sammen med SINTEF Ocean (tidligere SINTEF Fiskeri og havbruk) for å utvikle et verktøy som kan gjøre det lettere å ta slike valg.

Prosjektet har instrumentert de fire ringnotfartøyene Christina E, Eros, Kings Bay og Herøyhav, som nå permanent logger og sender operasjonelle data til land. Disse dataene har gitt verdifull innsikt i driftsmønstre og energibruk, og de brukes for å utvikle et verktøy som gir skipper råd om hvordan han kan spare drivstoff. En tidlig versjon av dette verktøyet er installert på de fire ringnotfartøyene. Det arbeides nå med å ferdigstille en oppdatert versjon, basert på erfaringene med denne.

Flere har meldt interesse for å kommersialisere resultatene fra prosjektet, i tillegg til at dette tas videre i andre forsknings- og utviklingsprosjekt.

UTARBEIDET AV
Karl-Johan Reite

SIGNATUR



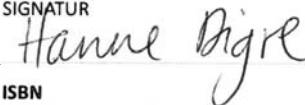
KONTROLLERT AV
Karl Gunnar Aarsæther

SIGNATUR



GODKJENT AV
Hanne Digre

SIGNATUR



RAPPORTNUMMER
OC2017 A-139

ISBN
978-82-7174-306-2

GRADERING
Åpen

GRADERING DENNE SIDE
Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	01.07.2017	Initiell versjon oversendt til styringsgruppe for gjennomlesing
1.1	03.07.2017	Endelig versjon oversendt til FHF

Innhold

1	Sammendrag	4
2	English summary	4
3	Innledning	4
4	Problemstilling og formål	6
5	Prosjektgjennomføring	6
5.1	Instrumentering og datainnsamling	7
5.2	Korrigerings av innsamlede data	7
5.3	Analyse av innsamlede data	7
5.4	Ombordsystem	7
5.5	Spesielle utfordringer	8
6	Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon	9
6.1	Instrumentering og datainnsamling	9
6.2	Analyser av innsamlede data	9
6.3	Beslutningsstøtteverktøy ombord	11
7	Oppsummering	16
8	Leveranser	16

1 Sammendrag

Moderne ringnotfartøy kan ha komplekse energi- og propulsjonssystem. Dette gir mulighet for å spare drivstoff, men det kan ofte være vanskelig å vite hvilke valg som gir det laveste oljeforbruket. De fire ringnotrederiene Ervik & Sævik, Eros, Kings Bay og Herøyhav har derfor gått sammen med SINTEF Ocean (tidligere SINTEF Fiskeri og havbruk) for å utvikle et verktøy som kan gjøre det lettere å ta slike valg.

Prosjektet har instrumentert de fire ringnotfartøyene Christina E, Eros, Kings Bay og Herøyhav, som nå permanent logger og sender operasjonelle data til land. Disse dataene har gitt verdifull innsikt i driftsmønster og energibruk, og de brukes for å utvikle et verktøy som gir skipper råd om hvordan han kan spare drivstoff. En tidlig versjon av dette verktøyet er installert på de fire ringnotfartøyene. Det arbeides nå med å ferdigstille en oppdatert versjon, basert på erfaringene med denne.

Flere har meldt interesse for å kommersialisere resultatene fra prosjektet, i tillegg til at dette tas videre i andre forsknings- og utviklingsprosjekt.

2 English summary

Modern purse seiners may have complex energy and propulsion systems. This allows the vessels to save fuel, but it may be difficult to determine which actions lowers the fuel consumption. The four shipowners Ervik & Sævik, Eros, Kings Bay and Herøyhav have, therefore, partnered with SINTEF Ocean (former SINTEF Fisheries and Aquaculture) to develop a tool to assist in reducing fuel consumption by operational decisions.

The four purse seine vessels Christina E, Eros, Kings Bay and Herøyhav have been instrumented to perform continuous logging of operational data and transmit the data to land based servers for storage and analysis. These data have provided valuable insights into the vessels operation and energy consumption, and have further been used to develop a tool that is now installed on the same four purse seine vessels.

Several commercial actors have expressed interest in commercializing the results of the project. The results are also utilized in other research and development projects.

3 Innledning

Både på grunn av miljøhensyn og av bedriftsøkonomiske interesser er redusert oljeforbruk i fiskeflåten et sentralt tema. Som svar på dette har det blitt utviklet, og tatt i bruk, teknologiske løsninger for effektivisering av fremdrift og ombordsystemer. Såkalt hybrid fremdriftssystem med stor fleksibilitet i produksjon og distribusjon av energi ombord er en løsning som har blitt tatt i bruk i stadig større grad. Se Figur 1 for en skjematisk visning av et slikt system. Fleksibiliteten i et slikt fremdriftssystem gir mulighet for å spare drivstoff, men det kan ofte være vanskelig å vite hvilke valg i motorbruk og kraftdistribusjon som gir det laveste oljeforbruket. Oljeforbruket er sterkt avhengig av faktorer som hastighet, elektrisk forbruk, lastekondisjon, bølger og vind. De mange operasjonelle faktorene som påvirker fartøyets behov for kraft til fremdrift og funksjoner om bord gjør, sammen med valgmulighetene i fremdriftssystemet, det vanskelig å bruke tidligere opplevd erfaring for å oppnå optimal drift av fartøyet. Mannskapets egen kunnskapsoppbygging blir ytterligere vanskeliggjort av at skipets målinger av oljeforbruk, spesielt for hovedmotor, viser seg å være svært unøyaktige.

Prosjektet har vært finansiert i samarbeid mellom Fiskeri og Havbruksnæringens Forskningsfond (FHF), Norges Forskningsråd og hovedsakelig egeninnsats fra Ervik & Sævik, Eros, Herøyhav og Kings Bay. FHF har støttet utviklingsarbeidet med NOK 2mil.

Prosjektet er organisert med en styringsgruppe bestående av representanter fra prosjektpartnere, referansegruppe fra prosjektets industripartnere og en utførende prosjektgruppe.

Styringsgruppe

Styringsgruppen har vært ansvarlig for større beslutninger i prosjektet, og har vært sammensatt av en representant fra hvert rederi (to fra prosjekteier) og en fra FHF:

- Rita Sævik og Espen Ervik (Ervik & Sævik)
- Per Magne Eggesbø (Eros)
- Bjørn Sævik (Kings Bay)
- Ronald Ervik (Herøyhav)
- Roar Pedersen (FHF)

Referansegruppe

Referansegruppen har vært rådgivende i forhold til utforming av verktøy, behjelpelige under arbeidet med instrumentering av fartøy og de har bidratt med kompetanse for å forstå innsamlede data og spesielt feilsøking innenfor innsamlede data. Referansegruppen har vært sammensatt av en skipper fra hvert rederi:

- Espen Ervik (Ervik & Sævik)
- Pål-Cato Reite (Eros)
- Bjørn Sævik (Kings Bay)
- Ronald Ervik (Herøyhav)

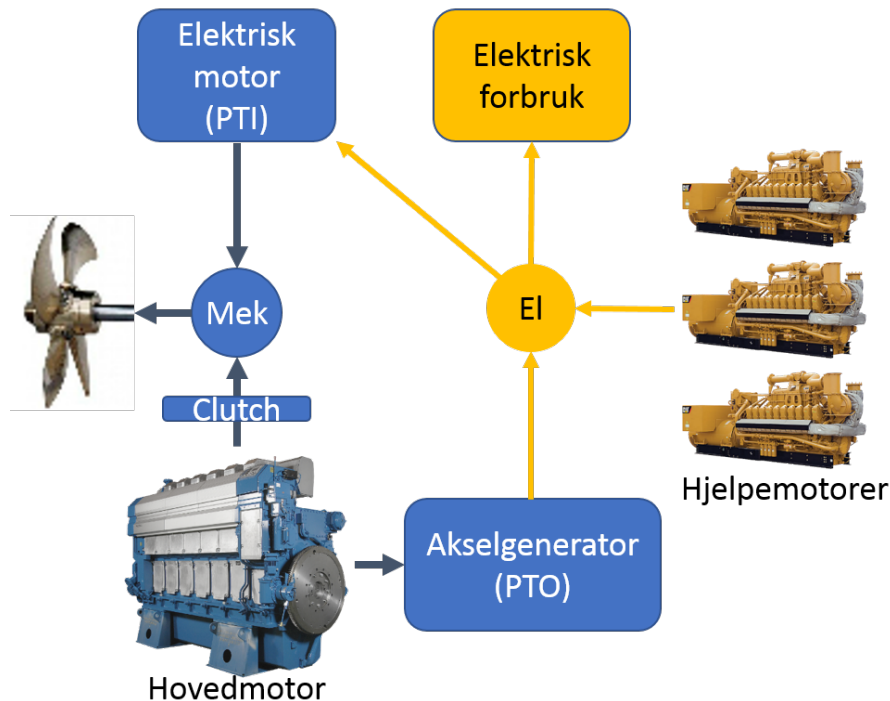
Prosjektgruppe

Prosjektgruppen har bestått av forskere fra SINTEF Ocean:

- Karl-Johan Reite (prosjektleder)
- Jarle Ladstein
- Therese Frostad
- Joakim Haugen

I tillegg er øvrig mannskap, spesielt maskinister på fartøyene, rådspurt der dette har vært naturlig, og eksterne har vært involvert i installasjonsarbeid og tilrettelegging for uthenting av informasjon fra alarmsystemene ombord:

- Rolls-Royce
- Marine Control Services
- Thor Falkevik
- Atea (tidligere Datatech)
- Hanstholm Elektronik
- Furuno Norge



Figur 1: Prinsipiell skisse av et hybrid energisystem for fremdrift ombord på skip. Blå farge angir mekanisk energi, gul angir elektrisk energi.

4 Problemstilling og formål

Mange nyere fartøy har fleksible og kompliserte energi- og fremdriftssystem. Dette gir gode muligheter for å redusere oljeforbruket. Samtidig medfører det at operasjonelle valg har stor betydning for energieffektiviteten. Det er derfor ofte vanskelig å vite hvilke valg som gir lavest oljeforbruk.

Det primære formålet med dette prosjektet har vært å utvikle et verktøy som gir konkrete råd om hvordan fartøyet kan drives mest mulig effektivt med hensyn til oljeforbruk, og å installere dette ombord fire ringnotfartøy. Rådene fra verktøyet skal gis i sanntid og basert på de til enhver tid gjeldende værforhold, lastkondisjon, hastighet og elektrisk forbruk. Dette skal gjøre det lettere for mannskapet å kunne vurdere hvordan ulike valg påvirker oljeforbruket til fartøyet. Man forventer derfor at fartøyer som bruker et slikt system skal oppnå et redusert oljeforbruk. Prosjektet retter seg mot moderne ringnotfartøy med hybrid fremdriftsløsning, men det utviklede systemet er generelt og kan benyttes uavhengig av fartøygruppe. Nytteeffekten vil likevel være størst der man har fleksible fremdriftssystem med flere muligheter for å oppnå samme fart, thrust og elektrisk produksjon.

De innhentede data, de utviklede analysene og programvaren som er utviklet i prosjektet kan i tillegg utgjøre en god basis for designvalg forhold til propulsjon- og energisystem når man skal bygge nye fartøy eller oppgradere eksisterende fartøy. For næringen som helhet kan resultatene fra dette prosjektet derfor gagne både enkeltrederi og næringens omdømme.

5 Prosjektgjennomføring

Et system som gir målingsbaserte råd for for effektivisering av energibruk trenger pålitelige driftsdata for mest mulig relevante kombinasjoner av valg og driftsforhold for å fungere godt. Et størst mulig datamateriale er også viktig for innledende statistiske beregninger og kalibrering. Det ble derfor tidlig i prosjektet fokusert på å etablere gode system for innsamling av data, og prosjektet startet med instrumentering av fartøyene. Dette

datamaterialet dannet grunnlaget for utvikling av første versjon av ombordverktøyet, og det viste seg også at det var nødvendig for kvalitetssikre datakilder og målinger.

5.1 Instrumentering og datainnsamling

På hvert av fartøyene ble loggesystemet *Ratatosk* installert, med integrasjon mot alle sensorer og system som ble ansett som viktig for prosjektet. Dette omfatter i første rekke fremdriftssystemets tilstand i form av hastighet, propellurtall, propellstigning, elektromotor (PTI), akselgenerator (PTO), forbruksmålinger, effekt fra hjelpe-motorer, skipsbevegelser, turtall hovedmotor, og fuelrack hovedmotor. Samtidig ble også fartøyets kurs, relativ vind, posisjon, tankpeilinger, dyppgang forut og akter inkludert i måleprogrammet. Installasjonen omfattet en dedikert server, bevegelsesensor (MRU) og GSM-modem på hvert av fartøyene. I tillegg ble det gjort nødvendig kabelstrekking og tilrettelegging i fartøyenes alarmsystemer.

Bevegelsesdata blir logget ti ganger per sekund, mens andre sensordata blir logget en gang per sekund. Data samles i filer en gang per time og sendes til land når GSM-modemet har nettverksforbindelse. Dataformatet er valgt for best mulig komprimering av dataene, siden det er viktig å holde datamengden nede både for kommunikasjon, lagring og analyse. Data blir først sendt fra skipet til en server som står tilgjengelig fra Internett. Deretter hentes data periodisk inn til SINTEF Marine Datasenter, der alle data lagres på en trygg måte. En skisse av systemet er vist i Figur 2. GSM-modemet benyttes både for sending av innsamlede data til land, oppdatering av programvare på server og vedlikehold av systemet fra land.

5.2 Korrigering av innsamlede data

De innsamlede data er beheftet med feil og endringer. Typiske feil er skaleringsfeil, manglende signal og feil signal. Dette representerer store utfordringer, fordi det kan være vanskelig å detektere feil signal og skaleringsfeil hvis målte verdier samtidig ligger i signalenes forventede intervall. For å korrigere slike feil, er det laget en egen applikasjon som korrigerer data i ettertid. Denne kan endre verdier, endre navn, legge til og ta bort signal før data legges inn i et nytt sett av filer for videre prosessering.

5.3 Analyse av innsamlede data

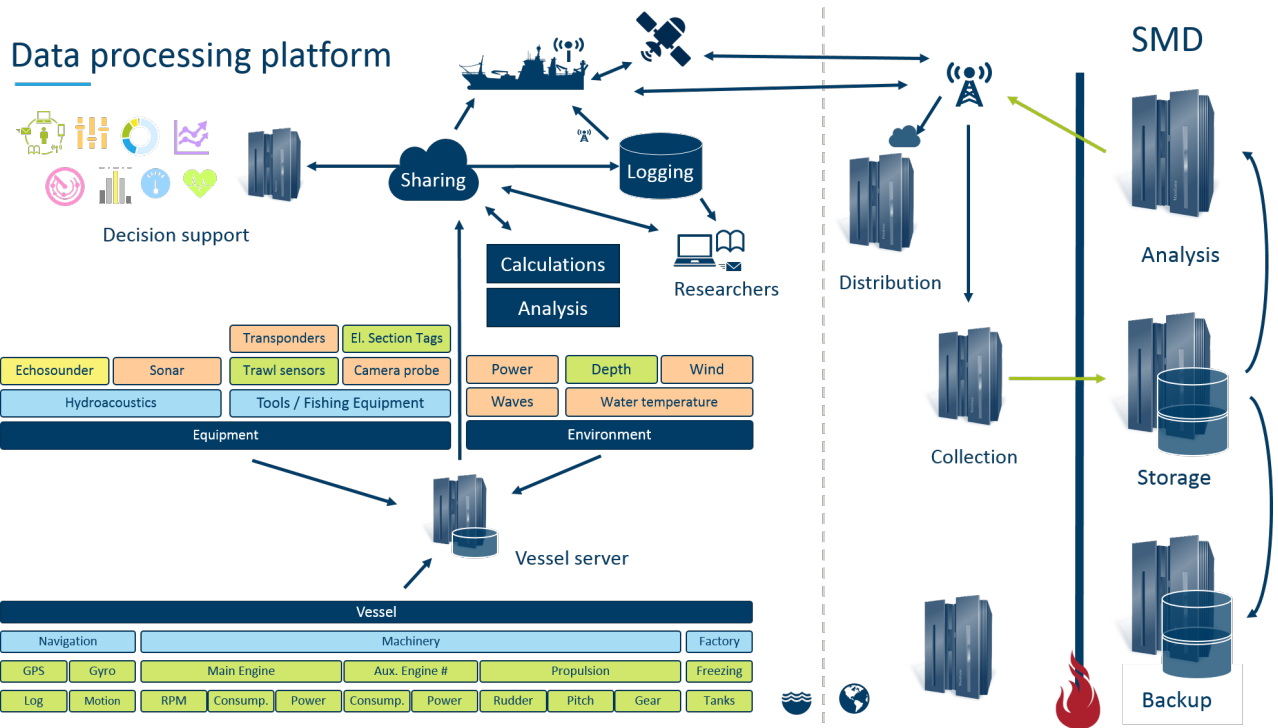
For bedre å forstå fartøyenes driftsmønster, og for å lete etter feil i data, ble det gjort ulike analyser på underlaget. Den store datamengden (ca 60 milliarder datapunkt) medfører en del utfordringer. På grunn av dette benyttes SINTEF Marine Datasenter som en sentral ressurs i prosjektet. Figur 2 viser hvordan fartøyenes sensorer, server og applikasjoner inngår i en større sammenheng med SINTEF Marine Datasenter som infrastruktur for konfigurasjonsstyring av fartøysystem, samt lagring, korrigering, analyse og deling av data. I tillegg har SINTEF Ocean utviklet *STIM*, som er en egen applikasjon for analyse av store mengder operasjonelle data. Dette effektiviserer analysene betraktelig, samtidig som det gir mulighet for automatiserte prosesser/analyser.

5.4 Ombordsystem

Prosjektets hovedmål har vært å utvikle og installere et verktøy som i sanntid kan gi skipper konkrete råd for å redusere oljeforbruket. Dette verktøyet finner hvordan ulike tidligere valg under samme forhold har påvirket oljeforbruket, og angir de valgene som har gitt lavest forbruk som de beste valgene man kan ta. Metoden er utførlig forklart i en egen vitenskapelig artikkel ¹. Den vil derfor ikke bli nærmere beskrevet her.

For å øke fleksibiliteten til verktøyet er dette delt i to separate system som kommuniserer over nettverket. Fartøyets loggeserver henter kontinuerlig inn data og analyserer disse, mens en egen datamaskin i bropulten på hvert av fartøyene viser råd, statistikk og status til mannskapet. Det er bygd opp et system for sentralisert oppdatering av både egen og annen programvare ombord, samtidig som det er mulighet for fjernstyring av både server og beslutningsstøtteverktøy. Dett er gjort for å lette vedlikehold og oppdatering både i og etter prosjektperioden.

¹Reite K, Ladstein J, Haugen J. *Data-driven real-time decision support and its application to hybrid propulsion systems*. ASME. International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering 2017.



Figur 2: Oversikt over hvordan logging, beslutningsstøtte, analyse og lagring henger sammen med SINTEF Marine Datasenter.

5.5 Spesielle utfordringer

Enkelte praktiske utfordringer har hatt stor innflytelse på prosjektets fremdrift:

Feil måling: For ett av fartøyene var signalet for PTI fra alarmsystemet forvekslet med et annet signal. Dette hadde samme signalområde og variasjon, noe som medvirket til at det ble oppdaget først høsten 2016. Feilen ble raskt ordnet av leverandør av alarmsystemet, med dette gjorde det umulig å bestemme fremdriftsmodus på data fra dette fartøyet før den tid, og det er derfor bare 6 måneder med anvendelige data fra dette fartøyet per dags dato. Det vil derfor ta lengre tid før analyser av dette fartøyet blir av tilstrekkelig god kvalitet.

Manglende og unøyaktige forbruksmålinger: Effekt på hovedmotor mangler på flere fartøy, forbruk på hovedmotor mangler på ett fartøy, og de målingene vi har fått er av svært dårlig kvalitet. Det har derfor blitt utviklet modeller for hovedmotor som estimerer effekt og oljeforbruk ut fra fuelrack og turtall. Basert på oppgitte måleverdier fra maskinprodusent er det utviklet en sammenhengende modell over hele turtalls- og belastningsområdet for motorene. Disse modellene er deretter kalibrert opp mot tilgjengelige oljepeilinger, både årsforbruk og perioder der man har hovedsakelig benyttet bare enten hjelpemotorer eller hovedmotor. En ekstra komplikasjon her var at vi for to av fartøyene fikk svært unøyaktige målinger av fuelrack, men etter å ha korrigert for dette ser det ut til at modellene stemmer svært bra.

Forbruksmålingene på hjelpemotorer ser ut til å være av vesentlig bedre kvalitet. Gjennomsnittlig sammenheng mellom elektrisk effekt og oljeforbruk ser ut til å være ganske lik for alle hjelpemotorene på alle fartøyene. På grunn av det virker å være litt mye støy på målingene er også disse målingene erstattet med en enkel modell, men det vurderes å basere seg på bedre filtrering av målingene istedet.

Manglende data for kombinasjoner av valg og behov: Denne metoden er basert på tilgang til data som viser hvordan ulike valg har påvirket fartøyets oljeforbruk for tilsvarende driftssituasjoner. Der dette mangler, kan verktøyet ikke beregne potensiale for energisparing eller hvordan man kan operere mest

mulig optimalt. Det vil likevel også i slike tilfeller være mulig for brukeren å vurdere forbedringer ved hjelp av skjermbilder som vist i Figur 16 til 18.

Kommunikasjon: Det ble installert dedikerte GSM-modem i alle fartøyene, for å sikre at systemet ikke hadde negativ innvirkning på fartøyets øvrige kommunikasjonsbehov. Disse modemene var ofte ikke i stand til å gjenopprette forbindelsen etter at fartøyet hadde vært til havs. Leverandøren ble involvert, og modemene byttet til andre modeller, men de nye modemene hadde det samme problemet. Vi byttet deretter til nye modem fra en annen produsent, men disse hadde akkurat samme problem. Også abonnementsleverandør ble påkople, og ulike abonnement ble utprøvd. Men heller ikke dette hjalp. “Løsningen” ble å restarte modemene med jevne mellomrom, noe som er mindre enn optimalt. Produsenten av modemene leter fortsatt etter feilen, så det er håp om at dette kan ordnes på en bedre måte.

6 Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon

6.1 Instrumentering og datainnsamling

De fire ringnotfartøyene Christina E, Eros, Herøyhav og Kings Bay er nå utstyrt for permanent innsamling av nødvendige data. Systemet, som har fått navnet *Ratatosk*, bygger på en videreutvikling av resultatene fra prosjektene IMPROVEDO og DANTEQ. Det er basert på *Data Distribution System* (DDS), som er en åpen standard for utveksling av informasjon. Dette er et såkalt *publish-subscribe* rammeverk som gjør Ratatosk i stand til å integrere målinger, modeller og applikasjoner på en enkel måte. Ratatosk er utviklet for å gjøre det enkelt for flere aktører å forholde seg til skipets sensorer som en del av et informasjonsnettverk. De innsamlede dataene sendes automatisk til SINTEF Marine Datasenter (Figur 2) for videre lagring og analyse, noe som også muliggjør fremtidig nytte av disse dataene om rederiene ønsker det.

6.2 Analyser av innsamlede data

For å forstå hvordan energisystem, propulsjonssystem, operasjon og ytre forhold samvirker, har det blitt utviklet ulike analyser av innsamlede operasjonelle data. Disse beskriver blant annet driftsprofilene til deltagende fartøy og hvordan optimale operasjonelle valg for de enkelte fartøy påvirkes av eksempelvis vær og operasjonelle krav. I disse analysene (og i figurene i denne rapporten) er følgende sentrale begrep verdt å merke seg:

Nyttig effekt er summen av elektrisk effekt (ikke medregnet effekt til PTI) og beregnet nominell effektiv fremdriftseffekt for aktuell hastighet. Sistnevnte beregnes som hastighet multiplisert med antatt skrognmotstand under gode forhold.

Normalisert forbruk er forholdet mellom oljeforbruk og nyttig effekt.

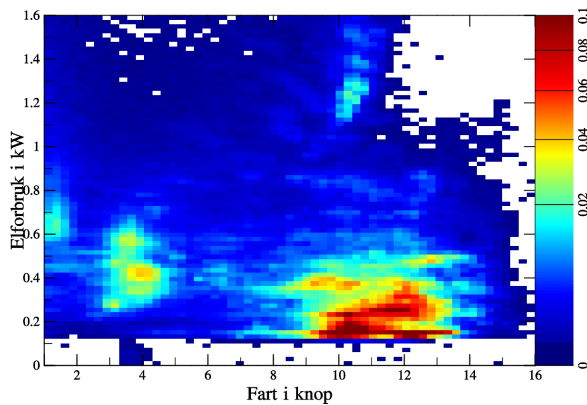
Normalisert thrust er forholdet mellom thrust og den thrust man kan forvente under “rimelig gode” forhold. Vi forventer altså at denne skal ligge på 1.0 dersom man ikke har noe særlig last og været er ganske bra. Den vil øke når fartøyet lastes, blir begrodd, tauer eller får motsjø. Under tråling vil den typisk ligge mellom 10 og 15.

Fremdriftsmodus (eller bare modus) er en betegnelse på et sett av valg som er gjort som bestemmer hvordan energisystem og propulsjonssystem samspiller. Den defineres i denne rapporten som

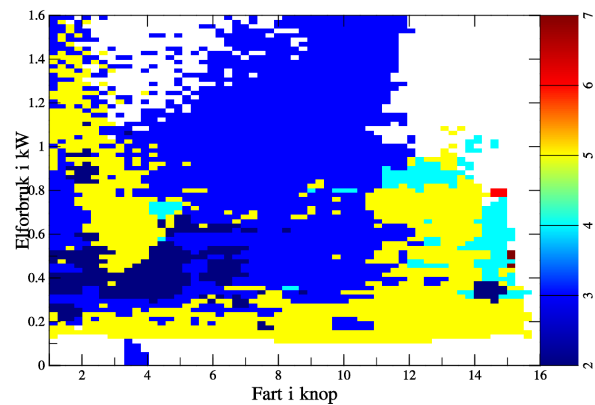
$$m = 1 (P_{PTO} > 5kW) + 2 (P_{PTI} > 5kW) + 4 \left(\frac{n_{ME}}{n_{prop} \cdot r_{gear}} \simeq 1 \right)$$

Dette betyr med andre ord at:

- om akselgenerator er aktiv så legges 1 til modus.
- om elektrisk fremdriftsmotor er aktiv så legges 2 til modus.



Figur 3: Samlet driftsprofil som hyppighet av kombinasjoner av hastighet og elektrisk forbruk (ikke medtatt PTI).



Figur 4: Vanligste valg av propulsjonsmodus for ulike kombinasjoner av hastighet og elektrisk forbruk (ikke medtatt PTI). Se forklaring til propulsjonsmoder i teksten.

- om turtall på hovedmotor og propell stemmer omtrent med girets utvekslingsforhold så legges 4 til modus.

Dette gir oss følgende definisjoner:

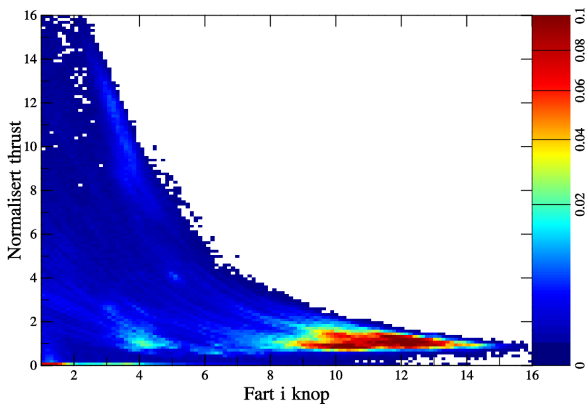
- 1 (Hovedmotor som generator)** Akselgenerator aktiv, elektrisk fremdriftsmotor ikke aktiv, hovedmotor ikke direkte koplet til gir. Dette vil ikke gi fremdrift og er derfor sjelden interessant.
- 2 (DE hjelpemotor)** Akselgenerator ikke aktiv, elektrisk fremdriftsmotor aktiv, hovedmotor ikke direkte koplet til gir. Dieselelektrisk med hjelpemotorer som energikilde. Mørk blå på Figur 4 og 6.
- 2 (DE hovedmotor)** Akselgenerator og elektrisk fremdriftsmotor aktiv, hovedmotor ikke direkte koplet til gir. Dieselelektrisk med hovedmotor som energikilde. Blå på Figur 4 og 6.
- 4 (Splitt)** Akselgenerator ikke aktiv, elektrisk fremdriftsmotor ikke aktiv, hovedmotor direkte koplet til gir. Dieselmekanisk drift. Hjelpemotorer energikilde til elektrisk forbruk. Lys turkis på Figur 4 og 6.
- 5 (Akselgenerator)** Akselgenerator aktiv, elektrisk fremdriftsmotor ikke aktiv, hovedmotor direkte koplet til gir. Dieselmekanisk drift. Akselgenerator som energikilde til elektrisk forbruk. Gul på Figur 4 og 6.
- 6 (Boost)** Akselgenerator ikke aktiv, elektrisk fremdriftsmotor aktiv, hovedmotor direkte koplet til gir. Dieselmekanisk. Hjelpemotorer driver både elektrisk fremdriftsmotor (boost) og annet elektrisk forbruk. Oransje på Figur 4 og 6.

Figur 3 viser gjennomsnittlig effektprofil i form av hyppighet av kombinasjoner av hastighet og elektrisk forbruk (ikke medregnet PTI). Rød farge viser høy hyppighet, mens blå farge viser lav hyppighet. Slik informasjon kan være nyttig ved design av lignende typer fartøy, spesielt for valg av maskineri- og propulsjonsløsninger.

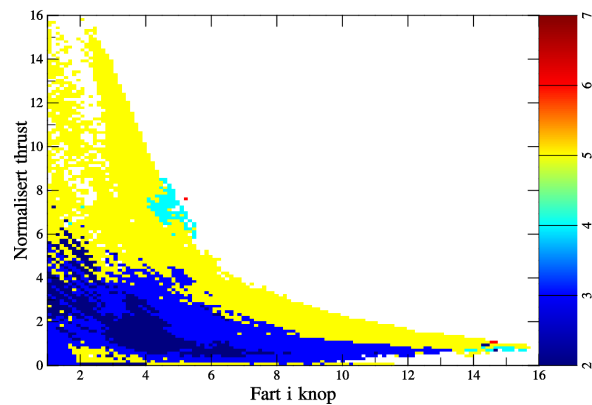
Figur 4 viser hvilke valg av modus som er vanligst avhengig av fart og elektrisk forbruk. Vi ser at i store områder er dieselelektrisk vanligst, men i områder der fartøyene ofte opererer ser det ut til at bruk av akselgenerator dominerer.

Figur 5 viser fordeling av normalisert thrust og hastighet. Dette viser at normalisert thrust stort sett ligger rundt 1, men vi kan skimte en viss hyppighet av pelagisk tråling for 4 knops fart med normalisert thrust rundt 10-12.

Figur 6 viser hvilke valg av modus som er vanligst avhengig av fart og normalisert thrust.



Figur 5: Samlet driftsprofil som hyppighet av kombinasjoner av hastighet og normalisert thrust. Se forklaring til normalisert thrust i teksten.



Figur 6: Vanligste valg av propulsjonsmodus for ulike kombinasjoner av hastighet og normalisert thrust. Se forklaring til normalisert thrust i teksten.

Figurene 7 og 8 viser hvordan det normaliserte oljeforbruket varierer som funksjon av henholdsvis hastighet og skrogrmotstands nivå for noen vanlige driftstilstander. Det er verdt å merke seg at disse figurene er bare eksempel og viser bare en svært liten andel av de driftstilstandene som blir vurdert i prosjektet. Disse kurvene må leses som “for hastighet x har modus y lavest forbruk”. Det gir ingen mening å sammenligne mellom ulike hastigheter.

Figur 7 viser de fire fartøyene for samme driftstilstand, med elektrisk forbruk mellom 350 og 400 kW og normalisert thrust mellom 1 og 1.5. Denne driftstilstanden er valgt fordi den er ganske vanlig for alle fartøyene. Det vi kan lese ut av denne figuren er at for de driftstilstandene som den dekker, ser det ut til å lønne seg å bruke dieselelektrisk med hjelpemotor opp til en viss hastighet. Deretter kan det virke som om dieselelektrisk med hovedmotor er lønnsomt i et lite intervall, mens konvensjonell bruk av akselgenerator lønner seg for høyere hastigheter.

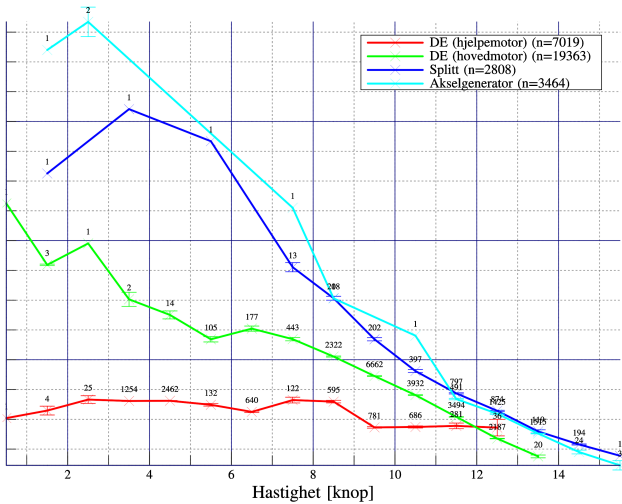
Figur 8 viser i motsetning til Figur 7 de fire fartøyenes oljeforbruk som funksjon av normalisert thrust. For alle fartøyene er hastighetsområdet 3-4 knop valgt for å få med data fra pelagisk tråling. For å få med mest mulig data per fartøy, er utvalgs kriteriet for elektrisk forbruk forskjellig for hvert fartøy. Dette er angitt over hvert plott. Det vi kan sammenfatte fra disse plottene er at der vi har data fra dieselelektrisk med hjelpemotorer ser dette ut til å gi det laveste oljeforbruket. For midlere thrustnivå ser dieselelektrisk med hovedmotor ut til å gi lavest oljeforbruk, og for høye thrustnivå ser akselgenerator ut til å være gunstigst.

6.3 Beslutningsstøtteverktøy ombord

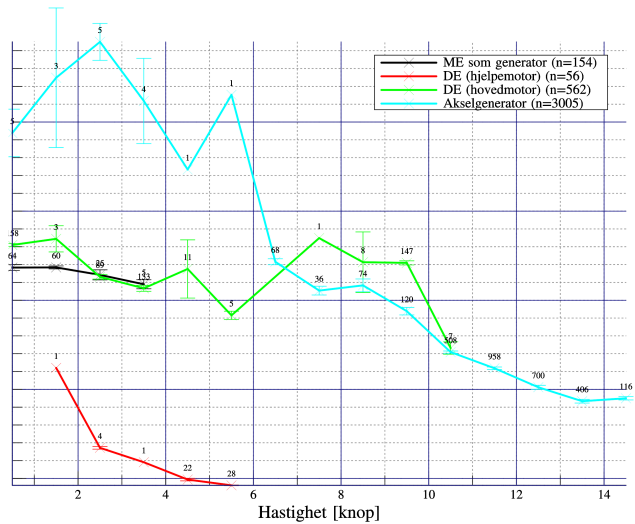
Utviklingen av den første versjonen av ombordverktøyet ble først gjort basert på loggede data. Etter at det ble installert ombord i fartøyene har noen forbedringer blitt implementert, men det pågår nå en større oppgradering av denne. For eksempel lagrer nåværende versjon bare data for de beste valgene som er gjort for hver driftstilstand. Det har vist seg at dette ikke er tilstrekkelig, på grunn av utfordringer med unøyaktige målinger. Denne fremgangsmåten innebærer for eksempel at om man uriktig estimerer at et annet valg medfører lavere forbruk, så forkastes historikken for det valget som egentlig er det beste. Det oppgraderte ombordverktøyet tar vare på gjennomsnittlig resultat av alle valg for alle driftssituasjoner, noe som vil eliminere dette problemet. En ulempe med dette er at man av hensyn til lagringsplass må redusere hvor mye informasjon man holder rede på for hver kombinasjon av valg og driftssituasjon.

I samråd med referansegruppen har det i prosjektet blitt fokusert på å hovedsakelig presentere beslutningsstøtteverktøyet på en liten skjerm (7”). Dette er gjort for å kunne rettferdiggjøre å plassere denne på en godt synlig plass i bropulten ombord. Skjerm bildene på denne delen av beslutningsstøttesystemet er derfor spesielt utviklet for å kunne presenteres på en liten skjerm. For å unngå blending av mannskap i mørket er det brukt mest mulig

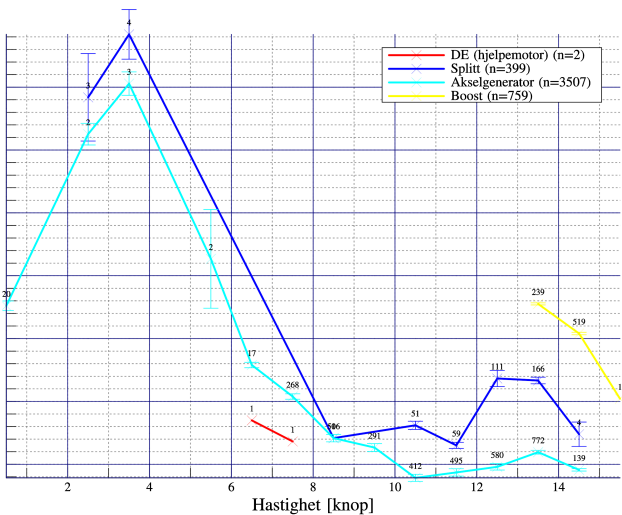
Normalisert forbruk[-]
elcons = 350-400
thrustNormalized = 1-1.5



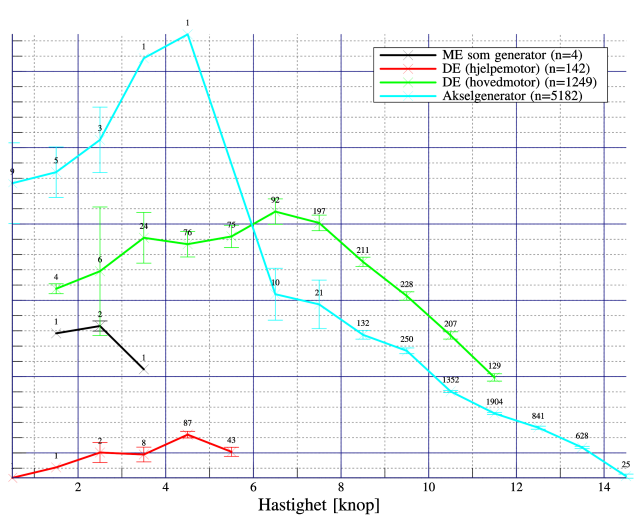
Normalisert forbruk[-]
elcons = 350-400
thrustNormalized = 1-1.5



Normalisert forbruk[-]
elcons = 350-400
thrustNormalized = 1-1.5

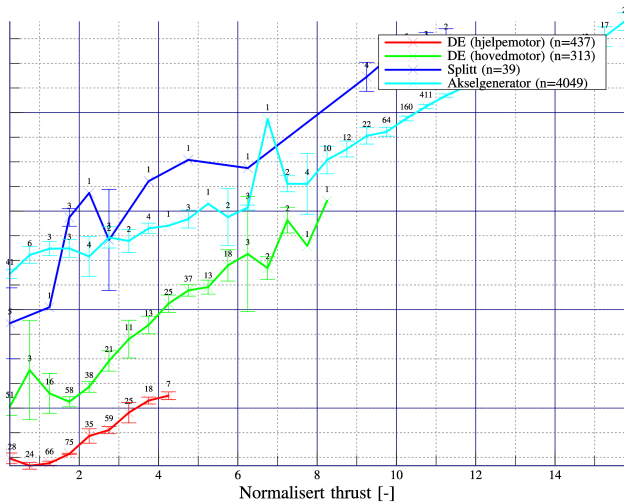


Normalisert forbruk[-]
elcons = 350-400
thrustNormalized = 1-1.5

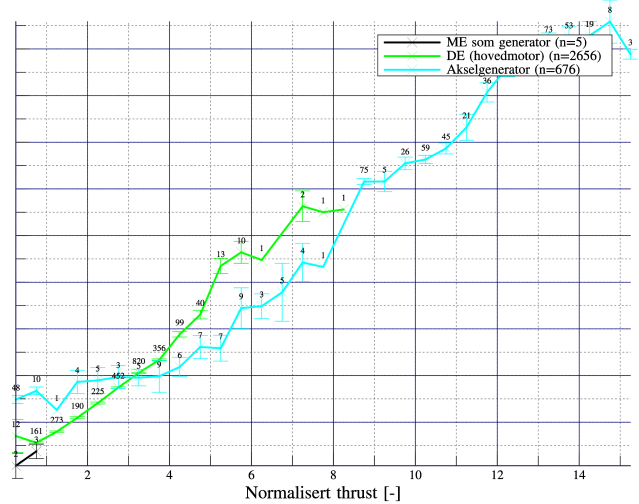


Figur 7: Gjennomsnittlig normalisert forbruk som funksjon av hastighet for ulike propulsjonsmoder, for driftssituasjoner med typisk thrustnivå og elektrisk konsum mellom 350 og 400 kW. Figuren viser ett plott for hvert av fartøyene. Hver linje korresponderer til en driftsmodus. For eksempel er rød linje dielelektrisk drift med hjelpemotor som energikilde. Tallene angir hvor mange minutter måling som inngår i hvert punkt og hver linje. Lengden på de vertikale strekene angir konfidensintervall, som kan sees på som forholdet mellom variasjon i målingene og antall målinger. Se forklaring til propulsjonsmoder i teksten.

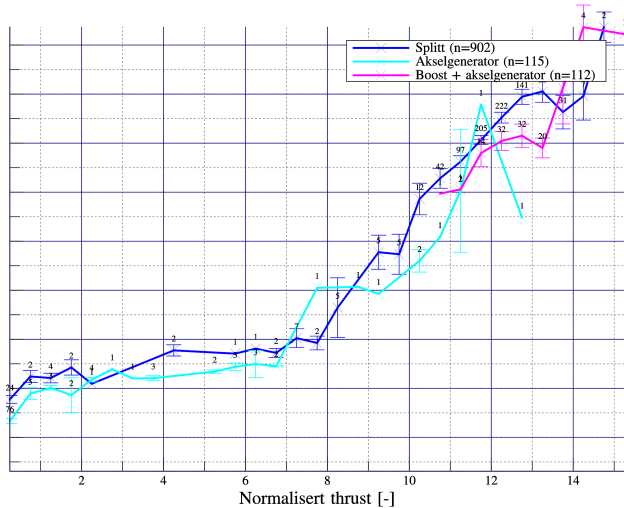
Normalisert forbruk[-]
elcons = 550-600
speedKnots = 3-4



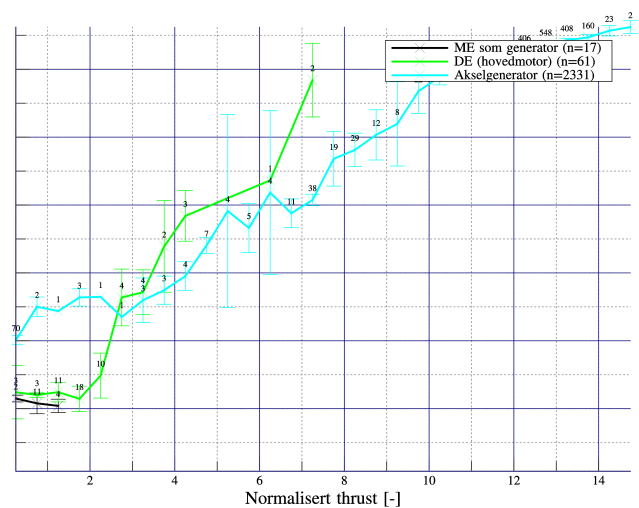
Normalisert forbruk[-]
elcons = 250-300
speedKnots = 3-4



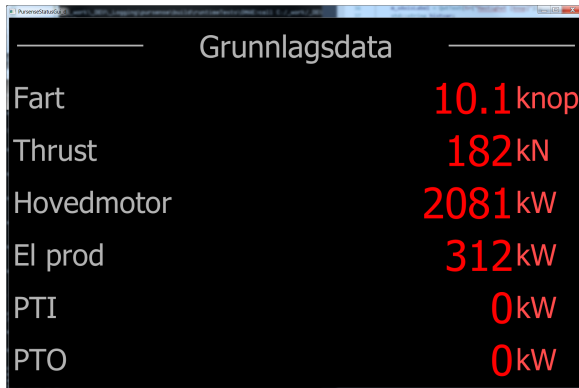
Normalisert forbruk[-]
elcons = 350-400
speedKnots = 3-4



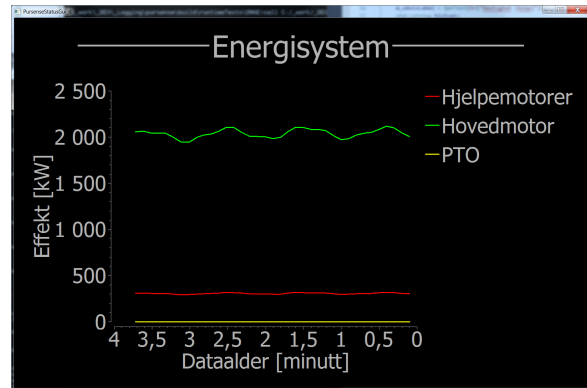
Normalisert forbruk[-]
elcons = 450-500
speedKnots = 3-4



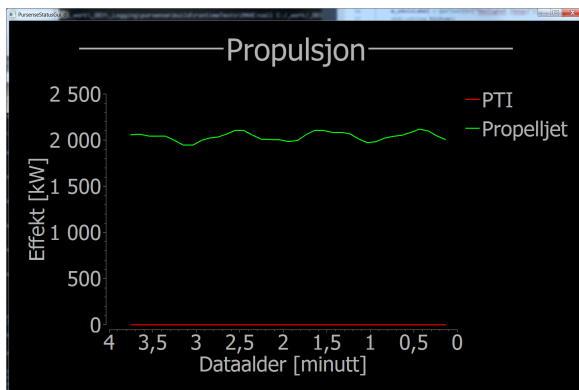
Figur 8: Gjennomsnittlig normalisert forbruk som funksjon av thrustnivå for ulike propulsjonsmoder, for driftsituasjoner med hastighet mellom 3 og 4 knop og elektrisk konsum typisk for det enkelte fartøy under tråling. Figuren viser ett plott for hvert av fartøyene. Hver linje korresponderer til en driftsmodus. For eksempel er rød linje dielelektrisk drift med hjelpemotor som energikilde. Tallene angir hvor mange minutter måling som inngår i hvert punkt og hver linje. Lengden på de vertikale strekene angir konfidensintervall, som kan sees på som forholdet mellom variasjon i målingene og antall målinger. Se forklaring til propulsjonsmoder i teksten.



Figur 9: Ombordverktøy: Informasjon om hvordan fartøyet drives akkurat nå.



Figur 10: Ombordverktøy: Informasjon om hvordan fartøyet drives akkurat nå.



Figur 11: Ombordverktøy: Informasjon om hvordan fartøyet drives akkurat nå.



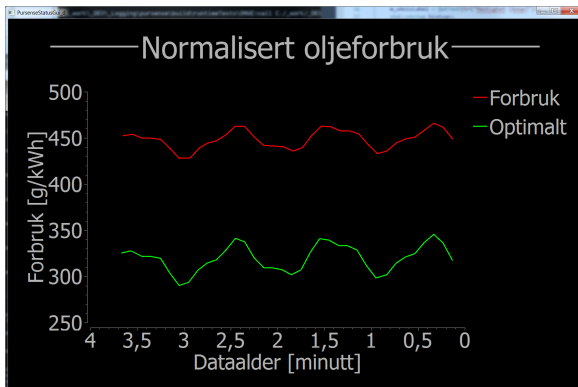
Figur 12: Ombordverktøy: Visning av potensiale for sparing av drivstoff.

mørk bakgrunnsfarge. Etter innspill fra referansegruppen er også blå farge unngått så langt mulig. I tillegg justeres lysstyrken på skjermen automatisk etter solens høyde over horisonten for å øke synligheten på dagen og minske blendingsfaren om natten.

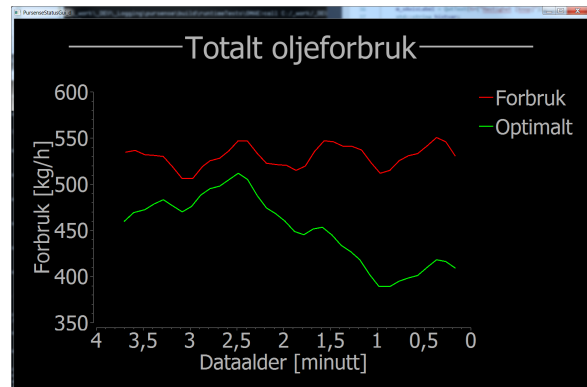
Det er også utviklet en demonstratorversjon av en applikasjon for å gi en dypere forståelse av energisystemet ombord i fartøyet. Denne kan installeres på en vilkårlig pc som har tilgang til samme nettverk som Ratatosk kjører på.

Figurene 9 til 18 viser skjermbilder på dagens system. Disse skjermbildene er dannet basert på signal som genereres i lab, og verdiene er ikke reelle. Figurene 9 til 11 gir informasjon om hvordan fartøyet drives akkurat nå. Figurene 12 til 14 gir informasjon om potensialet for drivstoffbesparelser. Figurene 15 til 18 gir informasjon om hvilke valg som kan lønne seg akkurat nå. Figurene 16 til 18 estimerer hvordan ulike modusvalg vil påvirke oljeforbruket for ulike hastigheter. Kurvene på disse figurene vil variere med skipets elektriske forbruk og hvor tungt fartøyet er å drive frem. Av Figur 17 kan man også se hvilken hastighet som lønner seg om man har god tid og ser bort fra energikostnader når man kommer frem.

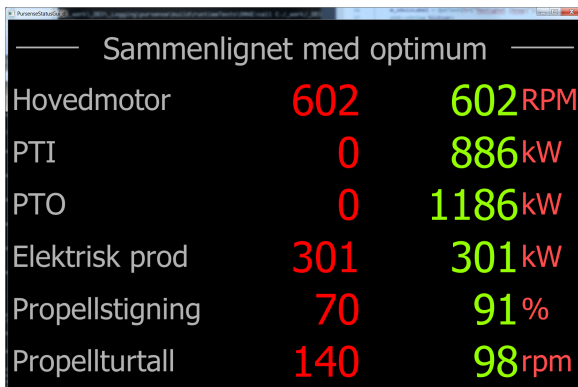
Figurene 19 og 20 er bilder tatt av systemet ombord i ett av fartøyene under vanlig drift høsten 2016. Figur 19 viser hvor energieffektivt fartøyet har blitt drevet de siste 8 timene. Den røde kurven viser faktisk forbruk, mens den grønne kurven viser hva systemet mener er det beste man kan oppnå. Det at kurvene i dette tilfellet sammenfaller, tyder på at fartøyet har operert tilnærmet optimalt i hele perioden som vises. Dersom man hadde gjort mindre effektive valg, ville dette bli synlig som en avstand mellom de to kurvene. Dette tilsvarer bildet som vises på Figur 13.



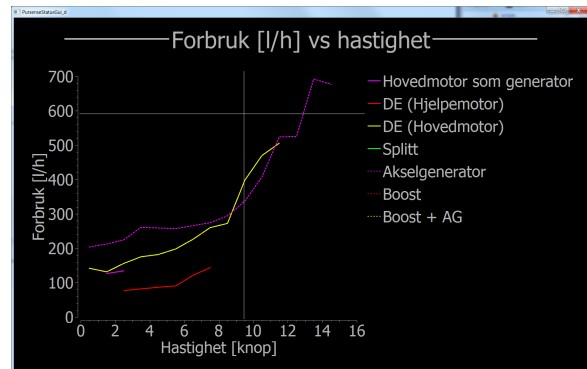
Figur 13: Ombordverktøy: Visning av potensiale for sparing av drivstoff.



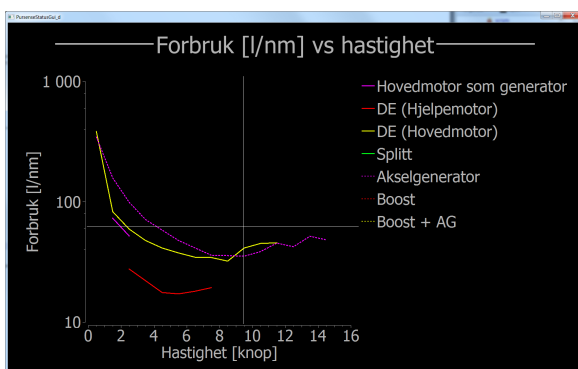
Figur 14: Ombordverktøy: Visning av potensiale for sparing av drivstoff.



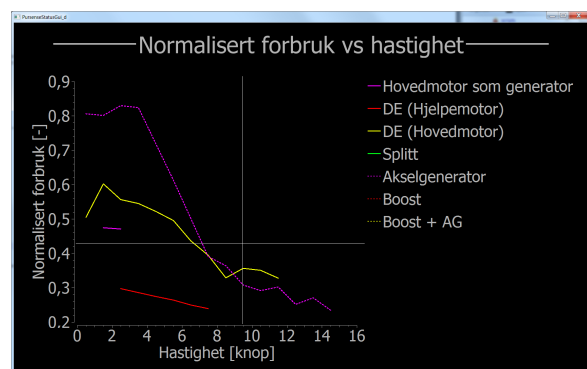
Figur 15: Ombordverktøy: Visning av forskjell mellom nåværende valg og historisk beste valg.



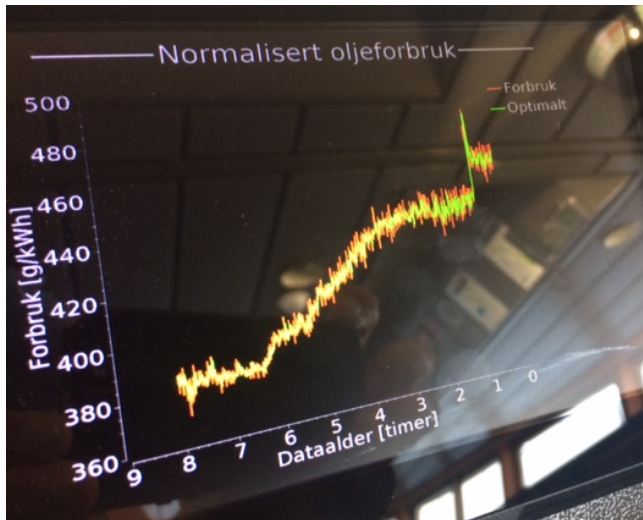
Figur 16: Ombordverktøy: Estimert av hvordan ulike driftsmoder påvirker forbruket for ulike hastigheter. Visning i liter drivstoff per time.



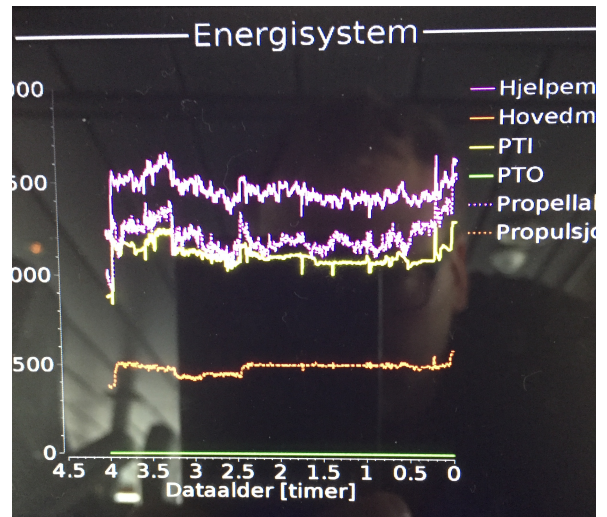
Figur 17: Ombordverktøy: Estimert av hvordan ulike driftsmoder påvirker forbruket for ulike hastigheter. Visning i liter drivstoff per nautisk mil.



Figur 18: Ombordverktøy: Estimert av hvordan ulike driftsmoder påvirker forbruket for ulike hastigheter. Visning i normalisert forbruk.



Figur 19: Skjerm bilde fra ett av fartøyene som viser hvor optimalt fartøyet har blitt operert de siste 8 timene.



Figur 20: Skjerm bilde fra ett av fartøyene som viser oversikt over energisystemet.

Figur 20 er også et skjerm bilde fra systemet i praktisk bruk. Bildet viser variasjoner i energisystemet de siste fire timene. Spesifikt vises effekt på hjelpemotorer, hovedmotor, PTI (elektrisk fremdriftsmotor), PTO (akselgenerator), propellaksling og estimert effektiv propulsjonseffekt. Dette bildet er nå splittet i de to bildene som vises på Figur 10 og 11, for å gjøre avlesning lettere.

7 Oppsummering

Prosjektet har instrumentert fire ringnotfartøy og etablert en flyt av loggedata fra disse inn til SINTEF Marine Datasenter der dataene analyseres og lagres. Det er videre utviklet et verktøy for beslutningsstøtte som er installert ombord de fire fartøyene. Både dette og loggesystemet kan konfigureres og oppdateres via sentraliserte metoder, noe som forenkler videreutvikling og vedlikehold. Første versjon av systemet har avdekket mangler både ved verktøyet og målingene ombord. Disse manglene er nå i stor grad rettet, men det gjenstår å oppdatere systemene ombord. Basert på første versjon av systemet har også brukerne kommet med mange gode forslag og idéer. Noen av disse er implementert i kommende versjon, noen er i ferd med å bli implementert og andre vil måtte tas videre i andre prosjekt.

Den utviklede løsningen er generisk, og kan enkelt tilpasses både andre typer fartøy og andre industrier der man skal styre kompliserte prosesser/system. Løsningen har sine største fordeler der utvikling av matematiske modeller og numerisk optimalisering er for vanskelig eller kostbart. Andre prosjekt har allerede bestemt seg for å bygge videre på resultatene, og to eksterne aktører har meldt sin interesse for å kommersialisere resultatene.

8 Leveranser

Følgende leveranser fra prosjektet er ferdigstilt:

- *Installert loggesystem i 4 fartøy.*
- *Presentasjon av systemet på Nor-Fishing 2014.*
- *Installert prototype av beslutningsstøtteverktøy i 4 fartøy.*
- *Presentasjon av beslutningsstøtteverktøy på Nor-Fishing 2016.*

- *Styringsgruppemøter og referansegruppemøter.*
- *Fagfellevurdert artikkel som beskriver metodene utviklet i prosjektet.*
- *Faglig sluttrapport (denne rapporten).*
- *Faktaark som beskriver prosjektet.*
- *Administrativ sluttrapport.*

På grunn av pågående endringer vil følgende leveranser ferdigstilles i løpet av høsten 2017:

- *Brukerdokumentasjon for verktøy utviklet i prosjektet.*
- *Beslutningsstøtteverktøy endelig kalibrert og tilpasset.*



Teknologi for et bedre samfunn
www.sintef.no