

Energimyndighetens titel på projektet – svenska <b>Datadriven energieffektivisering</b>	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska <b>Data-driven energy-efficiency of ships</b>	
Universitet/högskola/företag <b>Alkit Communication AB</b>	Avdelning/institution
Adress <b>Aurorum 2, 977 75 Luleå</b>	
Namn på projektledare <b>Mathias Johanson</b>	
Namn på ev övriga projektdeltagare <b>RISE, SSPA, Blueflow, Ventrafiken, Sjöfartsverket, Haglund shipping</b>	
Nyckelord: 5-7 st <b>Digitalisering, energieffektivisering, sjöfart, datainsamling, eco-driving</b>	

## Förord

Projektet Datadriven energieffektivisering har pågått mellan åren 2019-2022 och är finansierats av Energimyndigheten. Projektet har genomförts i ett samarbete mellan Alkit Communication ([www.alkit.se](http://www.alkit.se)), RISE/SSPA ([www.ri.se](http://www.ri.se)), Blueflow Energy systems ([www.Blueflow.se](http://www.Blueflow.se)), Ventrafiken ([www.ventrafiken.se](http://www.ventrafiken.se)), Sjöfartsverket ([www.sjofartsverket.se/](http://www.sjofartsverket.se/)) och Haglund Shipping ([www.haglundshipping.se/](http://www.haglundshipping.se/)). Vidare har projektet fått stöd av Waxholmsbolaget ([www.waxholmsbolaget.se](http://www.waxholmsbolaget.se)), ForSea ([www.forsea.se](http://www.forsea.se)) och Sjöräddningssällskapet (SSRS) ([www.sjoraddning.se](http://www.sjoraddning.se)).

Målet med projektet har varit att påvisa hur insamling och analys av driftdata från fartyg kan leda till nya strategier för minskad energianvändning från fartyg.

## Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	2
Summary .....	2
Inledning/Bakgrund .....	3
Syfte och mål .....	5
Målgrupp/uppdragsgivare .....	5
Genomförande .....	5
Fördjupade fartygsanalyser .....	5
Analysresultat .....	7
Beslutsstödsystem och verktyg för mindre fartyg .....	8
Avhandling systemidentifieringsmetoder .....	8
Diskussion.....	9
Förslag på fortsatt forskning .....	10
Referenser .....	12
Bilagor .....	12

## Sammanfattning

I denna rapport sammanfattas genomfört arbete inom ramen för projektet *Datadriven energieffektivisering* under perioden 2019-2022. Arbetet har delats in i olika etapper. En inledande del har fokuserat på att skapa en förståelse kring behovet av energieffektiverade åtgärder för sjöfarten samt olika metoder för hur detta kan åstadkommas. Den inledande delen har följts av fördjupade analyser på fem verkliga fartyg. Målet har varit att identifiera och om möjligt även genomföra operationella åtgärder som bidrar till en minskad energianvändning. Syftet med analyserna har varit att påvisa effektiviseringspotentialen med att synliggöra och visualisera energianvändningen ombord och på så vis (helt utan några övriga tekniska installationer eller ombyggnationer) minska bränsleförbrukningen. Projektet har därmed undersökt hur långt ett fartyg kan komma i energiarbetet genom att få tillgång till mer detaljerad data som belyser sambandet mellan fartygets operation och dess bränsleförbrukning.

I ett tredje steg av projektet har möjligheterna för ett beslutsstödsystem för mindre fartyg undersökts i form av ett examensarbete på Chalmers, som avslutades sommaren 2022.

I denna rapport återges hur arbetet har genomförts, projektets syfte och mål, en kort resultatsummering samt en avslutande diskussion. Resultat och närmare metodbeskrivningar från projektets samtliga delar (kartläggning av energieffektiverande åtgärder, de fem fartygsanalyserna samt examensarbetet) återfinns som bilagor i form av separata rapporter.

## Summary

This report summarizes the work carried out within the project *Data-driven energy efficiency* during the period 2019-2022. The work has been divided into different stages. An initial part has focused on creating an understanding of the need for energy-efficient measures for shipping and different methods for how this can be achieved. This initial part has been followed by in-depth analyses on five real ships. The goal has been to identify and, if possible, also implement operational measures that contribute to reduced energy use. The purpose of the analysis has been to demonstrate the efficiency potential by visualizing the energy use on board and thus (completely without any other technical installations or conversions) reduce fuel consumption. The project has thus investigated how far a ship can get in the energy work by gaining access to more detailed data that highlights the connection between the ship's operation and its fuel consumption.

In a third stage of the project, the possibilities for a decision support system for smaller ships have been investigated in the form of a master thesis at Chalmers, which was completed in the summer of 2022.

This report describes how the work has been carried out, the project's purpose and goals and a brief summary of the results and a concluding discussion. Results and detailed method descriptions from all parts of the project (mapping of energy

efficiency measures, the five vessel analyzes and the thesis) can be found as appendices in the form of separate reports.

## Inledning/Bakgrund

I takt med en alltmer alarmerande klimatsituation och även en pågående energikris har trycket på transportsektorn att ställa om till alternativa bränslen och minska sin energianvändning aldrig varit större. Inte minst speglas det i de kommande regelkrav och målsättningar som inkluderas i Europeiska unionens (EU:s) senaste klimatsatsning ”Fit-for-55” och the International Maritime Organizations (IMO:s) klimatstrategi. Denna klimatstrategi innebär en målsättning om en minskning av de relativa utsläppen (utsläpp per transportarbete) för internationell sjöfart med minst 40 % till 2030, och 70 % till 2050, jämfört med 2008-års nivå och att de totala årliga växthusgasutsläppen från internationell sjöfart ska minskas med minst 50 % till 2050 jämfört med år 2008. (Europeiska rådet , 2023)

Även på ett nationellt plan har det antagit målsättningar om sjöfartens framtida klimatpåverkan och omställning. Inom ramen Sjöfartsnäringens färdplan mot fossilfri konkurrenskraft har branschmål tagits fram (Svensk Sjöfart, 2019):

- år 2030: Reduktion av växthusgaser från inrikes sjöfart med 70% jämfört med 2010
- år 2045: Inga nettoutsläpp av växthusgaser från inrikes sjöfart.

Samtidigt finns en ökad efterfrågan på sjötransporter. Enligt International Energy Agency (IEA) står den globala fartygstrafiken idag för ca 0,9 Gt av de globala CO<sub>2</sub>-utsläppen. På svensk nivå är utsläpp från inrikes sjöfarten ca 700 000 ton koldioxidekvivalenter om året. Denna del utgör cirka fyra procent av utsläppen från inrikes transporter totalt i Sverige. För att reducera Sveriges territoriella CO<sub>2</sub> utsläpp, i linje med de globala målen, lyfter Sveriges regering insatser inom: transporteffektivitet, hållbara förnybara drivmedel samt energieffektiva fordon och fartyg. (IEA , 2022)

Energieffektivisering av sjöfarten är nödvändig, inte bara ur ett ekonomiskt perspektiv, men även för att främja en övergång till alternativa bränslen. Tidigare har kontraktuppsättningen mellan transportköpare/lastägare och redare samt de relativt låga kostnaderna för bränsle, inte varit incitament nog för att spara energi.

Historiskt har energieffektivisering gjorts på större oceangående lastfartyg. Även mindre fartyg har dock en stor besparingspotential. Det är ofta enklare att förstå sambanden för mindre fartyg: de rör sig i samma geografiska områden och opererar ofta på givna rutter. Det finns därmed goda möjligheter att först analysera operationen, för att sedan föreslå förbättringar.

De mindre fartygen rör sig nära den svenska kusten och har därmed en större påverkan på luftkvaliteten i folktäta områden. Mindre fartyg har dessutom oftast mindre marginaler och andra kontraktsformer där bränslekostnader har en större påverkan på driftsekonomin vilket gör att energieffektivisering också får en tydlig

ekonomisk drivkraft. Ofta saknas dock detaljerat underlag för energiförbrukningen. Ofta finns mätdata från Global Positioning System (GPS) eller Automatic Identification System (AIS) för körda sträckor samt uppmätt bränsleåtgång i form av bunkringsdata. Mer detaljerad data behövs för att kunna analysera vilka faktorer som har störst påverkan på energiförbrukningen.

Tidigare forskning har visat att det finns en betydande skillnad mellan ett fartygs verkliga operation och scenarier som det ursprungligen byggdes för. I detta projekt baseras analyserna på data som kommer från verkliga driftsdata från fartyg.

Dataanalysen av energiförbrukningen är ofta komplex och det finns olika drivkrafter för beslut. Dock kan ökad datainsamling vara olönsamt om man inte har metoder att analysera de komplexa systemen. Utvecklingen inom maskininlärning ger nya möjligheter att utveckla såväl tekniskt som ekonomiskt kraftfulla verktyg för energieffektivisering.

Redan idag tillämpas i viss utsträckning ekonomisk körning (eco-driving). Effekten kan vara begränsad, då beslutsfattandet är mer komplext än vad operatör/navigatör kan överblicka. Dessutom finns inte alltid incitament och motivation hos enskilda personer att minska energianvändningen.

Datainsamling ombord på fartyg ökar, men analys utförs inte i samma utsträckning. Nedan listas ett axplock av användningsområden för insamlad data från fartyg.

- Med hjälp av analys av data från datainsamling kan rekommendationer ges om vilka metoder som kan vara framgångsrika, exempelvis: nudging, beslutsstödsystem eller autopilot för ECO driving.
- Ruttoptimering baserat på fartygets accelerationer och rörelser
- Beslutsstöd baserat på statistiskt eller. realtids analys av data för att identifiera optimal drift (parametrar såsom sea state, ström, fart, lastkondition, etc.)

Ett talande exempel på vikten av att känna och kunna analysera data för en lyckad energieffektivisering är från två svenska bunkerbåtar som köptes in med mindre modifikationer med två års mellanrum. Båda fartygen uppfyllde kravspecifikationen, men känslan hos besättningen som kände till båda fartygen var att den senast levererade inte var lika kraftfullt och inte kom upp i samma hastighet som den första. Genom noggranna analyser kom det fram att verkningsgraden för propellern på det andra fartyget var väldigt låg. Genom att optimerar propellern blev fartyget 1 knop snabbare och minskade energiförbrukningen med 25%, den mest effektiva åtgärden rederiet har gjort.

I detta fall gav tillgång till relevant data tillsammans med besättningens erfarenhet visade på en stor förbättringspotential för energieffektivisering, orsaken kunde identifieras och förbättring genomföras. Genom ny teknik och nya analysmetoder för komplexa system kopplade till maskininlärning, kan effektiva beslutsstödjande verktyg utvecklas som underlättar beslutsfattande ombord.

## Syfte och mål

Sjöfarten behöver precis som andra branscher minska sina utsläpp i enlighet med existerande och tillkommande regelverk för minskad miljöpåverkan. En omställning till andra energibärare samt effektivisering av fartygsdriften är nödvändiga för att åstadkomma denna utsläppsminskning.

Projektet ”Datadriven energieffektivisering av fartyg” har som mål att visa hur man med hjälp av digitala verktyg kan uppnå en minskad energianvändning på befintliga fartyg. Projektet adresserar mindre fartyg i kustnära trafik.

Utgångspunkten i projektet är att förse fem olika fartygstyper med utrustning för att mäta, visualisera och analysera energiförbrukningen i realtid. Med hjälp av denna data har energibesparingspotential identifierats och åtgärder implementerats för att sedan verifieras i praktiken. Dessa åtgärder har bland annat varit:

- Rekommendationer om vilka verktyg som i framtiden kan utvecklas, exempelvis: nudging, beslutsstödsystem eller autopilot för ECO driving
- Beslutsstöd baserat på statistiskt eller. realtids analys av data för att identifiera optimal drift.

### *Målgrupp/uppdragsgivare*

Målgruppen är rederier och teknikutvecklingsföretag. Projektet har genomförts av Alkits Communication, RISE/SSPA, Blueflow, Svenska Sjöräddningssällskapet, Sjöfartsverket, Ventrafiken, Waxholmsbolaget, Forsea och Haglund Shipping. Projektet är finansierat av Energimyndigheten.

## Genomförande

Projektet har genomförts i tre huvudsakliga steg:

- (1) Omvärldsanalys/litteraturstudie över behov och metoder för energieffektivisering av fartyg.
- (2) Fördjupade fartygsanalyser med fokus på datadriven energieffektivisering
- (3) Examensarbete gällande beslutsstödsystem för mindre fartyg

Det förstnämnda steget genomfördes under projektets inledande fas och avslutades vintern 2020. Arbetet sin helhet finns presenterat i bilaga 1 ”*State-of-the-art Energy Efficiency of Ships*”.

Utöver ovan nämnda delar har analyserna som genomförts i detta projekt även utgjort underlag för en avhandling för en licentiatexamen. Se rubrik ”Avhandling systemidentifieringsmetoder”.

### **Fördjupade fartygsanalyser**

För att testa och validera de slutsatser och samband som identifierats i projektet inledande steg gällande operationella åtgärder, har fem fördjupande analyser

genomförts för olika fartygsmodeller. I Tabell 1 återfinns en kortfattad beskrivning över de fartyg som ingått i analyserna och den metod som använts.

**Tabell 1 De fem analysobjekten som studerats under projektet.**

<b>Analysobjekt (fartyg)</b>	<b>Antal fartyg</b>	<b>Metod</b>	<b>Mät- utrustning</b>
Sjöfartsverket lotsbåtar	3	AIS analys för att identifiera bränsleanvändning vid olika hastighetsintervall	AIS
Forsea (Aurora & Tyco Brahe)	2	Jämförande analys för att identifiera skillnader mellan de båda fartygens energianvändning	Blueflow
Ventrafiken (M/S Uraniborg)	1	(1) Analys för att påvisa effekten av visualiserad realtidsdata samt utbildning i eco-drivning  (2) Thruster-analys	Blueflow
SSRS (Räddningsfartyg)	3	Jämförande analys för att identifiera skillnader mellan de ingående fartygens energianvändning	Datavärde
Haglund Shipping	1	(1) Analys för att påvisa effekten av visualiserad realtidsdata samt utbildning i eco-drivning	Blueflow

Som beskrivet i Tabell 1 har analysernas utformning varierat mellan de olika studieobjekteten som en anpassning för de olika fartygens konstruktion och verksamhet. Dock har metodiken för analysernas genomförande följt en likartad process för samtliga objekt som projektet valt att kalla ”Analyser i praktiken” som följer:

- (1) Data gällande fartygens framdrift och bränsleförbrukning samlas in. I de fall då fartygen saknat detaljerad kartläggning av energiförbrukningen har ett energiövervakningssystem installerats (exempelvis Blueflow).
- (2) Testet/åtgärder genomförs i samråd med rederi.
- (3) Data som sträcker sig över en given testperiod/implanterad åtgärd samlas in och analyseras

- (4) En resultatdiskussion genomförs i samråd med analytiker, rederi och besättningspersonal med syfte att identifiera orsaker till analysresultaten samt diskutera potentiella vidare åtgärder.

Målet med att upprätthålla en kontinuerlig dialog mellan forskare och rederierna under testperioderna var att skapa en större förståelse för de skillnader i bränsleförbrukning som skett under testet/projektets gång. Att kombinera den uppmätta skillnaden som visades i den insamlade mätdatan med besättningens egna observationer under testen ger både en större förståelse för orsakssamband ur ett forskningsperspektiv och ett bredare engagemang för frågan vilket antagligen ökar sannolikheten för bibehållen eller ökad bränslebesparing efter projektets avslut.

## Analysresultat

En detaljerad analys och resultatredovisning av samtliga fartyg återfinns i bilagor 2-6. Nedan återfinns en sammanfattning över den identifierade/uppådda energibesparingen för varje genomförd analys.

**Tabell 2 Fartygens energibesparing.**

CASE	Energibesparing (%)	
	Identifierad (teoretisk)	Uppnådd under projektet*
Sjöfartsverkets lotsbåtar	4	
Forsea Aurora och Tyco Brahe	10	
Ventrafikens M/S Uraniborg	9-17 (metod 2)	5 (metod 1)
SSRS	40	
Haglund shipping Vitaskär		10

\*Denna energibesparing motsvarar de resultat rederierna upplevt efter att de genomförande analyserna redovisats och nya rutiner införts

Som beskrivs i Tabell 2 särskiljs energibesparingspotentialen som har identifierats i de teoretiska analyserna med den faktiska besparing som senare bekräftats/observerats efter genomförd analys och resultatdiskussion med redare. Detta för att de inledande analyserna som beskrivs i denna rapportens bilagor i flera fall (Sjöfartsverket, Ventrafiken & Haglund) har lett till ett fortsatt arbete genom införande av nya drifrutiner med fokus på energieffektivisering efter det resultat som kommit fram av studien. Till exempel har Sjöfartsverket efter den genomförda analysen infört nya riktlinjer på ett nationellt plan som innebär en begräsning av hastigheter (<19 knop) som lotsbåtarna ska hålla under drift. Ventrafiken har i sin tur infört rutiner som innebär att besättningarna på regelbunden basis har avstämningsmöten gällande framdrift och följer upp

energianvändningen. Dessutom har de nu mera en uttalad målbild om att ändra hur de använder fartygets thrustrar i enlighet med det som framkommit under projektet. I fallet Haglund shipping har rederiet på eget initiativ fortsatt utbildningen/diskussionerna om energieffektiv framdrift med personalen och följer numera upp energianvändningen mer kontinuerligt än vad som gjorts tidigare. Resultaten som framkommit i de initiala analyserna/testerna har dessutom implementerats på fler fartyg än de som stod i fokus för analysarbetet (exempelvis Sjöfartsverkets övriga lotsbåtar)

## **Beslutsstödsystem och verktyg för mindre fartyg**

Inom ramen för projektet har examensarbetet ”Decision Support for Energy Efficiency Operations of Double Ended Ferry” genomförts med chalmersstudenten Daniel Vergara. Syftar var att utreda möjligheterna för ett beslutsstödsystem för mindre fartyg baserat på nuvarande energiförbrukning. Examensarbetet i sin helhet återfinns som bilaga till denna rapport.

Målet med examensarbetet var att föreslå ett datadrivet beslutsstödsystem för operativa strategier för fartygs energibesparing. Studien använde projektdata för Ventrafikens Uraniborg.

Examensarbetet i sin helhet återfinns i bilaga 7.

## **Avhandling systemidentifieringsmetoder**

Utöver ovan nämnda examensarbete har analyserna som genomförts i detta projekt utgjort ett underlag till en licentiatavhandling. Syftet med avhandlingen var att utveckla systemidentifieringsmetoder för Grey-box modellering med god generalisering av fartygs stelkroppsdyamik i stilla vatten.

Det är vanligt idag att operationsdata registreras ombord på fartyg inom Internet of Ships (IoS) paradig. Detta möjliggör möjligheten att bygga fartygets digitala tvillingar som digitala kopior av de riktiga fartygen. Att förutsäga fartygets rörelser med fartygsdyamik skulle kunna vara en viktig delkomponent i dessa fartygs digitala tvillingar. En modell för fartyget dyamik kan identifieras baserat på observationer av fartygets rörelser. Den identifierade modellen innehåller modellosäkerhet på grund av förenklingar och idealiseringar som gjorts i den fysikaliska modellen och osäkerhet i mätningen, vilket kan vara mycket uttalat när man använder fullskalig driftdata. Det är lättare att utveckla exakta modeller med låg modellosäkerhet med hjälp av data som erhållits i en kontrollerad laboriemiljö där mätfelen är mycket lägre, speciellt i lugna vattenförhållanden. Prediktionsmodellen ska kunna beskriva scenarier som ett fartyg aldrig har stött på tidigare, vilket är möjligt om mycket av underliggande fysik har identifierats. Grey-box modellering är en teknik som kombinerar driftsdata med fysiska principer för att uppnå detta.

Avhandlingen i sin helhet återfinns som bilaga 8 till denna rapport.



## Diskussion

Projektets analyser har inkluderat fem olika studieobjekt och totalt 10 fartyg. I samtliga fall har en betydande energibesparingspotential påvisats. I majoriteten av fallen har även denna potential realiserats genom att vidta åtgärder i enlighet med analysresultaten där de ingående fartygen har minskat sin faktiska energiförbrukning. I flera av fallen har även resultaten lett till rutin- och policyförändringar hos de medverkande rederierna, vilket skapat en minskad energianvändning även för deras övriga fartyg. För Sjöfartsverket har resultaten legat till grund för nya hastighetsbegränsningar som nu antagits på ett nationellt plan för att minska bränsleanvändningen från deras lotsbåtar.

Projektets teoretiska och praktiska moment har skapat en större förståelse för energianvändningen hos fartyg av mindre (kustnära) tonnage. Projektet har visat att dessa fartyg har en stor besparingspotential. I Sverige finns idag ca 2600 fartyg som kan klassas som mindre kustnära trafik, varav många liknar fartygen som ingick i projektet. Trots ett allt större fokus och intresse kring energifrågor saknar de flest mindre fartyg i kustnära trafik fortfarande en detaljerad datainsamling gällande bränsleåtgång kopplat till driften. Samtidigt växer intresset för nya drivlinor och alternativa bränslen snabbt inom just denna fartygsgrupp, som enligt flera prognoser spås vara föregångare när det kommer till demonstration och test av nya bränslealternativ. Flera av de alternativa bränslen som diskuteras idag har lägre energitäthet och högre kostnad. Även med dessa alternativa bränslen finns därför ett behov av att fartygens energibehov minskas.

Under detta projekt har det även blivit tydligt hur stort ansvar och påverkan som faller på den mänskliga faktorn. Rederier och besättningsars inställning till frågor som rör energianvändningen är otroligt viktig. I detta projekt har de deltagande rederierna visat stort intresse kring dessa frågor. Bland annat genom internutbildningar i ”eco-drivning” och kontinuerlig uppföljning av den uppmätta bränsleåtgången. Att besättningarna kan få direkt feedback från systemet på bryggan bedöms vara en framgångsfaktor för att styrka vilka åtgärder som ger en faktisk bränslebesparing. Att till exempel kunna visa resultaten efter genomförd utbildning har givit ett bra underlag för att vidmakthålla bränslebesparingar även i framtiden.

Hur stort del av den teoretiska besparingen som faktiskt omsätts i praktiken hänger på personalens vilja och inställning till energiarbetet. Det finns exempel i projektet där samtlig personal i driften har tagit del av samma utbildningsmaterial, data och diskussioner, men att bränslebesparing sedan varierat stort beroende på vem som sedan ansvarat för framdriften vid olika avgångar/områden. Antagligen är det viktigt att få med sig personalen från början i ett större energiarbete och att hitta metoder där så många som möjligt inte bara kan utan också vill vara en del av arbetet. Av de rederier som deltagit i projektet finns exempel på hur både tvingade och frivilliga åtgärder har införts. I fallet Sjöfartsverket har man infört nya tvingande policys gällande lotsbåtarnas högsta hastighet vid drift. Enligt de nya riktlinjerna ska personal som överskrider den sätta gränsen (19 knop) skriftligen motivera varför detta var nödvändigt vid det aktuella tillfället. I fallet Ventrafiken har rederiet i stället infört kontinuerliga

uppföljningar där bränsleanvändningen från olika driftlag presenteras och på så vis skapas en inofficiell tävling mellan personal som sporras till att hålla nere bränsleåtgången. En fråga som hade varit ett intressant uppslag för vidare studier är att mäta effekten av dessa två typer av åtgärder i olika utförande och för flera rederier för att påvisa skillnaden i hur effektiva de är samt långtidseffekterna de både metoderna har på bränsleanvändningen.

I samtal med besättningar har det framkommit vilken påverkan tillgången på mätdata haft på arbetsmiljön. I fallet Haglund Shipping uppger personalen att tillgången till mätdata och i förlängningen den nya inställningen till bränslebesparingar lett till mindre stress. Detta i och med att mätningar i realtid ger en direkt feedback på hur väl besättningen håller nere bränsleanvändningen och samtidigt skapat ett gott underlag för diskussioner angående tidtabeller och överfartstider.

Ett av viktigaste övergripande resultaten från detta projekt är metodiken att arbeta parallellt med dataupptagning, forskningsanalyser och diskussioner med driftpersonal. Denna trio har visat sig vara mycket framgångsrik.

- Mätdata ger ”facit” på hur verkligheten ser ut och direkt feedback på hur stor effekt en införd åtgärd faktiskt har.
- Vad den däremot inte ger svar på är varför bränsleanvändningen ser ut som den gör, och vilka åtgärder som kan vidtas. Där kommer i stället forskningsanalyserna in där orsakssamband i mätdata kan synliggöras och åtgärdsförslag formuleras.
- Vad forskningsanalyserna dock saknar är förankringen i verkligheten och förmågan att ta hänsyn till yttre omständigheter som inte tas upp i mätdata. Det är detta perspektiv som är ovärderligt för att skapa en rättvis och heltäckande bild av sambandet mellan drift och bränsleanvändning samt möjlighet till energibesparing som enbart driftpersonalen kan bidra med.

Ett tydligt exempel på detta var i fallet ForSea där man i analyserna upptäckte ett flertal rutter stack ut med en relativt hög bränsleanvändning till följd av en hög överfartshastighet utan någon uppenbar förklaring. Senare i samtal med rederiet kunde det bekräftas att det hade funnit utryckningsfordon ombord vid dessa tillfällen vilket då krävde att man ökade hastigheten. Ett tydligt exempel på något som inte kunnat fångas upp av mätdata utan enbart bekräftats av besättningen. Samtidigt har besättningen genom kontinuerlig datainsamling och synliggörande analyser fått bekräftat vad de tidigare enbart kunnat gissa sig till samt verktyg för att hitta nya åtgärder för energibesparing. Vikten av att samla alla dessa perspektiv samtidigt kan således inte understrykas nog och varit en förutsättning för de resultat som projektet åstadkommit.

### **Förslag på fortsatt forskning**

Nedan följer ett antal områden som projektet har identifierat som särskilt intressanta för vidare forskning.

- **Fördjupad truststeranalys:** Inom ramen för analys Ventrafiken Uraniborg genomfördes bland annat en thrusteranalys för att påvisa effekterna av att operera thrustrarna mera energieffektivt. Detta efter att analyserna hade påvisat att det fanns ett samband mellan fartygets energianvändning och om båda alternativt bara den aktre av de båda thrustrarna användes. Datan visade en lägre energianvändning i det sistnämnda fallet. Något som sedan bekräftades genom ett testa åtgärden i praktiken under tre dygn i slutet av augusti 2022. Resultatet av det praktiska testet var så pass positiva att det är projektets åsikt att detta är en åtgärd som behöver utredas ytterligare. Både i fråga om att inkludera flera fartyg av denna typ (vägfärja) samt utöka de praktiska testerna till flera tillfällen i olika väderlek och årstider. Om resultaten för Uraniborg i detta projekt är överförbara till andra vägfärjor, skulle detta kunna innebära en stor total energibesparing i Sverige.
- **Strömmätning:** En datakategori som enligt projektet hade tillfört värde föra analyserna hade varit mätning av strömförhållandena i vattnet under drift. Det är av både besättningspersonalens och forskarnas mening att detta är en faktor som har betydande påverkan på fartygets bränsleåtgång men utan verkliga data över detta kopplad till framdriften kan detta inte bekräftats i praktiken. Brist på data försvårar också möjligheterna att ta fram definierade strategier/åtgärder för hur man kan optimera driften vid olika strömförhållanden. Detta är något som hade varit värdefullt att fortsätta undersöka.
- **Fördjupad analys av mänsklig påverkan:** Som beskrivet har projektet tydligt påvisat betydelsen av den mänskliga faktorn för fartygens bränsleanvändning. Detta är ett område som är helt avgörande för i vilken utsträckning ett rederi lyckas minska sin bränsleanvändning. Av denna anledning är detta ett område som är i stort behov av vidare forskning för att utreda i närmare detalj olika verktyg för att förfina och optimera olika verktyg som kan stötta besättningar i deras energiarbete. En sådan studie skulle förslagsvis kunna inkludera element så som en jämförelse mellan tvingande och frivilliga åtgärder, fördjupade beteendeanalyser med ombordpersonal samt en utredning om hur man på bästa sätt kan visuellt kan presentera realitetsdata över energianvändning för personal under drift.
- **Fördjupade analyser angående avancerade beslutsstödsystem:** Vidareutveckla beslutsstödsystem för mindre fartyg genom att inkludera fler fartyg och faktorer.

Utöver ovan beskrivna forskningsförslag är det projektgruppens rekommendation och önskan att fortsätta att arbeta enligt den metod som tillämpats i analyserna, dvs ”Analyser i praktiken”. Som beskrivet har det varit en framgångsfaktor för projektet att samla mätdata, forskare och besättningspersonal för gemensamma resultatanalyser. Särskilt givande har det varit att vid de tillfällen då de forskare

som utfört data-analysen fått vara med ombord och i realtid tillsammans med personal ta del av mätdata under drift.

## Referenser

Europeiska rådet . (den 20 Januari 2023).

<https://www.consilium.europa.eu/sv/infographics/fit-for-55-refueu-and-fueu/>. Hämtat från ReFuelEU Aviation och FuelEu Maritime :

<https://www.consilium.europa.eu>

IEA . (den 10 November 2022). *Transport*. Hämtat från 2022:

<https://www.iea.org/topics/transport>

Svensk Sjöfart. (2019). *Sjöfartsnäringens färdplan för Fossilfri konkurrenskraft*. Göteborg : Svensk Sjöfart.

## Bilagor

- (1) ”State-of-the-art Energy Efficiency of Ships”
- (2) Analys – Sjöfartsverkets lotsbåtar
- (3) FORSEA rapport
- (4) Analys Ventrafiken
- (5) Analys SSRS
- (6) Analys – Vitaskär Haglund
- (7) Master Thesis - Decision Support for Energy Efficiency
- (8) Licentiate thesis Rigid Body Ship Dynamics