

Energimyndighetens titel på projektet – svenska <b>Innovationskluster för energieffektiv rederinäring</b>	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska	
Universitet/högskola/företag <b>Swedish Sustainable Shipping AB</b>	Avdelning/institution
Adress <b>Östra Larmgatan 1, 41107 Göteborg</b>	
Namn på projektledare <b>Suzanne Green</b>	
Namn på ev övriga projektdeltagare	
Nyckelord: 5-7 st <b>Innovationskluster; sjöfart; energieffektivisering; klimat; forskning</b>	

## Förord

Projektet ”Innovationskluster för en energieffektiv rederinäring”, finansierat av Energimyndigheten, har möjliggjort att en unik satsning på samarbete och delat vetande om energieffektivisering inom svensk rederinäring har kunnat startas upp. Initiativtagare har varit Föreningen Svensk Sjöfarts forsknings- och innovationskommitté. Medverkande organisationer har varit Erik Thun AB, Furetank, Gota Ship Management AB, Laurin Maritime, Stena Line, Stena Teknik, Tärntank, Veritas Tankers, Viking Line samt Wallenius Marine. Ett FoU-projekt om energikartläggningar genererat av klustret och finansierat av Sjöfartsverket har genomförts i samarbete med DNV-GL. Forskare vid Chalmers Tekniska Högskola, Göteborgs Universitet, RISE ICT och SSPA har varit mycket behjälpliga i konstruktionen och skrivandet av ytterligare forskningsansökningar.

## Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	2
Summary .....	3
Inledning/Bakgrund .....	3
Genomförande .....	7
Resultat .....	10
Diskussion och slutsatser .....	25
Publikationslista.....	28
Referenser, källor.....	28
Bilagor .....	28

## Sammanfattning

Sjöfarten står inför en enorm utmaning med att minska sina utsläpp av växthusgaser. Liksom andra sektorer föreligger ett antal problem av institutionell karaktär för att nå dit. För sjöfarten handlar det dels om marknadsekonomiska problem, såsom brist på tillförlitlig information om energianvändning hos fartyg, och dels om hur sjöfarten är organiserad, med många aktörer och där korta kontraktuella relationer mellan parter inte är ovanliga. Bara en tredjedel av världsfloTTan ägs av ”stora” rederier, resten av små och medelstora. De flesta rederier kan därför antas sakna egna resurser för forskning och utveckling. Detta är ett problem då innovation i t ex nya energi- och miljöeffektivare fartygskoncept framförallt sker då rederier tar ett sådant ansvar i sin roll som beställare.

Det är projektet syftade till att bygga upp en samarbetsplattform, Sweship Energy, för rederier av alla storlekar i Sverige som var intresserade av att dela vetande om energieffektivisering i fartygsdrift. Ansvariga för energieffektivisering på 9 rederier samlades i ett nätverk, där det största rederiet ägde och opererade ett hundratal fartyg, från passagerarfärjor till oljeborrarfartyg, och den minsta tre fartyg. Sweship Energy organiserades av ett kansli bestående av projektledaren till detta projekt, VD för bolaget, en ordförande, samt en forskningsrådgivare. 12 olika sammankomster anordnades, där hälften var möten inom rederinätverket där deltagare presenterade egna projekt och gemensamma diskuterades. Ett FoU-projekt om att ta fram metod för energikartläggning på rederier, genererat i dessa diskussioner fick finansiering från Sjöfartsverket. Denna metod togs fram av DNV-GL och provades ut på två rederier, och har därefter med framgång börjat användas av flera. Ett annat FoU-projekt om digitaliseringens roll för ökad energieffektivitet på rederier konstruerades i samverkan med forskare på Göteborgs Universitet och SSPA men fick avslag från Energimyndigheten.

Sweship Energy hade sedan tidigare en gemensamt finansierat industridoktorand tillsammans med Chalmers Tekniska Högskola. Genom intervjuer och deltagande observationer har hon kunnat följa verksamheten från början. Resultat publiceras vetenskapligt under 2018.

Rapporten beskriver hur man arbetat för att uppfylla de mål som ställts på verksamheten, och avslutas med förslag på framtida aktiviteter om finansiering kan erhållas. Sweship Energy står i skrivande stund utan ekonomiskt stöd för framtida verksamhet då möjligheterna att få stöd för innovationsklusterverksamhet inte längre finns.

## Summary

The shipping industry is facing an immense challenge regarding reducing greenhouse gas emissions. Like other sectors, it is affected by a range of institutional problems. Commonly discussed are market-related, like imperfect information due to lack of trustworthy information on energy use onboard ships. Also discussed are the problems related to how the sector is organized: with many actors and where short-term contractual agreements between parties are not uncommon. Further, only a third of the fleet is owned by “large” shipping companies, the rest by small- and medium sized. Therefore, most shipping companies are likely to lack resources for R&D. This is a problem as innovation in new and more energy efficient ships most often happen when shipping companies take responsibilities in a procurement role.

The aim of this project was to start an innovation cluster for a more energy efficient Swedish shipping industry, Sweship Energy, with members who wanted to share knowledge on energy efficiency in ship operations. Responsible persons in 9 organizations gathered in a network, where the largest owned and/or operated vessels in the hundreds, while the smallest owned three vessels. Sweship Energy was organized by an office of four people. 12 events were arranged, where half of these were meetings between the network members only where projects were presented and discussed. One R&D project related to energy audit methodology was generated through these discussions and financed by the Swedish Maritime Administration. It was carried out by DNV-GL and tested by two shipping companies. It has since been carried out by one more company. Another R&D project on the role of digitalization in energy efficient ship operation was created together with SSPA and the University of Gothenburg, but was declined twice by the Swedish Energy Agency.

Sweship Energy had since before a mutually funded industrial PhD student together with Chalmers University of Technology. Using participatory observation and interviews, she has followed the organization of these activities from the beginning. The results will be published scientifically during 2018.

This report describes in Swedish how the goals of the innovation cluster has been met, and ends with a discussion and conclusions on future activities. Sweship Energy currently lacks funding.

## Inledning/Bakgrund

Världsekonomin växer exponentiellt hand-i-hand med en ökad internationell handel, som till 90% mätt i volym hanteras av sjöfarten. Därmed växer också sjöfartens utsläpp av växthusgaser i samma takt, linjärt med världsekonomin. Sjöfarten använder nästan uteslutande fossila bränslen. Internationella regelverk med krav på lägre svavelhalt i bränsle har lett till ett långsamt skifte mot bränslen som metanol och LNG, men elektrifiering och biobränslen förekommer endast i småskala och framförallt i korta överfarter. Internationella regelverk för sjöfartens klimatpåverkan finns, men bedöms i nuvarande form som för svaga för att styra mot minskade totala utsläpp (Bazari and Longva 2011).

En ökad energieffektivisering är avgörande för att sjöfarten globalt ska kunna minska sina växthusgasutsläpp, tillsammans med byte av bränslen. Potentialen har av många bedömts vara stor och kostnadseffektiv även med existerande kunskaper och tekniker. En nyligen utförd litteraturgenomgång visade på en potential på mellan 33% och 77% (Bouman, Lindstad et al. 2017). Dessa har ännu inte implementerats i någon högre grad då sjöfarten har en rad institutionella problem som fungerar som hinder för ökad energieffektivitet. Sjöfarten kan sägas vara drabbad av en blandning av de problem andra sektorer har. Eftersom fartyg precis som byggnader ofta byggs i korta serier, är en finansiell tillgång, och på olika sätt hyrs ut och drivs, delar sjöfarten problem med byggbranschen (jfr. Ryghaug and Sørensen 2009). Vidare, eftersom sjötransport är en form av tekniskt avancerad ”produktion” som ska organiseras, ledas och styras, delar sjöfarten problem relaterade till dessa aspekter med både tillverkande industrin och processindustrin. Sjöfarten är mycket energiintensiv, där mer än hälften av operationella kostnader är bränslekostnader (Rehmatulla and Smith 2015). Slutligen är sjöfarten väldigt heterogen till sin organisering. Världsflottans ungefär 40 000 fartyg ägs till en tredjedel av små rederier som var för sig äger endast ett par fartyg; en tredjedel av medelstora, som äger 10-49 fartyg; resten ägs av ”stora” (Stopford 2009). Majoriteten av världens rederier har på så sätt knappa resurser för forskning och utveckling. Nya fartyg byggs i kortare serier på marknader störda av olika former av statliga subventioner. Den innovationskraft som bl. a kunnat ses i svensk rederinäring i samband med lagkrav på svavelutsläpp i Östersjön och delar av Nordsjön – där små såväl som stora rederier beställt nya fartyg med låga utsläpp och hög energieffektivitet – möjliggjordes av att dessa tog ett stort ansvar som beställare (Feurst and Söderling 2017).

En del av problemen kring sjöfartens energieffektivisering har karaktären av marknadsmisslyckanden p g a brist på information på fartygs energianvändning, och därmed också brist på information om olika åtgärders effektivitet i praktiken. Historiskt har precisionen i mätning av energianvändning ombord varit liten – fartyg har inte varit utrustade med någon avancerad mätutrustning. En anledning är att även om teknik länge funnits för datainsamling (Drinkwater 1967), är analys av denna data komplicerad p g a den mycket varierande miljö ett fartyg befinner sig i (Baldi 2016). En sjötransport sköts vidare ofta av en rad aktörer med kontraktuella relationer – såsom fartygsägare, drifts- och bemanningsbolag, mäklare, kommersiella operatörer, och lastägare, där bara en part är ansvarig för

bränslekostnaden. Eftersom information om fartygs energianvändning är bristfällig och distribuerad asymmetriskt mellan dessa orsakas därmed problem relaterade till moralisk risk ("moral hazard", se t ex Jensen and Meckling (1976)) och snedvidret urval ("adverse selection", se Akerlof (1970)). Forskning har t ex visat att ägare till mer energieffektiva fartyg endast i mycket liten utsträckning får mer betalt för dessa när de hyr ut dem (Agnolucci, Smith et al. 2014, Adland, Alger et al. 2017). Andra problem kan härledas till branschens affärsmodeller, där fartyg ofta hyrs ut, köps och säljs, och bemannas med korta tidshorisonter. Om en kommersiell operatör som betalar bränsle ska hyra in ett fartyg under ett par månader, blir det svårt att motivera investeringar i fartyg eller i besättning genom utbildning (Taudal Poulsen and Johnson 2016).

Många åtgärder som verkar kostnadseffektiva kräver ingen större investering, men däremot gott samarbete mellan olika aktörer, såsom att arbeta för minskad tid i hamn och därmed kunna gå långsammare till sjöss (Johnson and Styhre 2015), eller mer komplicerade kontraktsformer för att dela vinsten som energieffektivisering innebär i s k Virtual Arrival-klausuler (Jia, Adland et al. 2017).

Sammantaget finns både en stor potential och ett ännu större behov av ökad energieffektivitet i sjöfarten. För att möta detta behov krävs hårdare internationella regelkrav, men också ökade satsningar på nationell och regional nivå för att bygga upp kompetens, teknik och verktyg för att i praktiken åstadkomma den energieffektivitet som regelverken kräver. Ett sätt att göra detta är att stödja samverkan och nätverk mellan parter i en bransch (Palm and Thollander 2010), eller genom standardisering (Brunsson and Jacobsson 2000). Den här rapporten handlar om ett sådant nätverk, finansierat av Energimyndigheten som innovationskluster.

I Sverige är merparten av rederierna små och medelstora företag, men har också ett par större, såsom i Stena och Wallenius-koncernerna. De allra flesta verkar på internationella marknader vilket medför hård konkurrens och merkostnader för att vara baserade i Sverige. Energieffektivitet är en konkurrensfördel då många av dessa äger, driver och betalar bränsle för sin flotta. Föreningen Svensk Sjöfart (FSS) är en branschförening som representerar ett 60-tal svenska rederier med verksamhet över hela världen. Den svenska sjöfarten är en del av det europeiska sjöfartsklustret som kontrollerar drygt 40 procent av världshandelsflottan. Inom FSS har frågor om optimering och resurser alltid haft en naturlig plats. Bland svenska rederier finns många exempel på hur rederier sett behovet av och möjligheterna att investera i energieffektiv drift – långt utöver vad regelverk kräver. Oaktat val av bränsle är effektiva operationer ombord en nyckel för minskning av energiförbrukning och därigenom minskning av sjöfartens miljöpåverkan.

Innovationsklustret som finansierades av detta projekt kan sägas ha sitt ursprung i en rad aktiviteter inom svensk sjöfartsnäring för att börja arbeta systematiskt och tillsammans, industri och akademi, med energieffektivisering. 2008 startades två kortare projekt vid Chalmers Tekniska Högskola om energieffektivisering inom sjöfarten. Det ena syftade till att undersöka möjligheterna till att implementera energiledningssystem i sjöfarten, efter de goda erfarenheter som byggts upp i energiintensiv industri (P31887-1). Detta ledde vidare till ett doktorandprojekt där energiledningssystem enligt SS 627750 (senare ISO 50001) skulle implementeras i

två rederier (P31887-2,3). Doktoranden hade en roll som aktionsforskare och ingick i implementeringsgruppen i respektive rederi. Ett konsultföretag med lång erfarenhet av energieffektivisering involverades som tekniskt stöd. Samtidigt träffades alla parter kontinuerligt i gemensamma möten för att diskutera erfarenheter (Johnson 2016). Det andra projektet förlängdes också till ett doktorandprojekt, och handlade om att utveckla fysikaliska modeller av energisystem ombord på fartyg (P31886-1,2,3). Även här skedde god samverkan med rederier när modellerna skulle utvecklas och verifieras, där rederier bistod med kunskap och driftsdata (Baldi, 2016).

En rad FoU-projekt om energieffektivitet som utförts i nära samverkan med sjöfartsnäringsen har följt: utveckling av fartyg med luftkammare (P34047-1); minskad skrovpåväxt; olika sätt att utnyttja vindkraft (P37118-1; P34000-1); motivation till energieffektivisering hos besättningar (P38954-1) m fl. Man undersökte även möjligheterna till att skapa ett särskilt nätverk för energieffektivitet, inspirerat av beställarnätverk som BELOK (P34859-1).

Parallellt diskuterade näringen själva systematiska sätt att arbeta tillsammans. I maj 2012 arrangerade Sveriges Redareförening, som branschorganisationen för svenska rederier då hette, ett Energiseminarium med cirka 70 deltagare från olika rederier. Under dagen stod energieffektivisering i fokus och ett tydligt beslut fattades av rederierna inom Svensk Sjöfart att än mer gemensamt och fokuserat arbeta för energieffektivisering. Initiativet till att börja samarbeta kring energieffektiviseringsfrågor kom alltså ”bottom-up” från industrin; Föreningen Svensk Sjöfarts medlemmar lyfte behovet och viljan att samarbeta och dela kunskap kring detta ämne. Tanken var att man genom samarbete och delat vetande kan hela den svenska rederinäringen nå snabbare resultat, till allas nytta. I arbetet som följde identifierades behov av att tillsammans utveckla ny kunskap och teknik och dialog skedde med offentliga finansiärer som delar målet om energieffektiv sjöfart. Under 2014 stärktes arbetet genom Sjöfartsverkets medfinansiering av projekt (SjöV 15075-0) samt det av Energimyndigheten medfinansierade projektet ”Utbildningar baserade på gjorda erfarenheter ombord och analyserade driftsvärden” (P39558-1).

I slutet av 2015 erhöles finansiering från Energimyndigheten genom projektet ”Innovationskluster för energieffektiv fartygsdrift” (P42077-1). Detta projekt möjliggjorde att Sweship Energy kunde knyta till sig ytterligare resurser i form av projektledare, ordförande och forskningsrådgivare. Ett nätverk etablerades för rederier att som aktivt arbetar med energieffektivisering för att tillsammans utveckla ny kunskap och kompetens, lösa problemställningar och minska barriärer för energieffektiva åtgärder ombord. Det gav ett tydligt forum för att generera fler praktiska forsknings- och utvecklingsprojekt med tydlig koppling till både näringsliv och akademi, såsom ett samarbetsprojekt medfinansierat av Sjöfartsverket för utveckling av modell för energikartläggning (SjöV 150960).

Inom hela utvecklingen av Sweship Energy har ett stort engagemang och omfattande resurser från rederinäringen haft en avgörande roll. Samarbetet har utvecklats till en industridriven plattform med fokus på energieffektiv fartygsdrift. Utvecklingen påverkas bland annat av de erfarenheter och lärdomar som nås, forskningsresultat, kommersiella beslut och politiska incitament. Genom att olika

initiativ samlas i en plattform underlättas skapandet av synergier mellan aktiviteterna samtidigt som utmaningar och möjligheter kan identifieras på övergripande nivå. Erfarenheter och lärdomar från en aktivitet eller projekt tas vidare in i andra aktiviteter.

Rapporten har följande struktur. I *Genomförande* beskrivs hur arbetet planerats, inklusive uppföljning av det egna arbetet. I *Resultat* beskrivs resultat av insatser och projekt som genomförts inom Sweship Energy. I *Diskussion* sätts resultaten i ett vetenskapligt och samhällsligt större sammanhang.

## Genomförande

Ett innovationskluster är ett sätt att organisera samarbete för att nå resultat inom kunskapsintensiva branscher. EU definierar innovationskluster som strukturer eller organiserade grupperingar av oberoende parter som är avsedda att stimulera innovativ verksamhet genom att främja intensiv samverkan, gemensam användning av utrustning och kunskapsutbyte. Deltagande kan vara exempelvis stora och små företag, innovativa nystartade företag, forskningsinstitut, icke-vinstdrivande organisationer verksamma inom en viss sektor eller region. Genom samverkan ska ett innovationskluster bidra till effektiv kunskapsöverföring, nätverksbyggande, informationsspridning och samarbete.<sup>1</sup>

Innovationskluster kan etableras inom olika typer av områden och branscher. I Sverige har tidigare etablerats innovationskluster med fokus på exempelvis olika typer av lokaler. Genom innovationskluster skapas bland annat möjlighet till ett djupt engagemang och spridning av erfarenheter och forskningsresultat.

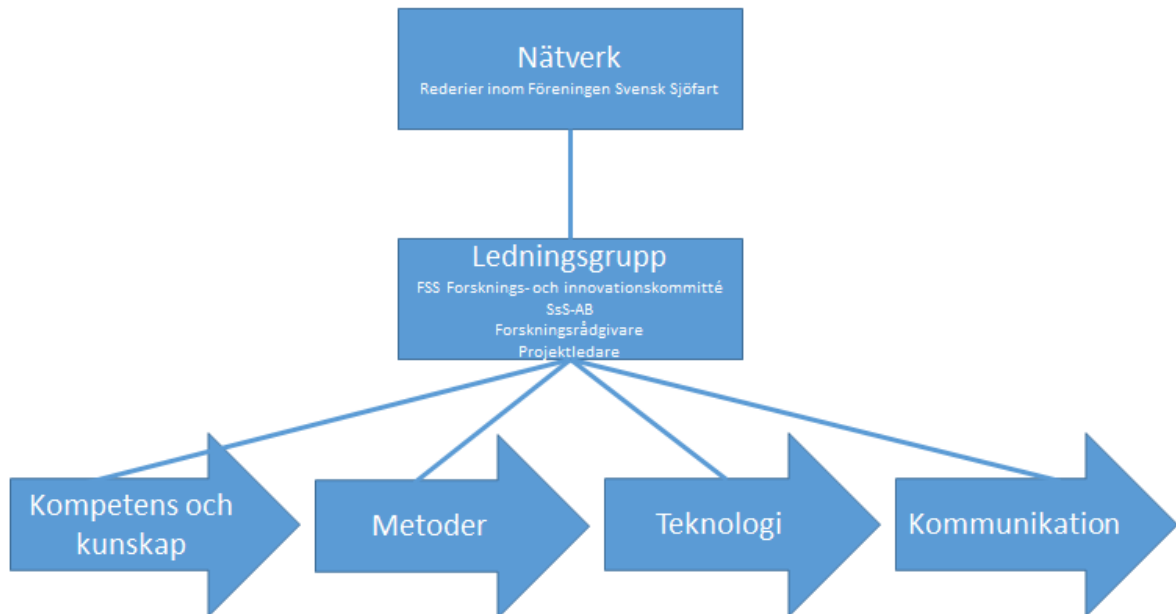
För samhället finns stort intresse av att såväl stimulera innovationer inom näringsliv och transporter för att stärka Sveriges konkurrenskraft som energieffektivisera för att nå klimat och miljömål. I dialog mellan representanter från rederinäring, akademi och samhälle utvecklades under hösten 2015 ett förslag på etablering av innovationskluster med fokus på energieffektiv rederinäring, vilket beviljades uppstartsfinansiering från Energimyndigheten och ett antal svenska rederier.

Innovationsklustret finansierat av detta projekt drivs av Sweship Energy, som verkar som en oberoende och neutral part som samordnar och möjliggör för experter från medverkande aktörer att samarbeta i en triple-helix-modell, samtidigt som industrins behov är drivande. Genom en nära koppling till akademien, bland annat genom forskningsrådgivare och industridoktorand, möjliggörs att arbetet kan förankras i aktuellt forskningsläge samtidigt som inspel och underlag för framtidens sjöfartsforskning främjas.

Verksamheten organiseras utifrån de fyra processerna; Kompetens och kunskap, Metoder, Teknologi och kommunikation, enligt Figur 1.

---

<sup>1</sup> KOMMISSIONENS FÖRORDNING (EU) nr 651/2014 av den 17 juni 2014 genom vilken vissa kategorier av stöd förklaras förenliga med den inre marknaden enligt artiklarna 107 och 108 i fördraget



**Figur 1: Sweship Energys organisation**

De fyra processerna innehåller följande aktiviteter.

### **Kompetens och kunskap**

- Kartläggning aktuell forskning energieffektiv sjöfart
- Identifiera och kommunicera forskningsbehov och forskningsfrågor
- Utveckla ny kunskap inom forsknings- och demonstrationsprojekt
- Utbyte av erfarenheter
- Utbildning för att höja kompetens och utveckla ny kunskap inom exempelvis energieffektiv fartygsdrift och finansieringsmöjligheter

### **Metoder**

- Energikartläggning
- Energiledningssystem
- Projektledning
- Kalibrering

### **Teknologi**

- Utrustning/system för energieffektivitet
- Sensorer/mätsystem
- Digitalisering

### **Kommunikation**



- Kommunikation inom Sweship Energy
- Kommunicera resultat utom Sweship Energy
- Kommunicera behov och förslag utom Sweship Energy

Verksamheten i nätverket styrs övergripande av en Styrgrupp bestående av en representant för varje deltagande rederi. Styrgruppen utser för varje möte en ordförande att leda mötet.

Nätverkets verksamhet har en tydlig förankring i de problem och möjligheter som uppstår i den operativa verksamheten.

Nätverket beslutar om

- strategisk inriktning,
- prioritering av samarbetsområden,
- offentliggörande av resultat

Sweship Energys ledningsgrupp ansvarar för övergripande för:

- Att verksamheten bedrivs enligt Forsknings- och innovationskommitténs instruktioner
- Att bereda och söka finansiering för olika samverkansprojekt
- Ekonomisk rapportering och uppföljning
- Omvärldsbevakning
- Kommunikationsstrategi och resultatspridning

Projektets övergripande mål (M1) är, såsom definierat i beslutet:

- M1: ”Att genom ett innovationskluster skapa ett forum som bidrar till spridning av ny kunskap om hur energieffektiva tjänster, innovationer och nya energieffektiva tekniska lösningar kan stärka sjöfartens konkurrenskraft och därmed även bidra till en hållbar svensk sjöfartssektor”.

Vidare att

- M2: ”Innovationklustret ska stimulera till energieffektivisering genom att pröva nya samarbetsmodeller för kunskapsdelning mellan akademi och klustrets aktörer samt att resultaten också sprids och blir kända av aktörerna inom sjöfartsnäringsen nationellt och internationellt. På sikt blir också målet att åstadkomma beteendeförändringar hos sektorns aktörer som leder till energieffektiviseringar”.

Projektet har 7 delmål, enligt nedan.

- DM1: ”Etablera och marknadsföra Innovationsklustret samt att utarbeta en strategisk plan för klustret.”

- DM2: Utarbeta en första kartläggning och analys under 2016 av det arbete som sjöfartens aktörer lagt ned på direkt energieffektiviseringsarbete genom enkäter, analys av befintlig statistik mm. En sådan kartläggning av energieffektiviseringsläget finns inte för närvarande för denna grupp och därför behöver denna göras som en utgångspunkt och referens för vilka effekter ett innovationsklusterarbete kan ge när det gäller energieffektivisering inom denna sektor.
- DM3: Under år 2017 görs en uppföljning och utvärdering där kartläggningen ovan är en referenspunkt som mätningar kan göras mot för att kunna bedöma vilken effekt innovationsklusterverksamhet har medfört.
- DM4: Anordna minst 8 stycken seminarier och/eller workshops för sjöfartens och sjöfartsindustrins aktörer.
- DM5: Utveckla underlag som kan användas i utbildningar om tjänsteinnovation (t ex nya affärsmodeller), beteende, energieffektivisering i sjöfarten med konkreta exempel från projektets samarbetspartner.
- DM6: Ta fram minst tre förslag till FoU-projekt för vidare utarbetning med tydlig energirelevans, varav minst 1 projekt för att studera effekter av utveckling av ett testbäddssystem där innovationsföretag och akademi kan samverka med sjöfartsbranschens aktörer för att pröva och utvärdera framtida innovationer för sjöfartens energieffektivisering.
- DM7: Att medverkande rederiföretag ska implementera forskningsresultat och innovationer om bl a nya tjänster och ny teknik som leder till en energieffektivisering med minst 30% på ett nybyggt fartyg jämfört med dagens traditionella fartyg. Uppföljning av detta mål görs genom de kartläggningar som sker i projektet.

Projektet har också ett effektmål:

- EM: att införande av ny kunskap och nya metoder för energieffektivisering ska stimulera till att utveckla såväl nya tjänster som ny teknik och innovationer som ska medföra en energieffektivisering av den svenska sjöfartssektorn med minst 30% vilken innebär en motsvarande minskning av skadliga emissioner. Effektmålet innebär också att öka konkurrenskraften för svensk sjöfart och sjöfartsindustri.

## Resultat

Resultaten i projektet redovisas nedan under respektive delmål.

### **DM1: ”Etablera och marknadsföra Innovationsklustret samt att utarbeta en strategisk plan för klustret.”**

Under 2016 har en strategisk plan för innovationsklustret utvecklats och flera verksamheter och projekt initierats. En avgörande faktor för framgång bedömdes vara att skapa neutrala mötesplatser där erfarenheter och behov kan diskuteras och spridas, vilket har getts stort utrymme under uppstartsfasen.

Följande mål beslutades för Sweship Energy. Att i samarbete

- utveckla ny kunskap och kompetens
- lösa problemställningar och presentera beslutsunderlag för att nå mer energieffektiv sjöfart
- minska barriärer för energieffektiva åtgärder

Vidare beslutades att nätverket initialt fokuserar initialt på rederier som redan arbetar aktivt med energieffektivisering och utgår från medlemmarnas behov. Medlemmar i nätverket kan således bara vara de rederier som är igång med systematiskt arbete för att reducera energiförbrukningen. Respektive medlem utser en ordinarie ledamot och en suppleant.

Medlemmar i nätverket använder följande medel:

- Ett energiledningssystem på företagsnivå som bygger på fartygens SEEMP.
- Mål som följs upp regelbundet
- Regelbunden mätning av prestanda som jämförs med en baslinje och mål

Det beslutades vidare att samarbetet bygger på delat vetande, samarbete och gemensamt överenskomna förväntningar. Nätverket identifierar och definierar gemensamt områden att samarbeta kring. I första skedet prioriteras några få områden. Nätverkets medlemmar är överens om att vägen till framgång bygger på öppenhet, förtroende, tillit och professionalism. Nätverkets medlemmar bidrar med egna erfarenheter om såväl problemställningar, erfarenheter som lösningsförslag. Nätverkets medlemmar deltar med tid och resurser för att uppnå de gemensamma målen.

Verksamheten i nätverket styrs övergripande av en Styrgrupp bestående av en representant för varje deltagande rederi. Styrgruppen utser för varje möte en ordförande att leda mötet.

Nätverkets verksamhet har en tydlig förankring i de problem och möjligheter som uppstår i den operativa verksamheten.

Nätverket beslutar om

- strategisk inriktning,
- prioritering av samarbetsområden,
- offentliggörande av resultat

Kommunikationen sker på flera olika nivåer med avgränsning mellan deltagare i enskilda samverkansprojekt, mellan medlemmar inom innovationsklustret samt med kommunikation utåtriktad till större delar av industri, akademi och samhälle. Intressenterna har bakgrund i olika miljöer, vilket kan göra att förförståelse av olika fenomen skiljer sig åt och i kommunikationsarbetet ligger att hantera dessa utmaningar. Internt inom Sweship Energy har en kultur av förtroende etablerats. En

slutsats är att denna kultur är beroende av en trygghet att alla som deltar delar med sig och bidrar, samtidigt som öppenhet finns för att olika aktörers erfarenheter skiljer sig åt.

För allmän och offentligt tillgänglig information har en webbplats, [www.sweshipenergy.se](http://www.sweshipenergy.se), etablerats. Till en bredare intressentpool skickas regelbundna nyhetsbrev med bland annat aktuell information om plattformen, enskilda projekt och inbjudningar. Vidare arrangeras seminarier och workshops både för kunskapsuppbyggnad och kunskapsspridning inom olika samverkansområden såväl som enskilda projekt inom plattformen.

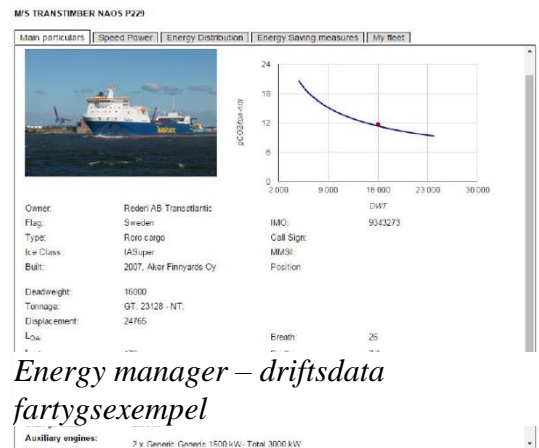
**DM2: Utarbeta en första kartläggning och analys under 2016 av det arbete som sjöfartens aktörer lagt ned på direkt energieffektiviseringsarbete genom enkäter, analys av befintlig statistik mm. En sådan kartläggning av energieffektiviseringsläget finns inte för närvarande för denna grupp och därför behöver denna göras som en utgångspunkt och referens för vilka effekter ett innovationsklusterarbete kan ge när det gäller energieffektivisering inom denna sektor.**

**DM3: Under år 2017 görs en uppföljning och utvärdering där kartläggningen ovan är en referenspunkt som mätningar kan göras mot för att kunna bedöma vilken effekt innovationsklusterverksamhet har medfört.**

För att bedriva ett framgångsrikt och strategiskt energieffektiviseringsarbete inom rederier är möjligheten att mäta, insamla och analysera operationella data av vikt. I viss mån är det möjligt att genomföra åtgärder baserade på andra typer av erfarenheter, men för att utveckla goda beslutsunderlag är tillförlitliga data av avgörande vikt. Detta bekräftades bland annat i en enkätstudie från DNV-GL där de svarande ansåg att mätning och analys av data från fartygen var en av de viktigaste aspekterna för arbete med energieffektivisering, samtidigt som 9 av 10 samlade in data manuellt på traditionellt vis (DNV-GL, 2016). Industrierfarenheter och aktuell forskning visade att tillgången till tillförlitlig dataöverföring mellan fartyg och land brister och att institutionella förhållanden och affärsmodeller fungerar som barriärer, exempelvis då väderförhållanden, kvalitén på mätinstrument, bristande effektivitet i rapporteringssystem etc skapar så mycket brus i datan att det försvårar rederiernas arbete med energieffektivitet (Johnson och Andersson, 2016).

Kartläggning och analys av arbete med energieffektivisering bland sjöfartens aktörer har inom projektet skett med kvalitativ och kvantitativ metod, i tre parallella spår. Syftet har varit att samla kunskap på ett sådant sätt att det dels kan användas och spridas både mellan medlemmar i nätverket och i kommunikation utanför, och dels på ett sådant sätt att det kan utgöra ett intressant bidrag till forskningen om samarbeten för ökad hållbarhet. Arbetet hade påbörjats redan innan innovationsklustret startades, men fokus har förändrats över tid allt eftersom erfarenhet har byggts upp om *hur* kunskap om energieffektivisering kan delas på ett effektivt sätt. Nedan återges denna process framförallt under punkt 1.

1. **Energidatabasen.** Under 2014 formerades ett projekt där ett antal enskilda rederier och branschorganisationen Svensk Sjöfart, med stöd av Sjöfartsverket, bland annat sökte finna metoder för systematisk insamling av fartygsdata och möjliggöra spridning av kunskap och övergripande analys. En omfattande datainsamling påbörjades, med ambitionen att utvecklad utbildning skulle baseras på driftsdata (exempelvis motordata och ruttval) från deltagande rederier. Vid projektets inledning fanns hos alla aktörer en medvetenhet om att en av svårigheterna när det kommer till mätning och dokumentation är att välja och verifiera mätmetoder. Möjligheten att mäta och med vilken exakthet datan ska tolkas är en vanlig källa till diskussion och tvivel i den aktiva kåren. Projektet inbegrep ej studier eller utvärderingar av olika metoder, utan fokuserade snarare på att försöka ta ett avstamp i den data som finns tillgänglig. En genomgång av de olika metoder och leverantörer som svenska rederier använder för att mäta, verifiera och dokumentera driftsdata visade på stor spridning mellan metoder och angreppssätt. Dessutom visades att olika rederier prioriterat dessa frågor olika och i många fall var mätningen manuell och i varierande intervaller. Att samla in data gemensamt skulle innebära att vissa rederier hoppar över några nödvändiga steg i utvecklingen; först måste rederiernas system och rutiner för att mäta och analysera driftdata utvecklas och diskussion om möjlighet att harmonisera föras.



Den insamlade datan utgjordes av såväl offentligt tillgänglig data som inrapporterad information från deltagande rederier. Ett av resultaten och målen med projektet av att sammanställa datan på ett pedagogiskt och tillgängligt sätt. Den databas som utvecklades för dessa syften beskrivs närmare under rubrik 3.1.3. Grundmaterialet som den inrapporterade datan hanterades konfidentiellt av Svensk Sjöfart och i oidentifierad form sammanställdes helheter i pedagogisk databas. En webblösning utvecklades som möjliggjorde för enskilda användare att djupdyka i datan. På fartygsspecifik nivå sammanställdes, i de fall data fanns tillgänglig, information rörande

- a. Main particulars
- b. Speed power
- c. Energy distribution
- d. Energy Saving measures

Processen inleddes med genom diskussioner med experter genom Föreningen Svensk Sjöfarts Forsknings- och Innovationskommitté,

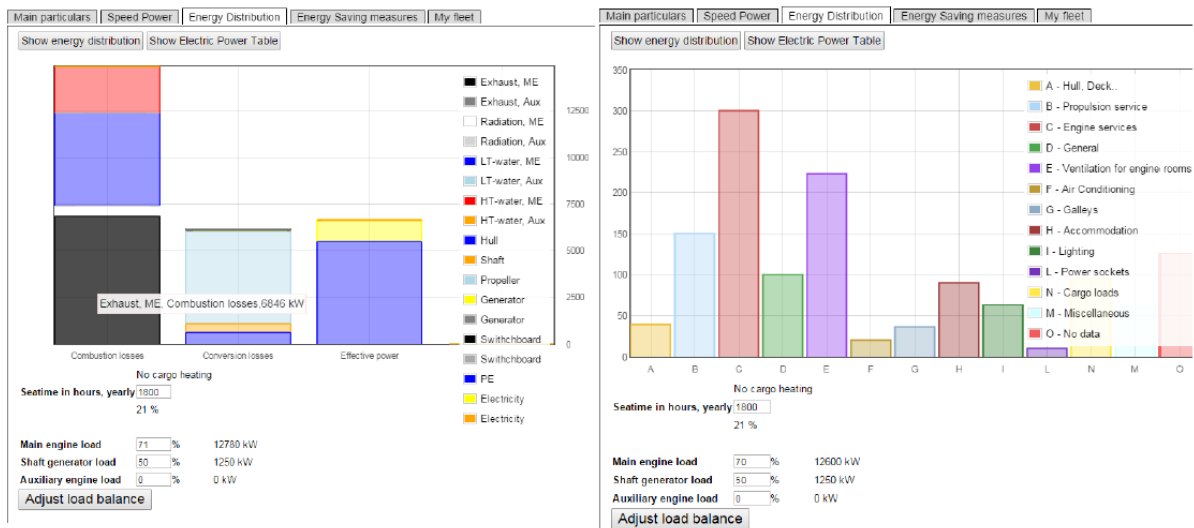
workshops och möten med alla Svensk Sjöfarts medlemmar såväl som insamling och sammanställning av erfarenheter från olika rederier. Experterna diskuterade "state-of-the-art" på området energieffektivitet ombord fartyg, samt nyligen utförda, pågående och planerade energieffektiviseringsprojekt bland rederierna. Vid workshops för att insamla kunskap och erfarenheter deltog experter från bland annat Chalmers tekniska högskola, Institutionen för sjöfart och marin teknik; Gothenburg Research Institute vid Göteborgs universitet; Linnéuniversitetet, Sjöfartshögskolan i Kalmar; SSPA Sweden; Sjöfartsverket – FAMOS-projektet; Sjöfartsverket – Lotsverksamheten; IVL Svenska Miljöinstitutet; ScandiNAOS; Goovinn samt deltagare från rederier och lotsar. Baserat på erfarenhet och forskning utvecklades en översikt och ramar för ett utbildningsprogram. Utöver kunskapsöversikt och relevanta föreläsare inom aktuella områden utvecklades även ett kurskompendium. Konkreta energieffektiviseringsinitiativ och erfarenheter från genomförande sammanställdes i en databas vilken kombinerades med insamlade data om fartyg för att möjliggöra simulering och presentation av vilka resultat olika åtgärder skulle kunna ge i respektive fartyg.

Genom att kombinera fartygsdata och energieffektiviseringsåtgärder i en pedagogisk MySQL-databas utvecklades ett verktyg som kan fungera både som en välstrukturerad sammanställning av fartygsinformation och energieffektiviseringsåtgärder, och som ett pedagogiskt verktyg och beslutsunderlag.

Fartygsinformationen och energieffektiviseringsåtgärder är sammankopplade i en simuleringsmöjlighet där användaren ges möjlighet att testa vilken effekt implementering av olika åtgärder skulle göra på ett enskilt fartyg. Databasen används som ett pedagogiskt verktyg vid för ombordpersonal vid utbildning och workshops och har tillgängliggjorts för forskning och utbildning vid Chalmers tekniska högskola och Linnéuniversitetet.

Data från totalt 465 fartyg strukturerades i databasen. På fartygsspecifik nivå sammanställdes, i de fall data fanns tillgänglig, information rörande fartygsspecifik information och grunddata, Speed power, Energy distribution, Electric Power Table samt Energy Saving measures.

Respektive fartygs CO<sub>2</sub>-utsläpp/distanston efter dödvikt visas (EEDI). För de fartygstyper där nuvarande EEDI-referenskurva finns visas en jämförelse (även för äldre fartyg) som en referenspunkt.



*Energy Manager, energidistribution och distribution av elektricitet, fartygsexempel*

Under respektive fartygs specifika sida visas sambandet mellan huvudmotorns last, total energikonsumtion samt fartygets hastighet i vattnet. Verktøget tillåter användaren att se effekter av att manipulera axelgenerators last, propellereffektiviteten samt sea margin illustreras hur hastigheten påverkas.

I den vänstra grafen visas hur energi går förlorad i olika steg, från bränslets kemiska energi till vänster för att slutligen resultera i en framdrivningskraft. I grafen till höger visas hur framdrivningskraften relaterar till hastigheten. I exemplet visas tydligt att friktionskraften är det dominerande motståndet vid låg hastighet. Med ökad hastighet ökar sedan vågmotståndet exponentiellt till det helt dominerade motståndet. För att jämföra olika tillstånd går det att överlagra ytterligare en kurva på den ursprungliga.

Under fliken Energy Distribution visas en annan typ av illustration över hur fartygets kemiska energi fördelas i förluster och nettoenergi, baserat på data för motorernas effektivitet och generella kunskaper. Den vänstra kolumnen visar direkta förluster i motorn, såsom värmeförluster till avgaserna, värme i kylarvatten (HT och LT) samt strålning. Den mittersta kolumnen visar förluster (omräknat till effekt-ekvivalent) i form av friktion, propellerförluster samt förluster i axlar, generatorer mm. Den högra kolumnen visar nyttoeffekten, dvs. den resulterande effekten för att flytta fartyget framåt samt den elektricitet som produceras från axelgenerator och hjälpmaskiner.

Verktyget tillåter användaren att manipulera huvudmotorn, hjälpmotorn och axelgeneratorns last (om det finns i fartyget) och se hur det påverkar energidistributionen.

Under fliken Electric Power Table visas distributionen elektricitet, enligt samma gruppering som EPT-EEDI (MEPC 63/23). Verktyget tillåter användaren att manipulera last och sjötid för att se hur beräkningen av bränslekonsumtion och ekonomisk effekt av olika besparingsåtgärder förändras.

Energieffektiviserande åtgärder som identifierats vid genomgång av forskning och sammanställning av erfarenheter från experter, demonstrationer och implementeringar är sammanställda och strukturerade i databasen. Åtgärderna är grupperade efter kategori och vilken påverkan de har. Med påverkan syftas om de är en ren besparing på förbrukad el eller exempelvis en höjning av verkningsgraden för propellern. Beroende på vilken påverkan det har påverkar det beräkningen för fartyget olika. Åtgärder inklusive energibesparingspotential listas samt en ungefärlig installationskostnad om sådan gått att uppskatta.

De olika åtgärderna grupperas beroende på vilken kategori de tillhör. Beroende på vad det är för åtgärd justeras parametrarna på olika sätt. En rent elektrisk besparing läggs in som effekt, förbättring av motorns verkningsgrad läggs istället in som procentuell förbättring vilket via motorns verkningsgrad och inställd belastning räknas om till en ekvivalent effektbesparing. Det är även möjligt att se en omräkning till besparad bunkerkonsumtion och respektive åtgärds kostnad/kWh.

Genom att i verktyget exempelvis simulera att fartyget implementerad en teknisk lösning visas på fartygsnivå hur den lösningen förändrar bland annat bränslekonsumtion. För respektive åtgärd kan justeringar göras vid simulerad tillägg och i grunddatan kan användaren markera om en åtgärd redan är implementerad.

Att dokumentera driftsdata från olika rederier, med olika system, parametrar och leverantörer, och hantera den på ett effektivt sätt visade sig vara än mer utmanande än förutsett. I projektet adresserades detta bland annat genom att ett större arbete med att ta fram räkneexempel och case baserad på verkliga underlag i anonymiserad form för utbildningssyftet genomfördes.

Under tiden för innovationsklustret övergavs modellen för en enklare excel-databas, där åtgärder enkelt kunde föras in allt eftersom de presenterades under nätverksmöten och under workshops med befäl (se DM5).

- 2. Metod för energikartläggning.** Vid innovationsklustrets etablerande saknas allmänt vedertagna och spridda standarder för energikartläggningar av hela rederiers verksamhet. Metoden beskriven ovan fokuserade på ett enskilt fartyg, vilket utgör en delmängd av de åtgärder som ett rederi kan tillämpa. Den större potentialen ligger ofta på en mer strategisk nivå (von Knorring, *i manuskript*). Samtidigt aktualiserades



energieffektiviseringsdirektivets krav på energikartläggningar i stora organisationer. Nätverket beslutade att söka medel för att ta fram en metod som kunde användas av både stora och små och medelstora företag.

En energikartläggning är en standardiserad metod för att på ett strukturerat sätt analysera och tillföra en organisation en djupare kunskap om dess energianvändning, både tekniskt (viktigaste energianvändare, förslag på åtgärder, etc.) och organisatoriskt (vem i företaget som påverkar, behov av utbildning etc.). Energikartläggningsprocesser är nu standardiserade genom ISO 50 002. Inom innovationsklustret lyftes tidigt energikartläggning som ett möjligt medel för att systematisera och möjliggöra vidare strategiskt arbete med energieffektiviserande åtgärder.

Enskilda rederier har utfört kartläggningar av sina fartyg med olika metoder och urval av parametrar men en sammanhållen modell för rederinäringen saknades. Till skillnad från exempelvis fordon och flygplan som ofta utvecklas och tillverkas av globala leverantörer i långa serier byggs fartyg i små serier av en globalt fragmenterad varvsindustri som primärt är produktionsorienterad. Därmed blir varje fartyg/fartygstyp unik i sin uppbyggnad och systematiskt energieffektiviseringsarbete underlättas av energikartläggning av respektive fartyg.

När behovet av en standardiserad modell för energikartläggning identifierats inleddes dialog med Sjöfartsverket om möjlighet att samarbeta i projektet. Med delar av projektet finansierat via industri och delar finansierat via sjöfartens offentliga FoI-medel utvecklades, i nära samverkan med DNV-GL, en modell och metodik för energikartläggningar, vilken tar hänsyn till de specifika förhållanden som gäller för fartyg och rederier. I utvecklingen av modellen fungerade Sweship Energys nätverk som referensgrupp och kravställare.

Projektet inleddes med att kravspecifikation fastställdes, med fokus på en användbar modell av hög kvalitet och förhållan till relevanta standarder och ramverk. Utifrån erfarenheter från rederierna inom referensgruppen och erfarenheter från medverkande företag påbörjades arbetet med att ta fram en standardiserad metod. Den baseras på en kvalitetssäkrad process med enhetlig kategorisering, automatisk summering och sammanfattning på olika detaljnivå och där ett stort antal möjliga åtgärder utifrån bland annat fartygstyp lyfts fram som möjligheter. Två rederier deltog som pilotrederier och genomförde omfattande utvärdering och implementering av modellen för att säkerställa användbarhet. Löpande inarbetades erfarenheter från rederier inom innovationsklustret och flera versioner och delar presenterades vid exempelvis nätverksmöten och seminarier. Erfarenheter från rederierna och genomförda pilotkartläggningar i projektet implementerades i den färdigställda modellen.

Under projektets gång identifierades ett behov av att vidareutveckla modellen till en mer lättillgänglig form för att förenkla för enskilda rederier att påbörja en systematisk energikartläggning. Med detta som utgångspunkt

utvecklades en webbmodell i vilken enskilda rederier kan mata in data och automatiserat få fram en förenklad energikartläggning där beräkningar, förklaringar, förslagna åtgärder och förväntad förändring av energibalans i förhållande till respektive åtgärd föreslås. För att färdigställa denna till en komplett energikartläggning krävs ett mindre arbete med att analysera och värdera alternativa lösningar för vidare arbete. Det webbaserade verktyget möjliggör att även rederier med mindre resurser för att genomföra en energikartläggning får tillgång till en kvalitetssäkrad och standardiserad modell för att lägga grunden för ett systematiskt energieffektiviserande arbete.

Två svenska rederier har genomfört energikartläggningar i enlighet med modellen. Dessa rederier har båda två mångårig erfarenhet av energieffektiviserande åtgärder och större tekniska avdelningar med bas i Sverige. De genomförda pilotkartläggningarna visar på att oväntat stora möjligheter till ytterligare energieffektivisering finns.

Att arbetet med projektet genomförts inom Sweship Energy har inneburit att erfarenheter och lärdomar inhämtats från flera rederier, vilket även skapat ett bredare intresse för de möjligheter en energikartläggning kan visa på. Flera rederier som inte omfattas av lagkravet på energikartläggning uttryckte tidigt intresse för modellen. Då genomförda pilotkartläggningar visar på omfattande möjliga besparingar, visar genomförandet av detta projekt på en potential för alla rederier att genom energikartläggning identifiera möjliga initiativ för minskad bränsleförbrukning och miljöpåverkan. Dialog fördes med Energimyndigheten om möjligheten för rederier att ta del av ekonomiskt stöd för att genomföra energikartläggningar i små- och medelstora företag. Stödet från Energimyndigheten beror bland annat på energiförbrukning och då rederinäringen generellt är energiintensiv har troligtvis alla rederier som är medlemmar i Svensk Sjöfart energiförbrukning enligt den högsta nivån. I samverkan med Sweship Energys kansli sökte och fick ett mindre rederi stöd för energikartläggning.

- 3. Vetenskaplig uppföljning av det egna arbetet.** Sweship Energy hade sedan tidigare ett väl uppbyggt samarbete med en industridoktorand med vetenskaplig tillhörighet vid institutionen för Sjöfart och Marin teknik vid Chalmers Tekniska Högskola. En vetenskaplig lucka identifierades innan innovationskluster-finansieringen, i samband med etableringen av de första projekten, rörande hur breda industrisamarbeten kan bidra till hållbar utveckling. I dialog med de inledande projektens finansiärer påbörjades ett arbete för att se på möjligheten att genom justeringar i planeringen söka fylla den vetenskapliga luckan. Ett gott samarbete mellan Svensk Sjöfart och Chalmers tekniska högskola skapade en unik möjlighet att i realtid studera hur den svenska sjöfartsnäringens samarbete kring energieffektivisering och hur samarbete kan leda till branschomställning och samhällsförändring.

En industridoktorand anställdes, medfinansierat från Sjöfartsverket, Energimyndigheten, Chalmers Tekniska högskola och Svensk Sjöfart.

Industridoktoranden blev på så sätt involverad i plattformens utveckling och aktiviteter, samtidigt som hon studerade satsningen inifrån. Hennes forskning fokuserar på organiseringen av industrisamarbeten för hållbar utveckling; sjöfartens gemensamma arbete för omställning mot en mer energieffektiv sjöfart. Sweship Energy är den centrala fallstudien i hennes forskning. Hon studerar de processer som sker inom och kring samarbetsinitiativet och dess aktiviteter. Doktorandprojektet är tvärvetenskapligt och baseras på en kvalitativ, etnografisk metod. En licentiatavhandling med två vetenskapliga artiklar är planerad att presenteras i september 2018.

Doktoranden har närvarat vid samtliga av Sweship Energys nätverksmöten, befälsworkshops och seminarier. Där har hon kunnat observera mötena och genomföra formella och informella intervjuer med deltagare. Hon genomförde även en serie intervjuer med medverkande rederier på plats vid deras kontor under 2016, och ännu en i slutet av 2017. Syftet med dessa var att förstå både deras eget arbete med energieffektivisering och på hur de upplevde samarbetet som sådant, för att kunna göra en bedömning av vilka effekter en innovationsklustersatsning kan ge (DM2-3). Resultaten av denna utvärdering kommer att publiceras i vetenskapliga tidskrifter under 2018.

#### **DM4: Anordna minst 8 stycken seminarier och/eller workshops för sjöfartens och sjöfartsindustrins aktörer.**

Sweship Energy har under 2016 och 2017 anordnat följande seminarier, möten och workshops.

Nr	Typ	Datum	Agenda
1	Kick-off Sweship Energy	160223	Förväntningar på samarbete och utformning av nätverket.
2	Innovationsklustermöte #1	160418	Diskussioner av prioriterade samarbetsområden. Uppstart Energikartläggningsprojekt.
3	Workshop för befäl	160602-03	Se DM5
4	Innovationsklustermöte #2	160609	Diskussion om samarbetsområde mätning och analys.
5	Workshop för befäl	160922-23	Se DM5
6	Innovationsklustermöte #3	161007	Diskussion projektansökan ”Digitalisering för energieffektiv fartygsdrift”. Diskussion av projekt ”Utveckling av standardiserad modell för energikartläggning” och ev. samarbetsområde ”Systemoperation maskin”.
7	Workshop för befäl	161201-02	Se DM5

8	Innovationsklustermöte #4	161206	Presentation av modell för energikartläggning. Diskussion av samarbetsområde Optimering av maskinsystem. Presentation av energiledningssystem implementerat på rederi.
9	Innovationsklustermöte #5	170302	Energikartläggningsmodell slutförs och testas på två rederier; erfarenheter delges av deltagare. Diskussion om finansiering för SMF. Diskussion om forskningssamarbete om kylmedier. Standarder för energiledningssystem, provturer samt skrov- och propellerperformance presenteras.
10	Workshop med underleverantörer	170309	Underleverantörer presenterar lösningar för ökad energieffektivisering. Bland annat diskuterades lösningar för att minska skrovpåväxt och att bevaka behovet av skrovsrengöring; möjligheter att tillvarata överskottsenergi för elproduktion; lösningar för mätning och automatiserad datainsamling och analys; variabel växellåda som medger konstant varvtal för axelgenerator; system för att prediktera och dämpa fartygets rullning; lösningar för optimerad ruttplanering med mera,
11	Seminarium	170511	EUs Monitoring, Reporting and Verification (MRV) system för sjöfart.
12	Innovationsklustermöte #6	171026	Slutpresentation Energikartläggningsprojekt. Presentation och diskussion av resultat om energieffektiv fartygsdrift från Hullpic 2017; om process för hantering av driftsdata på ett rederi; och om av forskning om motivation hos fartygsbefäl för arbete med energieffektivitet.

**DM5: Utveckla underlag som kan användas i utbildningar om tjänsteinnovation (t ex nya affärsmodeller), beteende, energieffektivisering i sjöfarten med konkreta exempel från projektets samarbetspartner.**

Det workshopkoncept som under Sweship Energys första fas utvecklades, med stöd av Sjöfartsverket och Energimyndigheten visade på goda resultat. Under 2016 genomfördes en fördjupad utvärdering av industridoktoranden, som också kommer att publiceras vetenskapligt. Doktoranden har närvarit vid samtliga workshops för att göra observationer och intervjuer. Hon har även utfört uppföljande intervjuer med deltagare några månader efteråt, efter tillgänglighet. Utvärderingen visade bland annat på vikten av denna typ av kompetenshöjande och kunskapsuppbyggande insatser. En central funktion som workshoparna fyllde var att medvetandegöra ämnet energieffektivitet samt att motivera och inspirera deltagarna att arbeta med frågan.

Sweship Energy beslutade att under plattformens andra fas genomföra flera workshops årligen, till självkostnadspris. Dessa baserades på den inom tidigare projekt utvecklade kursplanen, kursmaterial, pedagogik och dokumenterade kunskapsläge. Vid varje tillfälle deltog personer från olika organisationer och professioner. Deltagarna hade sin dagliga hemvist både på brygga och i maskin på fartygen och i landorganisationer på rederierna, samt att ett flertal lotsar deltog i workshops. Erfarenheter av åtgärder och förslag på nya initiativ för energieffektivisering som lyfts av medverkande dokumenteras och vidareutvecklas, och lyfts vidare inom Sweship Energy och till rederiorganisationerna inom Sweship Energys nätverk.

Vid workshops deltar regelbundet presentatörer från olika högskolor och universitet, institut och myndigheter. Genom workshops adresserats delar av de möjligheter och behov som lyfts inom rederinäringen för spridning och motivering av energieffektiviserande arbete.

Dialog förs löpande med branschen om utvecklingen av dessa workshops för att optimera för föränderliga behov och de nya erfarenheter och kunskaper som nås. När fler individer genomgått workshopen kan de fungera som förändringsagenter som sprider frågorna vidare inom respektive organisation. I skapandet av en workshop krävs då avvägning mellan att bygga vidare på de erfarenheter och den motivation som enskilda deltagare har, utan att riskera att någon annan deltagare lämnas efter. Det är även viktigt att vidare bevaka och utveckla dessa för att säkerställa att den även fortsatt är forskningsbaserad, relevant och ger resultat, samtidigt som den inte är för tidskrävande. Möjliga utvecklingar kan exempelvis vara att erfarenheterna och kursplanen erbjuds akademier eller andra utbildningsanordnare för att verkställa och realisera det behov som industrin identifierat, eller att ett projekt med fokus på att uppdatera konceptet genomförs inom några års tid.

**DM6: Ta fram minst tre förslag till FoU-projekt för vidare utarbetning med tydlig energirelevans, varav minst 1 projekt för att studera effekter av utveckling av ett testbäddsystem där innovationsföretag och akademi kan samverka med sjöfartsbranschens aktörer för att pröva och utvärdera framtida innovationer för sjöfartens energieffektivisering.**

Sweship Energy har inom innovationsklusterverksamheten arbetat med två FoU-projekt under 2016 och 2017, varav det ena var energikartläggningsprojektet beskrivet ovan under DM2.

Det andra projektet rörde digitaliseringens betydelse för ökad energieffektivitet på rederier. Potentialen för ökad energieffektivisering i sjöfarten är stor, men spridningen av åtgärder anses hindras av brist på information om energianvändning ombord på fartyg. Forskning har t ex visat att ägare av mer energieffektiva fartyg har svårt att få sina investeringar i dessa återbetalda på fraktmarknader eftersom fraktägare inte kan urskilja dessa fartyg från andra (Agnolucci, Smith et al. 2014, Adland, Alger et al. 2017). Vidare har forskning visat att bristfälliga data om fartygs prestanda kan hindra ett rederi från att fatta rätt beslut om investeringar i energieffektiv teknik (Jafarzadeh and Utne 2014) vilket är viktigt då fartyg kan ha

en teknisk livslängd på flera decennier. En grundorsak till denna brist på information är ett stort antal osäkerhetsfaktorer som påverkar mätning och analysen av ett fartygs energianvändning (Aldous, Smith et al. 2015, Taudal Poulsen and Johnson 2016).

Digitalisering av sjöfart, i bemärkelsen digital inhämtning och analys av högfrekvent data från fartyg genom så kallade Energy Performance Management System (EPMS), har därför stor potential att bidra till energieffektiva transporter genom att förbättra tillgången på information om energianvändning på olika marknader och i organisationer. Även om mätning och analys av fartygsdata anses vara den viktigaste aspekten av arbete med energieffektivisering på ett rederi rederierna, har bara en tiondel globalt sätt implementerat automatiska system. Kvalitén på sensorer, mätdata och analys anses vara bristande. Existerande och kommande regelverk både från EU och IMO ställer krav på mätning av energianvändning ombord, men kraven är väldigt låg ställda och förväntas inte bidra till någon utveckling på området utöver regeluppfyllnad (Taudal Poulsen and Johnson 2016).

Tidigare forskning inom mätning och analys av data från fartyg har oftast skett inom en enskild vetenskaplig disciplin, och saknat ett holistiskt perspektiv på alla användare, från ombord personal till beslutsfattare iland. Detta föreslagna projekt har ett unikt angreppssätt där rederier ger unik tillgång till studier av deras respektive system. Tvärvetenskapliga fallstudier genomförs på tre svenska rederier som i större skala implementerat system för mätning, analys och beslutsfattande om energifrågor. Inom innovationsklustret var syftet att skapa en plattform för fortsatt forskning på området, och att ta tillvara på de erfarenheter som skapats för spridning till övriga klustret. Den övergripande forskningsfrågan är: hur påverkas rederiers förmåga att arbeta med energieffektivitet av deras mätsystem?

Dessvärre fick detta projekt avslag på två efterföljande utlysningar inom Energimyndighetens program ”Energieffektivisering i transportsektorn”.

**DM7: Att medverkande rederiföretag ska implementera forskningsresultat och innovationer om bl a nya tjänster och ny teknik som leder till en energieffektivisering med minst 30% på ett nybyggt fartyg jämfört med dagens traditionella fartyg. Uppföljning av detta mål görs genom de kartläggningar som sker i projektet.**

Potentialen för förbättrad energieffektivitet i sjöfarten har bedömts i en rad rapporter till EU och IMO, och i vetenskapliga artiklar. Det har visat sig att potentialen är stor med befintlig teknik. Svenska rederier har dock under senare år beställt ett stort antal nya fartyg med hög energieffektivitet jämfört med tidigare generationer, och kan på så sätt antas ha plockat de lägst hängande frukterna. Några exempel ur innovationsklustret: Stena beställde IMOIMAX-serien, som beskrivs ha 10-20% högre energieffektivitet<sup>2</sup>; Tärntank beställde AVIC-serien, med 40% högre CO<sub>2</sub>-effektivitet (man bytte också till LNG-drift)<sup>3</sup>; Furetank beställde LNG

---

<sup>2</sup> STENA AB Sustainability Report 2015. Available at:

<[http://reports.stena.com/ar2015/en/StenaAB\\_Sustainability\\_Report\\_2015.pdf](http://reports.stena.com/ar2015/en/StenaAB_Sustainability_Report_2015.pdf)>

<sup>3</sup> The future of tanker shipping. Available at: <<http://www.terntank.com/about-us/nybygget/>>

tankers med en 50% högre CO<sub>2</sub>-effektivitet, enligt en analys utförd av IVL (Fridell, Yaramenka et al. 2017).

Den tekniska och ekonomiska livslängden för ett fartyg kan vara mycket lång, 20-25 år. Den mest kostnadseffektiva potentialen ur ett rederiperspektiv ligger därför inte i att ersätta existerande fartyg med nya mer energieffektiva, utan i en mer energieffektiv drift av hela flottan. Däri ingår operationella såväl som tekniska åtgärder. Sweship Energy har därför valt att prioritera den typen av åtgärder, och med att bygga upp systematiska metoder för att kartlägga energianvändning och potentialen för energieffektivisering på rederier. Endast ett fåtal rederier har dock hunnit genomföra dessa än så länge. Eftersom dessa rederier redan arbetat med energieffektivisering i många år, ett med ett årligt effektiviseringsmål på 2,5%, är inte potentialen i paritet med DM7. Men mer statistik kommer att kunna tillgängliggöras allt eftersom fler rederier genomför sådana, framförallt från dem som inte arbetat lika länge med frågorna.

### **Övrigt 1. Omvärldsbevakning och nära samverkan med akademi**

För att skapa möjlighet för snabbare spridning och möjlig implementering av ny kunskap krävs en nära samverkan mellan industri och akademi. Rederinäringen har likt tidigare beskrivit tagit flera initiativ för att stärka den maritima forskningsmiljön, bland annat genom kraftig medfinansiering och identifiering av utmaningar och behov.

Spridning och offentliggörande av forskningsresultat sker i stor utsträckning med fokus mot en akademisk publik, exempelvis genom vetenskapliga tidskrifter och konferenser. Att ta del av dessa konferenser eller artiklar är inte sällan resurskrävande. Svårigheten att sprida forskningsresultat är en barriär för implementering av resultat. Spridning och nyttiggörande av forskningsresultat är viktigt, inte bara för enskilda aktörer som har ambition om att ligga i framkant av utvecklingen. Att resultaten sprids, nyttiggörs och leder till implementerad utveckling ökar forskningens samhällsnytta. Mot denna bakgrund etablerades en industridoktorand (se DM3) tillsammans med Chalmers tekniska högskola. Vidare har Sweship Energy engagerat forskningsrådgivare Hannes von Knorring, verksam som forskare vid Gothenburg Research Institute, Göteborgs Universitet.

För att möjliggöra ökad spridning av ny kunskap genomförs en genomgång av föregående års forskning inom energieffektivisering av sjöfart, vilken sammanställs i en mer lättillgänglig form med syfte att sprida kunskap i näringen om vilken forskning som pågår och minska trösklarna för implementering, parallellt med identifiering av de behov och möjligheter som finns till vidare forskning och utveckling. Den första sammanställningen av nya forskningsresultat med relevans för Sweship Energys verksamhetsområden planeras och sammanställs under 2017 och presenteras under 2018 (se även mål för framtiden i avsnittet Diskussion och slutsatser).

Inom Sweship Energy identifierar rederier även behov och möjligheter till vidare forskning. Genom att dessa frågeställningar och behov lyfts vidare i samverkan med akademien stärks industrins möjligheter att möta utmaningarna samtidigt som

forskarens möjligheter att bidra till praxis stärks. Vidare finns i samarbetet med akademien en gemensam ambition om att identifiera och söka svar på sjöfartens utmaningar. Inbjudna spetskompetenser har vid seminarier och nätverksmöten inte bara presenterat resultat från genomförda projekt utan även presentera projektidéer och frågeställningar. Samarbeten har etablerats inte bara med akademiska aktörer i Sverige utan även med aktörer i Europa och Asien. Genom stärkt samverkan mellan rederier och akademi enligt en systematisk metod kan forskningsfrågor samproduceras och mogna ansökningar faciliteras.

## Övrigt 2. Stöd att söka stöd med fokus på energieffektivisering

Det finns ett stort behov och intresse från staten att stödja forskning och utveckling, vilket ökar möjligheten att få fram fler tillväxtprojekt och innovativa företag. Speciellt lyfts insatser riktade mot små- och medelstora företag (SMF) som speciellt viktiga eftersom tillväxtpotentialen anses vara stor hos dessa företag.<sup>4</sup> Trafikverket har ansvaret för att satsa på forskning inom transportsektorn. Det nationella stödet för forskning, innovation och demonstration har även fungerat som stöd för att söka EU-finansiering. Svenska redare har i dessa sammanhang varit framgångsrika och beviljats medel, mycket tack vare det nationella stödet för att söka pengar.<sup>5</sup>

Att identifiera de nationella och internationella möjligheter som finns till medfinansiering är ett omfattande arbete. Att formera och ansöka om medfinansiering kräver inte bara en projektidé av hög kvalitet, utan själva arbetet med att utveckla projektidé, formera konsortie, identifiera partners och formulera ansökan är kompetenser i sig.

Statlig medfinansiering kräver ofta motsvarande finansiering från industrin. Motfinansiering kan bland annat ske genom kvalificerad tid in-kind och resurser i form av nyttjande av utrustning. Detta ställer krav på att de projekt som initieras är baserade i industrins behov och adresserar de verkliga utmaningar som industrin möter. Svensk rederinäring består främst av små och medelstora företag som själva inte har nödvändiga resurser att driva offentligt finansierade projekt på ett systematiskt sätt. Inom Sweship Energy bedrivs därför arbete för att i samverkan identifiera och sprida möjligheter till medfinansiering av forskning, innovation och investeringar för ökad energieffektivitet, både med möjligheter att leda och koordinera projekt och med möjlighet att delta med underlag eller i referensgrupp. Bland annat arrangeras regelbundet seminarier med fokus på rederinäringen rörande aktuella utlysningar, finansieringsmöjligheter och ansökningsförfarande. Vid dessa seminarier har bland annat representanter från myndigheter såsom Energimyndigheten och Vinnova deltagit. Flera enskilda projekt har formulerats

---

<sup>4</sup> Statliga stöd till innovation och företagande. Available at: [http://www.riksrevisionen.se/PageFiles/25011/RiR\\_2016\\_22\\_INNOVATION\\_ANPASSAD.pdf](http://www.riksrevisionen.se/PageFiles/25011/RiR_2016_22_INNOVATION_ANPASSAD.pdf)

<sup>5</sup> Sjöfartsnäringen och dess konkurrenskraft. Available at: <https://data.riksdagen.se/fil/CED8D2FB-CE10-4125-B6D5-4EBA70558261>



och presenterats för offentliga forskningsfinansiärer, såväl som gemensamt utvecklade och formulerade.

## Diskussion och slutsatser

I detta avsnitt kommer framförallt tre aspekter av projektet att diskuteras: 1) implikationer för staters roll i sjöfartens energieffektivisering och klimatomställning; 2) behovet av systematik i arbete med energieffektivisering som går att anpassa till stora såväl som mindre rederier; och 3) svårigheter gällande att finansiera forskningsprojekt ur problemområden genererade inom Sweship Energys nätverk.

1. Sjöfarten, särskilt den internationella, står inför en enorm utmaning med att möta förväntade krav på minskade koldioxidutsläpp. Dessa utsläpp diskuteras och hanteras framförallt av länder i IMO, utanför de vanliga UNFCCC-processerna. En anledning till denna hantering var att man under förhandling av Kyoto-protokollet inte kunde komma överens om hur man skulle allokera utsläpp från internationell sjöfart till länder på ett rättvist sätt. I Sverige rapporteras t ex om utsläpp relaterade till såld bunkerolja till internationell sjöfart, vilket ger lägre utsläpp än om man t ex skulle allokera utsläpp efter den mängd last som hanteras i våra hamnar (Gilbert and Bows 2012, Johnson 2013).

Det diskuteras ofta vilken rådighet ett enskilt land kan ha vad gäller att påverka den internationella sjöfartens utsläpp av växthusgaser, särskilt då diplomatiska diskussioner framförallt sker på internationell nivå (IMO), men även regional (särskilt EU). Gilbert and Bows (2012) samlade in åsikter från aktörer inom brittisk sjöfart om vilken rådighet landet skulle kunna ha inom olika områden som berör sjöfartens utsläpp av växthusgaser, nedan återgiven i svensk översättning hämtad från (Jivén, Renhammar et al. 2017).

Aspekter av sjöfartsbranschens system	Potential för nationell policy att påverka denna aspekt		
	Stark	Medel	Svag
Bränsle i huvudmaskin	.	X	.
Bränsle i hjälpmaskin (t.ex. landel)	X	.	.
Mängd bränsle sålt	.	.	X
Nya fartygstyper som anv alternativa bränslen			X
Bränsleeffektivitet i huvudmaskin			X
Bränsleeffektivitet i hjälpmaskin			X
Design av fartyg			X
Retrofit av fartyg	.	X	.

Effektiv körning av fartyg (routing)	.	X	.
Effektiv operation på nationella vatten (t.ex. hastighetsbegränsningar)	X	.	.
Effektiv operation i hamn	X	.	.
Effektiv användning av rutt eller fartyg (hög fyllnadsgrad)	.	X	.

Tabell 2.

Det här projektet har visat att det är viktigt att gå bortom regelverk när nationers rådighet diskuteras. Även om Sveriges möjlighet att på egen hand lagstifta fram aspekter som högre bränsleeffektivitet i huvud- och hjälpmaskin, och design av nya fartyg, är det möjligt att stödja branschen att självt att fatta mer energieffektiva beslut på dessa områden. I en annan plattform stödd av statliga medel, Zero Vision Tool, visades att det även är möjligt att påverka så att nya fartygstyper som använder alternativa bränslen beställs. Liknande resonemang har förts av forskare för att motivera att det vore mest rättvist att allokera utsläpp till länder utifrån flottan som opereras från landet (Heitmann och Khalilian, 2011): dessa företag kan i sin tur ställa krav på fartygsägare och andra aktörer (i Sweship Energys nätverk ägs och opereras fartyg i hög grad av samma företag).

Försök att få finansiering till ett dylikt nätverk, inspirerat av beställarnätverk som BELOK, har pågått inom sjöfartsbranschen i flera år, vilket beskrevs i introduktionen. I beslutsdokumentet till detta projekt, beskrivs perioden för vilken finansieringen täcker som en ”uppstartsfas”. Det är av stor vikt att projektet får fortsätta.

2. Projektet har också visat på behovet av att bygga upp systematiska sätt att arbeta med energianvändning på rederier som passar stora såväl som mindre rederier. Sweship Energys nätverk för rederier finns både större rederier som äger och opererar ett hundra-tal fartyg, till mindre rederier som äger och opererar ett par-tre fartyg. Man har med framgång lyckats tillämpa standarder som inte tillkommit för rederier, såsom ISO 50002 för energikartläggningar. Ett rederi har också byggt upp ett energiledningssystem enligt ISO 50001, i ett aktionsforskningsprojekt finansierat av Energimyndigheten (P31887-2,3). Strategin hos Sweship Energy har varit att skapa projekt som till en början centrerat på de rederier som kommit längre i sitt arbete, för att sedan använda de kunskaper som skapats till förmån för de som inte kommit lika långt. I Energikartläggningsprojektet föll strategin ut väl, där en modell prövades med framgång på två rederier, som båda var stora företag och omfattades av lagkrav. Sweship Energys kansli hjälpte sedan ett mindre rederi med att söka stöd att genomföra energikartläggning i sin verksamhet. Strategin för digitaliseringsprojektet var densamma, som dock i skrivande stund ännu inte fått finansiering.

3. Ett av FoU-projekten genererade inom klustret fick finansiering hos Sjöfartsverket. Det utfördes i huvudsak av en konsult från DNV-GL. Det andra projektet om digitalisering var större, inkluderade forskare från SSPA och Göteborgs Universitet, och även viss finansiering av Sweship Energys verksamhet.

Ansökan gjordes två gånger till Energimyndigheten: det ena avslaget med motiveringen att energieffektiviseringspotentialen inte bedömdes vara tillräckligt stor; det andra avslaget skedde efter 8 månader med motiveringen att projektet var för dyrt (det innehöll också finansiering för Sweship Energys kansliverksamhet), och att ansökan bättre kunde ha beskrivit hur relevanta resultat görs publika i sin helhet utanför involverade rederier.

Ansökan skickades också till Sjöfartsverket, som främst avlog projektet då det innehöll finansiering för själva samarbetsplattformen. Ingen anmärkning har skett på projektets vetenskapliga höjd.

Det föreligger på så sätt en situation att ett innovationskluster som Sweship Energy kan generera problemområden för forskning av stor relevans för både näringen och samhället. Problem hämtas ur en operativ verklighet och översätts sedan tillsammans med universitet och forskningsinstitut till forskningsfrågor. En asymmetri vad gäller kunskapsspridning finns också i och med innovationsklustret – själva tanken är att medlemskap ska förenkla kunskapsutbyte. Resultat kan spridas särskilt effektivt till innovationsklustrets medlemmar, och på sedvanligt vis till omgivande samhälle via presentationer och publikationer.

Slutligen har det varit ett problem att ledtiderna för att starta ett forskningsprojekt, från idé och diskussion till beslut, ur industrins perspektiv blivit mycket långa. Industrin har också upplevt det som problematiskt att de som ledande på energieffektivitet kan föreslå projekt som kan bli nekade på grund av låg potential eller relevans.

Sammantaget finns stora möjligheter med att generera relevanta forskningsprojekt och sprida dess resultat i ett innovationskluster. Det är viktigt att själva innovationsklustersatsningarna är långsiktiga då det visat sig vara svårt att få den typen av verksamhet finansierad genom enskilda FOU-projekt.

### **Slutsatser och förslag på framtida inriktning**

Sammanfattningsvis finns ett stort behov av att påskynda sjöfartens omställning mot kraftigt minskade utsläpp av växthusgaser. Ökad energieffektivisering är en nödvändig del av denna process, liksom ett delat vetande mellan rederier, leverantörer, forskare och andra aktörer. Mot bakgrund av erhållna erfarenheter föreslås följande inriktning för den framtida verksamheten.

- Nätverket av medlemsrederier drivs vidare med administrativt stöd av Föreningen Svensk Sjöfart. Sweship Energys verksamhet går hand-i-hand med Föreningens arbete med klimatfärdplan och –strategi.
- Nätverket breddas: fler rederier motiveras att delta genom spridning av positiva erfarenheter
- Nätverket stöds av en projektledare, en forskningskoordinator och en rådgivare
- Fokus på att utveckla och sprida metoder för energieffektiv fartygsdrift genom ökad systematisering (från energikartläggning till

energiledningssystem) med utgångspunkt i de positiva erfarenheter som redan erhållits.

- Workshops för ombordpersonal arrangeras om behov finnes hos medlemsrederier
- Nätverket fortsätter att dela vetande om teknologier och andra åtgärder.
- Metoder och erfarenheter tillgängliggörs och sprids även utanför nätverket
- All verksamhet som riktas till sjöfartsnäringens alla aktörer som seminarier och workshops arrangeras i samarbete med kompetenscentret Lighthouse inom dess fokusområde Energieffektivisering inom den maritima sektorn
- Problem lämpliga för FoU projekt som utarbetas överlämnas till akademi eller institut i samarbete med Lighthouse. Ett forskningsprojekt om digitaliseringen och energieffektivitet är under beredning.
- Omvärldsanalys med fokus på forskning inom området genomförs årligen under ledning av forskningskoordinator och publiceras och sprids som teknisk rapport. En workshop anordnas under 2018 där identifierade forskargrupper som bedriver arbete med hög relevans för rederiers verksamhet inbjöds för att presentera och diskutera.

## Publikationslista

Vetenskapliga artiklar kommer att publiceras under 2018, se Resultat, DM2-3.

Metoden för energikartläggning, se Resultat, DM2-3, kommer att tillgängliggöras under 2018.

## Referenser, källor

Adland, R., H. Alger, J. Banyte and H. Jia (2017). "Does fuel efficiency pay? Empirical evidence from the drybulk timecharter market revisited." Transportation Research Part A: Policy and Practice **95**: 1-12.

Agnolucci, P., T. Smith and N. Rehmatulla (2014). "Energy efficiency and time charter rates: Energy efficiency savings recovered by ship owners in the Panamax market." Transportation Research Part A: Policy and Practice **66**: 173-184.

Akerlof, G. A. (1970). "The market for "lemons": Quality uncertainty and the market mechanism." The Quarterly Journal of Economics **84**(3): 488-500.

Aldous, L., T. Smith, R. Bucknall and P. Thompson (2015). "Uncertainty analysis in ship performance monitoring." Ocean Engineering **110**: 29-38.

Baldi, F. (2016). Modelling, Analysis and Optimisation of Ship Energy Systems, Chalmers University of Technology.

Bazari, Z. and T. Longva (2011). Assessment of IMO mandated energy efficiency measures for international shipping. London, UK., International Maritime Organization.

Bouman, E. A., E. Lindstad, A. I. Riialand and A. H. Strømman (2017). "State-of-the-art technologies, measures, and potential for reducing GHG emissions from shipping – A review." Transportation Research Part D: Transport and Environment **52**(Part A): 408-421.

- Brunsson, N. and B. Jacobsson (2000). "A world of standards."
- Drinkwater, J. (1967). "Measurement of ship performance." Journal of Scientific Instruments **44**: 702.
- Feurst, F. and R. L. Söderling (2017). Knowledge creation in inter-organisational collaborations. M.Sc., Chalmers University of Technology.
- Fridell, E., K. Yaramenka and S. Åström (2017). Environmental assessment of LNG tankers for Furetank. Gothenburg, IVL.
- Gilbert, P. and A. Bows (2012). "Exploring the scope for complementary sub-global policy to mitigate CO<sub>2</sub> from shipping." Energy Policy **50**: 613-622.
- Jafarzadeh, S. and I. B. Utne (2014). "A framework to bridge the energy efficiency gap in shipping." Energy **69**: 603-612.
- Jensen, M. C. and W. H. Meckling (1976). "Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure." Journal of Financial Economics **3**(4): 305-360.
- Jia, H., R. Adland, V. Prakash and T. Smith (2017). "Energy efficiency with the application of Virtual Arrival policy." Transportation Research Part D: Transport and Environment **54**: 50-60.
- Jivén, A., T. Renhammar, S. Sköld and L. Styhre (2017). Sjöfartens energianvändning - Hinder och möjligheter för omställning till fossilfrihet Energimyndigheten.
- Johnson, H. (2013). Towards understanding energy efficiency in shipping. Licentiate thesis, Chalmers University of Technology.
- Johnson, H. (2016). In search of maritime energy management, Chalmers University of Technology.
- Johnson, H. and L. Styhre (2015). "Increased energy efficiency in short sea shipping through decreased time in port." Transportation Research Part A: Policy and Practice **71**: 167-178.
- Palm, J. and P. Thollander (2010). "An interdisciplinary perspective on industrial energy efficiency." Applied Energy **87**(10): 3255-3261.
- Rehmatulla, N. and T. Smith (2015). "Barriers to energy efficiency in shipping: A triangulated approach to investigate the principal agent problem." Energy Policy **84**: 44-57.
- Ryghaug, M. and K. H. Sørensen (2009). "How energy efficiency fails in the building industry." Energy Policy **37**(3): 984-991.
- Stopford, M. (2009). Maritime economics. London, Routledge.
- Taudal Poulsen, R. and H. Johnson (2016). "The logic of business vs. the logic of energy management practice: understanding the choices and effects of energy consumption monitoring systems in shipping companies." Journal of Cleaner Production **112**(5): 3785-3797.

## Bilagor

- Administrativ bilaga