

Energimyndighetens titel på projektet – svenska Energiledningssystem inom sjöfart	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska Energy management systems in shipping	
Universitet/högskola/företag Chalmers tekniska högskola	Avdelning/institution Sjöfart och marin teknik
Adress 412 96 Göteborg	
Namn på projektledare Karin Andersson	
Namn på ev. övriga projektdeltagare Hannes Johnson	
Nyckelord: 5-7 st Energiledningssystem, sjöfart, rederi, ISO 50001, SEEMP	

Förord

Detta projekt har finansierats av Energimyndigheten som avslutande del av ett femårigt doktorandprojekt (med förlängning pga föräldradigheter). Arbetet har bedrivits vid institutionen för Sjöfart och Marin Teknik vid Chalmers med handledning av Karin Andersson och med Mikael Johansson, DNV/GL och Björn Södahl, Chalmers och Södahl och Partners, som externa handledare.

Referensperson/sakkunnig har även varit Bengt-Olov Petersen, tidigare Laurin Maritime och Svensk Sjöfarts (fd Sveriges Redareförening) forskningskommitté.

Många andra personer inom sjöfartsnäring och akademi har bidragit med kunskap och erfarenheter, ingen nämnd och ingen glömd.

Innehållsförteckning

Förord	1
Sammanfattning	2
Summary	2
Inledning/Bakgrund	3
Genomförande	4
Resultat	4
Diskussion	5
Publikationslista	5
Bilagor	10

Sammanfattning

Fartyg drivs i dag nästan uteslutande med fossila bränslen. Tillgång på fossilfria bränslen för sjöfart är också begränsad och andra transportslag förväntas använda de tillgängliga förnyelsebara bränsletillgångarna under de närmaste åren. Därför är en ökad energieffektivisering av avgörande betydelse för att minska sjöfartens koldioxidutsläpp.

Kunskap om hur rederier kan arbeta mer effektivt med energieffektivisering kommer att vara en avgörande konkurrensfördel för rederier under kommande tider av ökade energikostnader och krav på minskade utsläpp av växthusgaser. Samma kunskap kan nyttjas till att öka industri- och samhällsrelevansen för framtida forskning på området. Projektet syftar till att i en doktorsavhandling utveckla och utvärdera ny kunskap om hur "best-practice" lösningar för energieffektiviseringsarbete inom rederier skapas, erhåller acceptans och implementeras.

Intervjustudier med anställda i svenska och danska rederier pekar på konflikten mellan logiken i att göra uppenbara åtgärder i energieffektivisering och "business practice" där energieffektivisering kommer i andra hand. Det blir här uppenbart att policy makers och andra externa krafter har en viktig roll i förändring mot mer energieffektiv sjöfart. Ett annat faktum som observerats är att vissa fartyg i bulktransport tillbringar så mycket som 40 % av tiden i hamn. Väntetider på grund av nattstängda hamnar i kombination med brist på kommunikation och rädsla att komma för sent till hamn är några faktorer som motverkar energieffektivitet i form av anpassad hastighet. Jämförelse mellan den frivilliga ISO 50001 och den internationellt obligatoriska SEEMP (Ship energy efficiency management plan) visar på att SEEMP saknar många av de element som ett energiledningssystem bör ha, som krav på policy och management review. SEEMP riskerar att inte ge önskat resultat i form av CO₂ minskning eller fungerande energiledningssystem.

Summary

Today, the dominating ship fuel is fossil. The access to fossil fuels for shipping is limited and other parts of the transport sector can be expected to use large part of the existing renewable fuels in the coming years. An increased energy efficiency is thus one key factor to decrease the carbon dioxide emissions from shipping.

Knowledge on how shipping companies can work systematically with energy efficiency will be a key factor to competitiveness when energy price increases combined with demands on decreased emissions of greenhouse gases. This knowledge can be used to increase the industrial and societal relevance for future research in the area. This project aims at develop and evaluate new knowledge on "best-practice" solutions for energy efficiency work in shipping companies is created, gets accepted and implemented.

Interview studies with employees in Swedish and Danish shipping companies points at the conflict between the logics of good energy consumption monitoring practices and common business practices in shipping. This can explain the slow adoption of energy efficiency measures. It also demonstrates a role of policy makers or other third parties in mandating or standardizing good practices. It has also been observed that certain ships in bulk transport spend as much as 40 % of the the time in port and that half of that time is not productive. Night and weekend closed ports is one important reason. Lack of communication and the risk of arriving late are some factors that counteract energy efficiency in terms adapting speed. Comparison between the voluntary ISO 50001 energy management standard and the internationally compulsory SEEMP (Ship energy efficiency management plan) shows that SEEMP lacks many of the elements that are expected from an energy management systems like demand for a policy and management review. SEEMP risks to have little impact on CO2 emission decrease or implementing an energy management system.

Inledning/Bakgrund

Sjöfarten har länge spelat en nyckelroll för världsekonomin utveckling, genom att erbjuda möjligheter till handel till en låg kostnad. De senaste decennierna har sektorn växt snabbare än BNP. Så också dess klimatpåverkan, och denna är projicerad att fortsätta öka de kommande decennierna: kanske blir den så mycket som 2-3 gånger större på några decennier. Sjöfarten har också en allt större roll i regionala transporter i form av ”short sea shipping” och ”inland waterways”. I EUs ”white paper” om transporter finns målet att flytta transportarbete från väg till järnväg och sjöfart, samtidigt som man ser behovet av att kraftigt minska sjöfartens CO2 emissioner.

Fartyg drivs i dag nästan uteslutande med fossila bränslen. Tillgång på fossilfria bränslen för sjöfart är också begränsad och andra transportslag förväntas använda de tillgängliga förnyelsebara bränsletillgångarna under de närmaste åren. Därför är en ökad energieffektivisering av avgörande betydelse för att minska sjöfartens koldioxidutsläpp. Kunskap om hur rederier kan arbeta mer effektivt med energieffektivisering kommer att vara en avgörande konkurrensfördel för rederier under kommande tider av ökade energikostnader och krav på minskade utsläpp av växthusgaser. Samma kunskap kan nyttjas till att öka industri- och samhällsrelevansen för framtida forskning på området.

Projektet syftar till att i en doktorsavhandling utveckla och utvärdera ny kunskap om hur ”best-practice” lösningar för energieffektiviseringsarbete inom rederier skapas, erhåller acceptans och implementeras. Projektets delmål är att analysera hur rederiföretag arbetar med ISO 50001 och SEEMP och vilka resultat detta har gett vad gäller genomförande av energieffektiseringsåtgärder. Ett annat delmål är att den nya kunskapen ska ingå i dels en doktorsavhandling, dels presenteras i vetenskapliga artiklar samt utveckla en handbok i energiledning inom sjöfart som kan användas i kurser såväl inom universitetsutbildning – exempelvis Maritime Energy Management på M Sc nivå – som i

vidareutbildningar för rederipersonal och sjöfartens underleverantörsindustri m fl.

Projektets effektmål är att höja kompetensnivån ang energieffektivisering och energieffektiva transporter inom sjöfarten.

Detta projekt har utförts av Hannes Johnson inom gruppen för Maritime Environment vid Chalmers, en transdisciplinär forskningsgrupp som arbetar med att förstå och bidra till minskad miljöpåverkan från sjöfarten. Under det tidigare projektet etablerades en rad samarbeten med andra forskare och institutioner, nationellt och internationellt, t ex med SSPA, IVL och Copenhagen Business School.

Genomförande

Det licentiatforskningsprojekt som detta projekt bygger vidare på kretsade kring ett samarbete mellan två rederier - Österströms (nu Transatlantic) och Laurin Maritime, Chalmers samt ett konsultföretag, Det Norske Veritas (nu DNV-GL). En aktionsforskningsstudie genomfördes där ett energiledningssystem enligt standarden ISO 50001 och det numera för fartyg lagstadgade Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP). Syftet var att förstå vad som var "best practice" vad gäller arbete med energieffektivisering på rederier, något som helt saknades i tidigare forskning. Samtidigt hade aktionsforskning lyfts fram som en intressant väg framåt inom forskning kring energieffektivisering i andra sektorer - projektet bidrog därmed även till ny kunskap på ett mer generellt plan.

Resultat

Det övergripande målet att skriva en doktorsavhandling baserad på fallstudier på två rederier som arbetat med införande av energiledningsstandarderna ISO 50 000, och utgående från detta få förståelse för hur "best-practice" för energieffektiviseringsarbete i rederier ser ut, har slutförts och avhandlingen försvarades i april 2016.

Någon strikt jämförelse av arbetet i de två rederierna har inte kunnat göras, eftersom bara det ena slutfört arbetet och blivit certifierat. Det andra rederiet har under arbetets gång sålts och omorganiserats och energiledningsarbetet avstannade i den processen medan det andra fullföljt sitt arbete och erhållit certifiering. Kompletterande intervjustudier med anställda i svenska och danska rederier pekar på konflikten mellan logiken i att göra uppenbara åtgärder i energieffektivisering och "business practice" där energieffektivisering kommer i andra hand. Det blir här uppenbart att policy makers och andra externa krafter har en viktig roll i förändring mot mer energieffektiv sjöfart.

Ett annat faktum som observerats är att vissa fartyg i bulktransport tillbringar så mycket som 40 % av tiden i hamn. Väntetider på grund av nattstängda hamnar i

kombination med brist på kommunikation och rädsla att komma för sent till hamn är några faktorer som motverkar energieffektivitet i form av anpassad hastighet.

Jämförelse mellan den frivilliga ISO 50001 och den internationellt obligatoriska SEEMP (Ship energy efficiency management plan) visar på att SEEMP saknar många av de element som ett energiledningssystem bör ha, som krav på policy och management review. SEEMP riskerar att inte ge önskat resultat i form av CO₂ minskning eller fungerande energiledningssystem.

Ett delmål var att skriva en handbok i energiledning att användas i utbildning. Arbetet gjordes tillsammans med Mikael Johansson på DNV GL och boken har använts i energiledningskurs inom masterprogrammet ”Maritime Management” vid institutionen.

Diskussion

Resultatet av projektet har, förutom erfarenhet av arbete med energiledning företag och jämförelser mellan svenska och danska rederiers arbete, varit mycket uppbyggnad av nätverk inom näringen och arbete med energieffektivisering. Hannes fortsätter arbeta med frågorna i nytt projekt kring rederiers beställning av fartyg och inom nätverket för energieffektivisering vid Svensk Sjöfart.

Undervisningsmaterialet, som används i kurser på mastersnivå är till hjälp att sprida kompetensen till våra studenter.

Publikationslista

Doktorsavhandling

Johnson, H (2016) In search of maritime energy management, Ph D thesis, Chalmers University of Technology

Vetenskapliga tidskrifter och referegranskade konferensproceedings

Taudal Poulsen, R. ; Johnson, H. (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) s. 3785-3797.

A major part of the world fleet of more than 47,000 merchant ships operates under conditions that hamper energy efficiency and efforts to cut CO₂ emissions. Valid and reliable data sets on ships' energy consumption are often missing in shipping markets and within shipping organizations, leading to the non-implementation of cost-effective energy efficiency measures. Policy makers are aiming to remedy this, e.g., through the EU Monitoring, Verification and Reporting scheme. In this paper, current practices for energy consumption monitoring in ship operations are explored based on interviews with 55 professionals in 34 shipping organizations in Denmark. Best practices, which require several years to implement, are identified, as are common challenges in

implementing such practices-related to data collection, incentives for data misreporting, data analysis problems, as well as feedback and communication problems between ship and shore. This study shows how the logic of good energy consumption monitoring practices conflict with common business practices in shipping companies - e.g., through short-term vessel charters and temporary ship organizations - which in turn can explain the slow adoption of energy efficiency measures in the industry. This study demonstrates a role for policy makers or other third parties in mandating or standardizing good energy consumption monitoring practices beyond the present requirements.

Baldi, F. ; Johnson, H. ; Gabrielli, C. et al. (2015). Energy and exergy analysis of ship energy systems - The case study of a chemical tanker. *International Journal of Thermodynamics*. 18 (2) s. 82-93.

Shipping contributes today to 2.1% of global anthropogenic greenhouse gas emissions and its share is expected to grow together with global trade in the coming years. At the same time, bunker prices are increasing and companies start to feel the pressure of growing fuel bills in their balance sheet.

In order to address both challenges, it is important to improve the understanding of the energy consumption trends on ships through a detailed analysis of their energy systems. In this paper, energy and exergy analysis are applied to the energy system of a chemical tanker, for which both measurements and technical knowledge of ship systems were available. The application of energy analysis to the case-study vessel allowed for the comparison of different energy flows and therefore identifying system components and interactions critical for ship energy consumption. Exergy analysis allowed instead identifying main inefficiencies and evaluating waste flows.

Results showed that propulsion is the main contributor to ship energy consumption (70%), but that also auxiliary heat (16.5%) and power (13.5%) needs are relevant sources of energy consumption. The potential for recovering waste heat is relevant, especially from the exhaust gases, as their exergetic value represents 18% of the engine power output.

Johnson, H. ; Styhre, L. (2015). Increased energy efficiency in short sea shipping through decreased time in port. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 71 s. 167-178.

According to a range of assessments, there exists a large cost-effective potential to increase energy efficiency in shipping through reduced speed at sea enabled by shorter time in port. This means that the energy needed can be reduced whilst maintaining the same transport service. However, the fact that a large cost-effective potential has been identified that is not being harnessed by decision-makers in practice suggests that there is more to this potential to understand. In this paper, the possibilities for increasing energy efficiency by reducing waiting time in port are explored and problematised through a case study of a short sea bulk shipping company transporting dry bulk goods mainly in the North and Baltic seas. Operational data from two ships in the company's fleet for one year showed that the ships spent more than 40% of their time in ports and that half of the time in port was not productive. The two most important reasons for the large

share of unproductive time were that ports were closed on nights and weekends and that ships arrived too early before the stevedores were ready to load or unload the cargo. Reducing all of the unproductive time may be difficult, but the results also show that even a conservative estimate of one to four hours of reduced time per port call would lead to a reduction in energy use of 2-8%. From in-depth interviews with employees of the shipping company, ports and ship agencies, a complex picture is painted when attempting to understand how this potential arises. Aspects such as a lack of effective ship-shore-port communication, little time for ship operators, an absence of means for accurately predicting energy use of voyages as a function of speed, perceived risk of arriving too late, and relationships with third-party technical management may all play a role.

Baldi, F. ; Johnson, H. ; Gabrieli, C. et al. (2014). Energy analysis of a ship - the case study of a chemical tanker, 6th International Conference on Applied Energy, ICAE 2014, Taipei, Taiwan; 30 May - 2 June 2014.

Improved understanding of ship energy use can be a crucial part of the process of increasing ship energy efficiency. In this paper, the methodology of energy analysis is applied to ship energy systems in order to showcase the benefits of such methodology. Data from one year of operations of a case study ship were used, together with mechanistic knowledge of ship systems, in order to evaluate the different energy flows. The identification of main producers, consumers and waste flows, allowed by the application of the method, leads to the suggestion of a number of possible improvements guided by the improved knowledge of the ship's energy system.

Baldi, F. ; Johnson, H. ; Gabrieli, C. et al. (2014). Energy and exergy analysis of ship energy systems - the case study of a chemical tanker, 27th ECOS, International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems. ISBN/ISSN: 978-163439134-4

Johnson, H. ; Andersson, K. (2016). Barriers to energy efficiency in shipping. WMU Journal of Maritime Affairs, vol 15, issue 1, pp 79-96 (online 2014)
The shipping industry shows potential for improvements in energy efficiency. Nonetheless, shipping companies appear reluctant to adopt these seemingly cost-efficient technical and operational measures aiming at reducing energy costs. Such phenomenon is not specific to the shipping industry and is commonly referred to as the energy efficiency gap. Decades of research in other sectors have contributed to the development of taxonomy of economic, organizational and psychological barriers that determine energy efficiency gaps through the use of a variety of research frameworks. This article aims to apply this research in the shipping context through interviews and review of existing literature and applications from other industries, with the objective of providing useful insight for shipping managers. The article discusses examples of barriers that are typical to shipping and that are related to information asymmetries and power structures within organizations. Managers of shipping firms are encouraged to look through their organizations in search of principal agent problems and power structures

among the possible causes for energy efficiency gaps in their companies' operations and possibly strive towards organizational change.

Johnson, H. ; Johansson, M. ; Andersson, K. (2014). Barriers to improving energy efficiency in short sea shipping: an action research case study. *Journal of Cleaner Production*. 66 s. 317-327.

Increased energy efficiency will be paramount in mitigating CO2 emissions from shipping. Paradoxically, previous research has shown that a substantial amount of measures that typically increase energy efficiency, should be cost-efficient to implement. This is often explained in literature in terms of barriers in markets, institutions and organizations. This article is the first of a series of articles from a joint industry project aiming at understanding good energy management practices in shipping companies. It explores barriers to energy efficiency in shipping through a case study of a short sea shipping company in their process to implement an energy management system. An action research design was chosen to contribute to better practice as well as knowledge in the research community. The study shows that work with energy efficiency was not straightforward, and several challenge areas could be discerned: project management capabilities, ship-shore communication, division of responsibilities, access to performance measurements, and competence in energy efficiency. It is proposed that interpretative research methodologies such as action research could contribute to new perspectives on the traditional barrier discourse.

Taljegård, M. ; Brynolf, S. ; Grahn, M. et al. (2014). Cost-Effective Choices of Marine Fuels in a Carbon-Constrained World: Results from a Global Energy Model. *Environmental Science and Technology*. 48 (21) s. 12986-12993.

The regionalized Global Energy Transition model has been modified to include a more detailed shipping sector in order to assess what marine fuels and propulsion technologies might be cost-effective by 2050 when achieving an atmospheric CO2 concentration of 400 or 500 ppm by the year 2100. The robustness of the results was examined in a Monte Carlo analysis, varying uncertain parameters and technology options, including the amount of primary energy resources, the availability of carbon capture and storage (CCS) technologies, and costs of different technologies and fuels. The four main findings are (i) it is cost-effective to start the phase out of fuel oil from the shipping sector in the next decade; (ii) natural gas-based fuels (liquefied natural gas and methanol) are the most probable substitutes during the study period; (iii) availability of CCS, the CO2 target, the liquefied natural gas tank cost and potential oil resources affect marine fuel choices significantly; and (iv) biofuels rarely play a major role in the shipping sector, due to limited supply and competition for bioenergy from other energy sectors.

Johnson, H. ; Johansson, M. ; Andersson, K. et al. (2013). Will the Ship Energy Efficiency Management Plan reduce CO2 emissions? A comparison with ISO 50001 and the ISM Code . *Maritime Policy & Management*. 40 (2) s. 177-190.

The Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP) is the sole international

regulatory instrument expected to affect rising CO₂ emissions from shipping in the short-term. In this article, we discuss present gaps in the SEEMP guidelines through a comparison with the international standard for energy management systems (EMS), ISO 50001, and with the International Safety Management (ISM) code, which sets requirements for safety management systems in shipping companies. We show that the SEEMP lacks crucial features found in typical management system standards, such as requirements on policy and management reviews. Moreover, best-practice in the form of the ISO 50001 addresses important aspects, such as monitoring, energy auditing, design, and procurement processes in much more detail. In the context of previous research on these instruments and on energy efficiency in general, we argue that these gaps may be detrimental to the success of the SEEMP, both from the societal perspective of CO₂ abatement and from the perspective of companies' success in energy management. This requires further attention by academia, policy-makers and industry.

Konferensbidrag

Johnson, H. (2014). GHG Emissions and the Energy Efficiency Gap in Shipping. Targeting the Environmental Sustainability of European Shipping - The Need for Innovation in Policy and Technology.

Johnson, H. (2014). Understanding how energy efficiency is achieved in shipping companies - an action research approach, Sustainability Science Congress 2014, Copenhagen.

Grahn, M. ; Taljegård, M. ; Bengtsson, S. et al. (2013). Cost-effective choices of marine fuels under stringent carbon dioxide targets, Proceedings of 3rd International conference on technologies, operations, logistics and modelling in Low Carbon Shipping, University College London..

Johnson, H. (2013). Sustainability challenges and business in society: the case of maritime energy efficiency, Doctoral student workshop of the JFBS 3rd Conference on CSR and Corporate Governance.

Johnson, H. ; Johansson, M. ; Andersson, K. (2012). Barriers to energy efficiency in short sea shipping: a case study, Short Sea Shipping 2012 Conference, Lisbon.

Johnson, H. ; Johansson, M. ; Andersson, K. et al. (2012). Will the IMO Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP) lead to reduced CO₂ emissions? A comparison with ISO 50001 and the ISM Code, 2012 International Association of Maritime Economists Conference (IAME 2012 Taipei).

Johnson, H. ; Andersson, K. (2011). The energy efficiency gap in shipping - barriers to improvement, International Association of Maritime Economists (IAME) Conference.

Rapporter

Bännstrand, M. ; Jönsson, A. ; Johnson, H. et al. (2016). Study on the optimization of energy consumption as part of implementation of a ship energy

efficiency management plan (SEEMP). London: International Maritime Organisation (IMO).

Johnson, H, Johansson, M, (2015) Lärobok i Energiledning i Sjöfart

Styhre, L. ; Johnson, H. (2013). Increased energy efficiency through increased port efficiency. Göteborg: SSPA.

Johnson, H. ; Södahl, B. (2010). Strategies and methods for increased energy efficiency in shipping . Göteborg: Chalmers University of Technology.

Bilagor

Administrativ bilaga

Doktorsavhandling

Lärobok i energiledning