



CHALMERS



Energioptimering av belysning ombord på passagerarfartyg till LED-teknik

Examensarbete inom Sjöingenjörsprogrammet

ANDREAS GUSTAFSSON
CARL OLSSON

RAPPORTNR. SI-16/177

Energioptimering av belysning ombord på passagerarfartyg till LED-teknik

ANDREAS GUSTAFSSON
CARL OLSSON

Institutionen för sjöfart och marin teknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige, 2016

Energioptimering av belysning ombord på passagerarfartyg till LED-teknik
Energy optimization of lighting onboard passenger vessels to LED-technology

ANDREAS GUSTAFSSON
CARL OLSSON

© ANDREAS GUSTAFSSON, 2016.

© CARL OLSSON, 2016.

Rapport nr. SI-16/177
Institutionen för sjöfart och marin teknik
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg
Sverige
Telefon + 46 (0)31-772 1000

Omslag:
Egen bild av färdigmonterad lysrörsarmatur.

Tryckt av Chalmers
Göteborg, Sverige, 2016

Energioptimering av belysning ombord på passagerarfartyg

ANDREAS GUSTAFFSON

CARL OLSSON

Institutionen för sjöfart och marin teknik

Chalmers tekniska högskola

Sammanfattning

Ombord på ett passagerarfartyg finns det ett stort antal ljuskällor. Belysningen ombord på fartyg har tidigare huvudsakligen utgjorts av vanliga lysrör och halogenspottar. Merparten av belysningen ombord på passagerarfartyg är dessutom tänd stora delar av eller hela dygnet. Både de vanliga konventionella lysrören och halogenspottarna drar relativt mycket el i jämförelse med de energisnålare LED-lamporna. Elen ombord på ett fartyg tillverkas i regel av dieselgeneratorer, dessa drar mer bunkerolja då mer el tillverkas. Kostnaderna för el ombord på ett fartyg är således varierande då det till stor del beror på priset för bunkeroljan. Detta gör att elen kan vara betydligt dyrare än elen iland i perioder, vilket ger en större besparingspotential. En minskad förbrukning av bunkerolja ombord är både en besparing men ger också en minskad belastning på miljön från fossila bränslen.

Studien har med hjälp av en semistrukturerad intervju, av ett antal anställda på tre rederier med passagerarfartyg som trafikerar svenska farvatten, undersökt vad som prioriteras ombord på fartygen vid en eventuell uppgradering av belysningen. Vidare har studien undersökt vilken återbetalningstid som enligt rederierna anser vara accepterad för att det ska vara värt att uppgradera. Klart är att det ekonomiska resultatet har störst betydelse vid en uppgradering. Om återbetalningstiden inte anses vara acceptabel finns därmed ingen vilja att uppgradera. Andra aspekter så som säkerhet och regler är viktiga men skapar inga stora problem vid en uppgradering. De miljövinster som erhålls anses vara mer av en bonus än något som prioriteras. Rederierna har visat upp en samstämmig positiv bild av LED-belysning även om det fortfarande bara uppgraderas i en begränsad omfattning.

Nyckelord:

Energioptimering, belysning, passagerarfartyg, LED, konvertering, uppgradering

Abstract

There are a lot of light sources onboard a passenger vessel. The lighting onboard a vessel have traditionally been consisting of fluorescent tubes and halogen spotlights. Ordinarily the lighting onboard a passenger vessel are lit either for the most part of or the whole day. Both the fluorescent tubes and the halogen spotlights uses quite a lot of energy compared with the more energy efficient LED-lights. The power onboard a vessel is usually produced using diesel generators. A diesel generator uses more fuel when producing more electricity. The cost for electricity onboard varies with varying fuel prices. With more expensive electricity the easier it will be to save money on an upgrade. Using less fuel onboard will not only save money but will also be good for the environment.

The study have used a method of semi structured interviews with a number of employees from three companies with passenger vessels operating in Swedish waters. The study has looked into what different aspects are prioritized when upgrading lighting onboard a passenger vessel. Furthermore the study have investigated which payback time the companies think are acceptable when planning an upgrade. The study have shown that the most important aspect when upgrading is the economical result. Aspects such as safety and regulations are also important but does not impose any problems when upgrading. The companies sees the environmental gains as a bonus but will not prioritize this aspect. The overall feeling from the companies about LED-lighting are positive.

Keywords:

Energy efficiency, lighting, passenger vessel, LED, conversion, upgrading

Förord

Författarna vill tacka alla respondenter i studien som medverkat i intervjuer och därmed bidragit till resultatet i studien.

Författarna vill också tacka Yngve Jakobsson, elingenjör och lärare på Chalmers Tekniska Högskola, samt Bengt Martinsson, elingenjör på Stena Saga, för medverkande i intervjuer som använts för att bygga upp bakgrunden i arbetet.

Ett speciellt tack riktas till arbetets handledare Magnus Hellman på Chalmers Tekniska Högskola för en god vägledning i det löpande arbetet.

Göteborg, Maj 2016

Innehåll

Sammanfattning	i
Abstract.....	ii
Förord	iii
Definitioner	vi
Figurförteckning	vi
1 Inledning.....	1
1.1 Syfte.....	1
1.2 Frågeställning.....	1
1.2.1 Huvudfråga	1
1.2.2 Underfråga	1
1.3 Avgränsningar	1
2 Bakgrund och Teori	3
2.1 Elsystemet ombord.....	3
2.1.1 Kort beskrivning	3
2.1.2 Effekt	4
2.1.3 Regelverk och bestämmelser	4
2.1.3.1 Klassificering.....	5
2.1.3.2 CE-märkning	5
2.1.3.3 SECA.....	5
2.2 Belysning	6
2.2.1 Typer av belysning.....	6
2.2.2 Ljuskällor.....	6
2.2.3 RA-värde	7
2.2.4 Alternativ i dagsläget.....	7
2.2.4.1 Glödtrådslampor	7
2.2.4.2 Fluorescerande.....	7
2.2.4.3 Urladdningslampor.....	8
2.2.4.4 LED-teknik.....	8
2.2.4.5 Lysrörsarmaturer.....	8
2.2.5 Hur ser konventionell belysning ut på passagerarfartyg	9
2.3 Uppgradering till LED	9
2.4 Kostnader	10
2.4.1 Livscykelkostnadsanalys	10

2.4.2	Bunkerolja	10
2.5	Miljöaspekter.....	12
3	Metod	13
3.1	Metodval	13
3.2	Datainsamling	13
3.2.1	Bakgrund/teori	13
3.2.2	Svar på forskningsfrågor.....	13
3.2.3	Urval	13
3.3	Behandling av material	14
3.4	Reliabilitet, validitet och generaliserbarhet	14
3.5	Etiska överväganden	14
4	Resultat.....	16
4.1	Vilka faktorer är mest prioriterade för rederier angående uppgradering till LED-belysning ombord på passagerarfartyg?	16
4.2	Vad anses vara en accepterad återbetalningstid för en uppgradering?	16
4.3	Erfarenheter från uppgraderingar	17
4.4	Byte till LED-retrofit lysrör	17
5	Diskussion	19
5.1	Metoddiskussion.....	19
5.1.1	Bakgrundsmaterial	19
5.1.2	Intervju	19
5.1.3	Reliabilitet, validitet och generaliserbarhet.....	20
5.2	Resultatdiskussion	20
5.2.1	Synen på LED-konvertering inom branschen	20
5.2.2	Återbetalningstidens inverkan	21
5.2.3	Erfarenheter från uppgraderingar	21
5.2.4	Framtid	22
6	Slutsatser	23
	Referenser	24
	Bilagor	27

Definitioner

Bunkerolja	Benämning för den olja man använder för framdrift och elproduktion ombord på fartyg.
LED (Light Emitting Diod)	Ljusavgivande diod.
Lumen	Ett mått på totala ljusflödet i alla riktningar från ljuskällan.
RA-värde	RA-värde hos en ljuskälla beskriver hur väl en viss ljuskällas ljus återger färger då det träffar ett objekt. RA-värdet beskrivs som ett procentuellt tal jämfört med en referensljuskälla. (Lokrantz, 2012)
RPM (Revolutions per Minute)	Antalet varv en roterande axel gör per minut.
UPS (Uninterruptible Power Supply)	Batteri-backup-system som vid strömavbrott automatiskt kopplas in och förser förbrukare på elnätet med ström.

Figurförteckning

Figur 1: Exempel på konfiguration av ett elsystem ombord på ett fartyg. Egen bild.....	4
Figur 2: Seca-områden (efter tillstånd av Transportstyrelsen)	6
Figur 3: "A 17 W tube of LEDs which has the same intensity as a 45 W fluorescent tube" av Mcapdevila - {Modified:http://histo.cat/1/Fluo-45W_LED-17W.jpg, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=19815739.....	9
Figur 4: Prishistorik för bunkerolja (LSMGO) i Rotterdam senaste 3 månaderna (efter tillstånd av Ship & Bunker).....	11
Figur 5: Prishistorik för bunkerolja (LSMGO) i Rotterdam senaste 12 månaderna (efter tillstånd av Ship & Bunker).....	11

1 Inledning

Ny teknik och nya miljömål ger en allt större medvetenhet vad gäller energiförbrukning i vårt samhälle. Då allt större krav ställs på energibesparingar för att minska belastningen på vår miljö krävs det även för många aktörer att dessa energibesparingar också är ekonomiskt fördelaktiga för att det ska finnas en vilja att investera i uppgraderingar.

Det har hänt mycket senaste åren inom belysningsteknik med nya produkter, där LED-tekniken är bland de mest kända. Studier inom LED-tekniken har genomförts tidigare så som CALiPER (2014) där det utfördes oberoende tester av produkter som var tillgängliga vid tidpunkten. Men som det nämns ibland annat i CALiPER's rapport går utvecklingen alltför snabbt framåt.

Därmed finns det ändå ett behov att undersöka möjligheterna om en uppgradering kan vara ekonomiskt lönsam och inom vilken tidsram på ett passagerarfartyg. Denna fartygstyp har normalt ett stort antal belysningskällor och därmed antas det att en eventuell besparing skulle synas tydligare ombord ett passagerarfartyg kontra andra fartygstyper.

Då förbrukningen av bunkerolja minskar reduceras inte bara kostnaderna utan även utsläppen i form av bland annat koldioxid och partiklar som genereras vid förbränningen. Av denna anledning är en energibesparing även bra för miljön och för en hållbar utveckling inom sjöfarten.

1.1 Syfte

Syftet med studien är att belysa energioptimering av belysningen ombord på passagerarfartyg samt ta reda på vilka faktorer som påverkar rederiers beslut om en uppgradering. Vidare ska studien undersöka vilken förväntad återbetalningstid en uppgradering till LED-teknik i ett befintligt passagerarfartyg skulle ge och vad svenska rederier anser vara acceptabelt.

1.2 Frågeställning

1.2.1 Huvudfråga

Hur förhåller sig rederier angående uppgradering till LED-belysning ombord på befintliga passagerarfartyg?

1.2.2 Underfrågor

- Vilka faktorer är mest prioriterade vid en uppgradering?
- Vad anses vara en accepterad återbetalningstid för en uppgradering?
- Vad har rederierna för erfarenheter av uppgraderingar till LED?

1.3 Avgränsningar

Studien kommer att rikta sig mot LED-tekniken vid uppgradering av befintlig belysning ombord på passagerarfartyg som trafikerar svenska farvatten.

Arbetet behandlar specifikt passagerarfartyg (bil- och passagerarfärjor samt kryssningsfartyg) då denna fartygstyp har ett större antal lysrörsarmaturer gentemot övriga fartygstyper (Jakobsson, 2016). En konvertering till LED-ljuskällor på ett passagerarfartyg skulle därmed ge ett tydligare utslag på effektförbrukningen och även bunkerkonsumtionen ombord.

2 Bakgrund och Teori

2.1 Passagerarfartyg och elförbrukning

För att optimera elförbrukningen på passagerarfartyg finns det ett flertal områden att rikta in sig på. Till exempel så kan frekvensstyrda pumpar installeras (Larsson, 2012) eller så kan värmen i avgaserna nyttjas för att generera ström (Coyet & Borgström, 2015). Oavsett hur man går till väga finns det potential för att effektivisera elanvändningen, vilket kan göra stora skillnader när det gäller passagerarfartyg.

Ett passagerarfartyg är definierat som ett fartyg ämnat för betalande passagerare (Fartygssäkerhetslag, 2003:364) vilket medför utökade regler för att bibehålla säkerheten ombord. Enligt Nationalencyklopedin (2016) gäller att då antalet passagerare på ett fartyg överstiger 12 stycken klassas ett fartyg per automatik av säkerhetsskäl som ett passagerarfartyg även om huvudsyftet är skilt från kommersiell passagerartransport. Med passagerare menas de individer som befinner sig på fartyget som inte är i tjänst eller ingår i besättningen, med undantag för speciella omständigheter (Fartygssäkerhetslag, 2003:364).

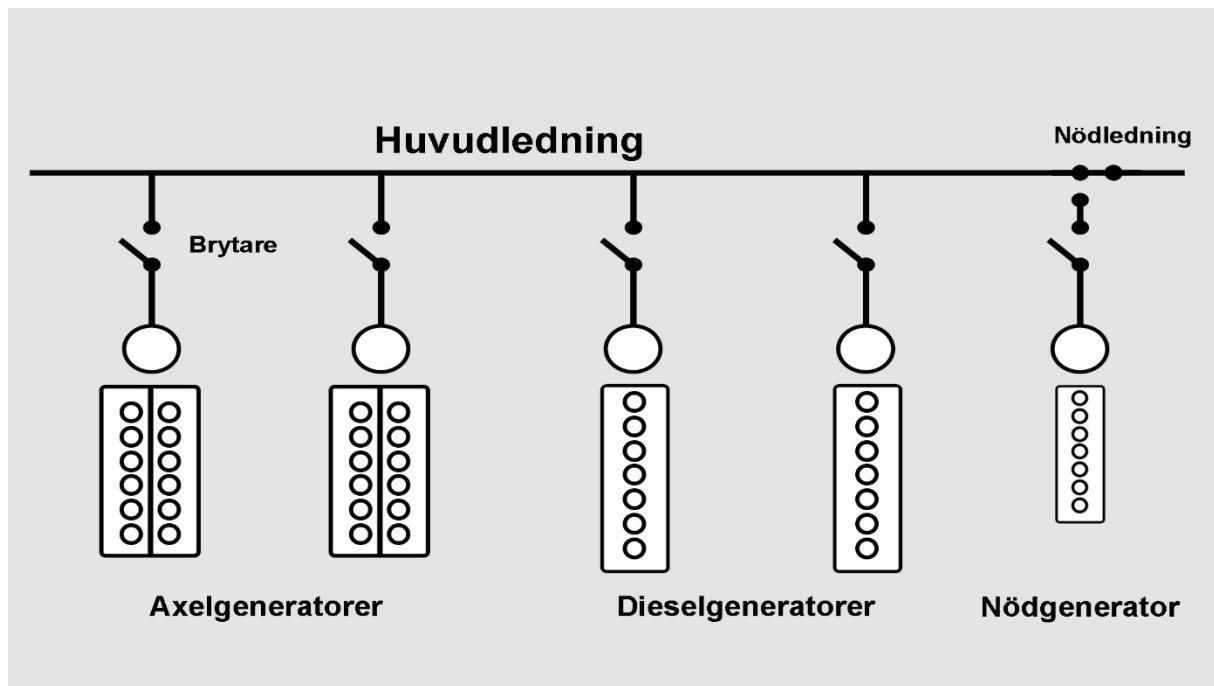
Det kan urskiljas två huvudgrupper av passagerarfartyg (Nationalencyklopedin, 2016) där den ena är bil- och passagerarfärjor som är lite kantigare till formen och konstruerade för transport av både fordon och passagerare. Den andra typen är kryssningsfartygen vilka beskrivs enligt Nationalencyklopedin som specifikt konstruerade för passagerare och är då oftast mer estetiskt tilltalande gentemot bil- och passagerarfärjorna.

Tidigare studier inom ämnet så som “Report 23.1: Cost-Effectiveness of Linear (T8) LED Lamps” genomfört av CALiPER i 2014 är ett bra exempel där man ställer LED-tekniken mot andra belysningstekniker som finns vid tillfället för studien. Trots att LED resulterar i en lägre förbrukning garanterar detta inte alltid ett positivt resultat på en livscykelkostandsanalys. Detta beror på att återbetalningstiden är kopplad till många olika faktorer där ett varierande elpris har en stor påverkan (CALiPER, 2014)

2.2 Elsystemet ombord

2.2.1 Kort beskrivning

Elsystem ombord på ett fartyg är sektionerat kring en huvudledning vilket kringliggande system ansluter till. Strömmen genereras via diesel-/axelgeneratorer (Kuiken, 2012) eller en kombination av de båda. Enligt Kuiken har en dieselgenerator-anläggning på ett fartyg vanligen en medel-/högvarvig (240rpm eller mer) dieselmotor. Motorn är kopplad via en axel till en generator som alstrar en växelspanning som leds till en separat eltavla. Via en brytare kopplas sedan generatoren in på elnätet ombord (Kuiken, 2012). Figur 1 visar ett exempel på hur ett elsystem ombord kan vara uppbyggt.



Figur 1: Exempel på konfiguration av ett elsystem ombord på ett fartyg. Egen bild.

Figur 1 är dock endast ett förenklat exempel då konfigurationen varierar mellan fartyg. På ett passagerarfartyg förekommer det ofta fler dieselgeneratorer då det elektriska effektbehovet ombord på dessa fartyg normalt är högre (Jakobsson, 2016). Effektförbrukare kopplas i sin tur till och från huvudledningen via sektionerade elskåp och brytare.

2.2.2 Effekt

Enligt Franzén & Lundgren (2002) finns det tre olika typer av effekt att skilja på när man nyttjar sig av växelspanning. Skenbar effekt (S) är den totala effekten som belastar nätet och vilket nätet ska dimensioneras för. Den skenbara effekten består i sin tur av 2 delar. Aktiv effekt (P) är den del av den skenbara effekten som används till nyttigt arbete och är därmed den effekt man vill producera. Samt reaktiv effekt (Q), som i äldre litteratur kallades för "onyttig kraft", är den andra delen av den skenbara effekten som används till att bygga upp magnetfält i bland annat elmaskiner och lysrörsarmaturer (Franzén & Lundgren, 2002). Franzén & Lundgren (2002) skriver även att: "Då en stor del av belastningarna i ett nät konsumerar reaktiv effekt är i allmänhet synkronmaskinerna, såväl större generatorer som större motorer, i nätet övermagnetiserade. Med övermagnetiserade menas att en maskin levererar reaktiv effekt till nätet (Alfredsson, et al., 2002). I övrigt gör den reaktiva effekten ingen nytta och tar därmed upp plats och begränsar användningen av elnätet i övrigt.

2.2.3 Regelverk och bestämmelser

Vid samtliga installationer ombord, både nybyggnationer som konverteringar, finns det en samling regelverk och andra föreskrifter att förhålla sig till. För att försäkra sig om att dessa regler efterlevs kan man anlita ett klassificeringssällskap eller Transportstyrelsen som utför en klassning av systemet (Transportstyrelsen A, 2016). Större internationella aktörer inom

branschen är Det Norske Veritas Germanischer Lloyd (DNV-GL) och American Bureau of Shipping (ABS).

2.2.3.1 Klassificering

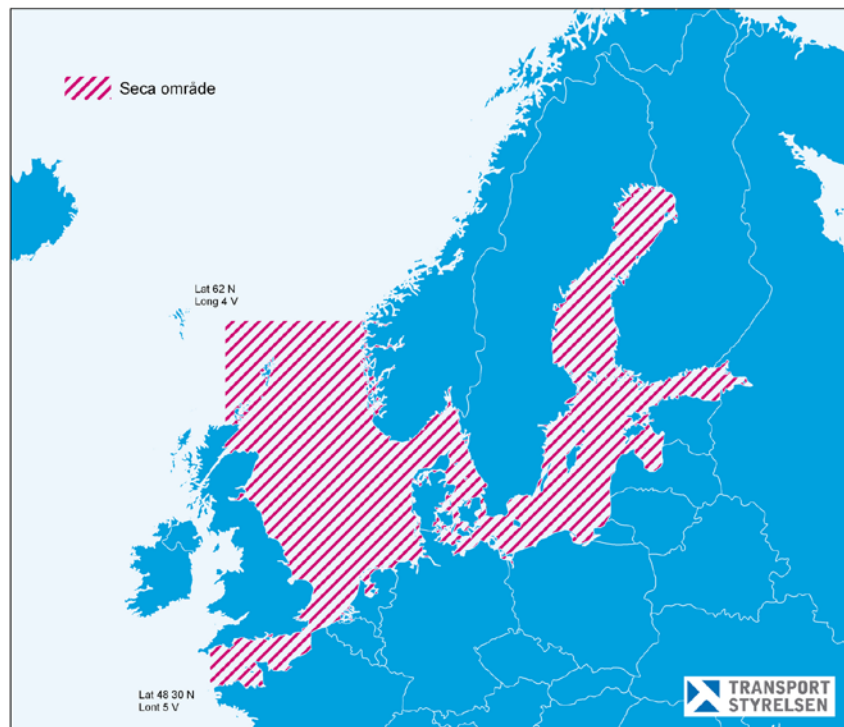
Vid installation av belysning ombord på ett fartyg ska belysningen av säkerhetsskäl delas upp i tre åtskilda delsystem (DNV-GL, 2016). Belysning ute på däck är en av dessa och enligt DNV-GL (2016) får dessa bland annat styras via panel från bryggan. Huvudbelysningen på ett fartyg syftar till den belysning som används i de utrymmen som är tillgängliga i den dagliga driften och förses med ström från huvudledningen. Nödbelysningen i ett fartyg ska alltid förses med ström via nödledningen vilket i händelse av att den primära strömkällan (huvudledningen) skulle falla bort ändå ger belysning i de viktigaste områdena ur säkerhetssynpunkt. Listan på berörda områden kan enligt ABS (2014) sammanfattas som hela fartyget, dock är det bara en mindre del av ljuskällorna som behöver vara försedda med ström från nödledningen. I händelse att strömförsörjning från både huvudledning och nödledning skulle falla bort ska nödbelysningen, enligt både DNV-GL och ABS, per automatisk gå över till batteridrift som antingen är integrerat i ljuskällorna eller kommer från ett centraliserat backup-batteri (även kallat UPS) vilka laddas kontinuerligt via nödledningen.

2.2.3.2 CE-märkning

Sedan 1993 har CE-märkning visat på att en produkt efterföljer de säkerhetsaspekter som finns inom Europeiska Ekonomiska Samarbetsområdet (EES) och att tillverkaren därmed tar ansvar för sin produkt gentemot konsumenterna (Europeiska kommissionen: Generaldirektoratet för näringsliv, 2011). Vidare skriver Generaldirektoratet för näringsliv att: "Alla produkter behöver inte CE-märkas, bara de produktkategorier som är underställda specifika direktiv där CE-märkning krävs." Lysrörsarmaturer och lysrör är ett par av de många produkter som ställs under CE-märkningens krav då dessa inkluderar elektriska komponenter och ska därmed vara fria från eventuella design- eller fabrikationsfel som kan skada användaren (Europeiska kommissionen: Generaldirektoratet för näringsliv, 2011).

2.2.3.3 SECA

Sulphur Emission Control Area (SECA) är ett specifikt område till sjöss, se Figur 2, innefattande Östersjön, Nordsjön och Engelska kanalen där man via IMO har infört obligatoriska regler för utsläpp som sker från sjöfarten. Sedan början av 2015 säger regelverket bland annat att man får ha max 0,10 viktprocent svavel i bränslet man använder ombord på fartyget (MARPOL, 2016). Anledningen till att man vill reglera just svavelmängden är bland annat för att minska förurningen i mark och vatten (Naturvårdsverket B, 2009).



Figur 2: Seca-områden (efter tillstånd av Transportstyrelsen)

Från Figur 2 kan man se att hela Sveriges kustlinje och farvatten är inom SECA-området. Samtliga passagerarfartyg i svenska farvatten måste därmed underkasta sig kravet på max 0,10 viktprocent svavel i bränslet och kan därmed endast nyttja sig av bunkeroljor som överensstämmer med SECA-kraven. Mer om detta i avsnitt 2.5.2

2.3 Belysning

2.3.1 Typer av belysning

Canadian Centre for Occupational Health and Safety (CCOHS, 2016) hävdar att man i grund och botten kan urskilja tre uppsättningar av belysning. Allmän belysning är den kanske mest självklara då ljuskällorna normalt är placerade i innertaket eller en bit ovanför huvudhöjd. Syftet med denna typ av belysning är att sprida ut ljuset i rummet och lysa upp omgivningen eller större ytor (CCOHS, 2016). Punktbelysning är ämnat för att belysa en viss punkt eller ett begränsat område och är vanligen riktat med hjälp av en skärm eller reflektor (CCOHS, 2016) vilket gör att ljuset fokuseras. LED-lampor har i detta fall en klar fördel gentemot andra tekniker då LED-ljuset i utgångsläget är mer riktat än andra typer av belysning (Hidealite - Led skola, 2016). Kombinationsbelysning är som namnet antyder en kombination av ovanstående två typer då det krävs extra mycket ljus på en designad yta men då omgivningen inte kräver samma ljusmängd.

2.3.2 Ljuskällor

Glödlampan uppfanns i slutet av 1800-talet och sedan dess har olika sätt att få energieffektivare samt mer hållbara ljuskällor utvecklats skriver (Siddha Pimputkar, 2009). Runt 1938 började det fluorescerande lysröret utvecklas. Det användes till en början olika typer av fosfor men hade en relativt låg effektivitet samt dålig färgåtergivning, det vill säga lågt RA-värde (Smets, 1987).

Vidare beskriver Smets hur utvecklingen av lysrören har gått framåt med effektivare lysrör vartefter nya material har kunnat användas och gett bättre färgåtergivning dock på bekostnad av effektiviteten. Glödlampan samt den fluorescerande lampan har under lång tid varit de enda alternativen som har använts i större utsträckning inom belysning i hemmen och industrier.

2.3.3 RA-värde

RA-värde hos en ljuskälla beskriver hur väl en viss ljuskällas ljus återger färger då det träffar ett objekt. RA-värdet beskrivs som ett procentuellt tal jämfört med en referensljuskälla. Vid ljuskällor med lägre färgtemperatur än 5000k, alltså varmare vitt ljus, används en glödlampa som referens. För applikationer av allmänbelysning krävs ett RA-värde på minst 80. Ett högre RA-värde ger i regel en sämre effektivitet (Lokrantz, 2012)

2.3.4 Alternativ i dagsläget

Det finns i dagsläget flera olika tekniker att välja på när det gäller belysning vilka beskrivs nedan.

2.3.4.1 Glödtrådslampor

En glödtrådslampa lyser genom att ström passerar genom en resistiv tråd som får den att glöda (American Lighting Association, 2016). Vanliga glödlampor har länge varit mycket vanliga då dessa är enkla och billiga ljuskällor men dock inte lika energieffektiva. De har börjat fasas ut sedan 2009 i Sverige och har ersatts av mer energieffektiva alternativ (Johansson, 2015). Halogenlampan är en variant av glödtrådslampa som ger ett vitare sken än den vanliga glödlampan och är effektivare och med längre livslängd (American Lighting Association, 2016). Jakobsson hävdar att dessa lampor är vanligast för punktbelysning i inredningen ombord på fartyg.

2.3.4.2 Fluorescerande

Fluorescerande ljuskällor avger ljus genom att en elektrisk båge passerar mellan två katoder genom en gas av bland annat kvicksilver och bildar UV-strålning som sedan omvandlas till synligt ljus (American Lighting Association, 2016). Man hade länge problem med lång tändtid och flimmar men i moderna lysrör är detta inte längre något problem (Energimyndigheten, 2015). Fluorescerande lysrör är den absolut vanligaste ljuskällan ombord på fartyg i dagsläget (Jakobsson, 2016) och används i allt från allmänbelysning till nödbelysning. Jämfört med glödlampor är de energieffektiva och har lång livslängd (Energimyndigheten, 2015).

Det konventionella lysröret är en vanlig form av fluorescerande ljus. Lysrören finns i flera olika färgtemperaturer och finns i olika längder. Lysröret kräver en armatur med ett separat drivdon av något slag för att kunna lysa. Lysröret finns i olika längder och med olika diametrar. Vanliga storlekar är T8 och den modernare T5 där siffran beskriver hur många åttondelar av en tum diametern är. Kompaktlysror använder samma teknik som ett konventionellt lysrör fast är böjt till en annan form än det för lysröret. Kompaktlysroret är oftast mindre energieffektivt. Lågenergilampor är ett lysrör som formats till en mindre lampa och används som ersättning till vanliga glödlampor. Drivdonet är då inbyggt i den utbytbara lampan.

2.3.4.3 *Urladdningslampor*

Urladdningslampan är en lampa som liknar den fluorescerande. Gasen som den elektriska bågen passerar genom är under tryck. De flesta urladdningslampor är effektiva men bildar ljus som inte har rätt färg för allmän belysning och används därför mest till utomhusbelysning (American Lighting Association, 2016). Flera olika gaser används och ger lampor med olika egenskaper.

2.3.4.4 *LED-teknik*

Gröna och röda lysdioder har funnits i nästan 50 år och använts till olika ändamål. Det vita ljuset har dock dröjt, först runt 1990 började det komma vita lysdioder (Kungliga Vetenskapsakademin, 2014). Upptäckten som ledde till vita lysdioder belönades med nobelpriset i fysik 2014. Sedan 1990 har utvecklingen gått ständigt framåt och mer effektivitet har blivit möjlig bland de vita lysdioderna. Rekord i labbaratoriet år 2014 var på 300 lumen/watt vilket kan jämföras med glödlampans 16 lumen/watt (Kungliga Vetenskapsakademin, 2014).

Teknisk beskrivning

Grunden i en lysdiod är ett negativt laddat skikt och ett positivt laddat skikt av halvledarmaterial. Däremellan finns ett aktivt skikt också bestående av en halvledare. Ljuset alstras när spänning tillsätts och elektroner drivs mot det aktiva skiktet (Kungliga Vetenskapsakademin, 2014). Vidare beskriver Kungliga Vetenskapsakademin hur färgen på ljuset bestäms av materialet i det aktiva skiktet. För att skapa vitt ljus krävs i dagsläget en diod som producerar blått ljus. Efter upptäckten av den blå lysdioden har flera sätt att producera vitt ljus åstadkommit (E. Fred Schubert, 2015). Shubert beskriver den första tekniken för att producera vitt ljus som var att använda flera olika dioder tätt ihop och på så vis skapa ljus som uppfattades som vitt. Det mest effektiva sättet att producera vitt ljus idag är dock en teknik där man använder en kombination av blått ljus från dioden och gult ljus som alstras från ett fosformaterial när detta belyses med blått ljus som blandas till den färgtemperatur av vitt som önskas (E. Fred Schubert, 2015). Denna metod är även den som används i de LED-lysrör som vi ser på marknaden idag (OSRAM kunskap: LED-ljusfärger, 2016)

2.3.4.5 *Lysrörsarmaturer*

I en konventionell lysrörsarmatur finns det några saker som gör att lysröret går att tända och hålla sig lysande. I armaturen finns det en glimtändare, drossel, som är en spole, och själva lysröret skriver (Sempler, 2010). Vidare beskriver Sempler att tändningen av lysröret sker genom att elektroderna i lysröret spänningssätts då glimtändaren vid starten leder ström tills att en bimetallbrytare i glimtändaren blir tillräckligt varm och bryter strömmen. Då glimtändaren bryter kan inte längre strömmen passera genom elektroderna och strömmen hoppar då emellan de två elektroderna via gasen inne i lysröret. Drosseln verkar strömbegränsande för att inte strömmen ska bli för stor genom elektroderna.

I en modern armatur är drosseln utbytt mot ett så kallat HF-don. (Osram QUICKTRONIC, 2016). HF-donet är ett elektroniskt don som driver och tänder lysröret. HF-donet driver lysröret med en högre frekvens, vanligen 40 kHz, vilket ger ett flimmerfritt ljus och kortare starttider än den traditionella drosseln (Zobra, Allmänt om HF-don, 2016). Jakobsson (2016) förklarar

även att man bör notera att den totala effektåtgången för en lysrörsarmatur oftast överstiger den som är angiven för själva lysröret. Anledningen till detta är den reaktiva effekten, se kapitel 2.1.2 Effekt, som krävs för att få konventionella lysrör att fungera och därmed bidrar till att öka den skenbara effekten (S).

2.3.5 Konventionell belysning på passagerarfartyg

Enligt Jakobsson (2016) består den huvudsakliga belysningen på ett konventionellt passagerarfartyg av lysrörsarmaturer. Dessa har länge varit standard och täcker in allt från allmänbelysning till nödbelysning. De återfinns överallt i fartyget från bildäck till hyttkorridorer. Utöver det finns det i regel halogenspottar både för punktbelysning samt för en del allmänbelysning.

2.4 Uppgradering till LED

Vid uppgradering från konventionella lysrör till LED-lysrör, se Figur 3, i en befintlig installation finns det olika sätt att använda LED-lysrören för att armaturen fortfarande ska vara godkänd och fortsatt CE-märkt (Hult, 2013). Hult beskriver hur armaturen kan byggas om med en från tillverkaren tillhandahållen konverteringssats innehållande alla delar samt instruktioner som behövs för en ombyggnad för att armaturen ska bli anpassad för LED-lysrör.



Figur 3: "A 17 W tube of LEDs which has the same intensity as a 45 W fluorescent tube" av Mcapdevila - {Modified:http://histo.cat/1/Fluo-45W_LED-17W.jpg, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=19815739>}

En alternativ lösning är ett så kallat "retrofit lysrör" där endast röret och oftast även glimtändaren byts ut i den befintliga armaturen (Hult, 2013). Vidare skriver Hult hur det då är det nya LED-lysröret samt glimtändaren som ska vara CE-märkt för att få användas i en konventionell armatur. Detta utbyte är relativt simpelt och går till på samma sätt som ett vanligt lysrörsbyte då "retrofit lysröret", bortsatt från effektåtgång, måste ha samma dimensioner och egenskaper som det tidigare lysröret (Hult, 2013). Värt att notera är att endast effektåtgången för själva lysrören kommer reduceras vid dessa byten medan originalarmaturen fortsatt kommer bidra till den totala effektförbrukningen.

2.5 Kostnader

2.5.1 Livscykelkostnadsanalys

Vid inköp av nya system eller produkter till en verksamhet beslutas detta normalt inte med enbart den initiala kostnaden för själv inköpet som huvudsakligt beslutsunderlag. I många fall är kostnaden för service och drift betydligt högre än själva inköpskostnaden för en produkt. Det som blir intressant i en jämförelse ur ekonomisk synvinkel är hur stor livscykelkostnaden blir. Livscykelkostnaden definieras som den totala kostnaden för en produkt under livslängden, inkluderat inköp, drift, underhåll, samt eventuella reparationer. Huvudanledningen till att göra en livscykelkostnadsanalys är att kunna välja det alternativ som uppfyller de ställda kraven till lägsta möjliga kostnad (Dhillon, 2009).

För att göra en livscykelkostnadsanalys krävs information för den produkt som man vill analysera. Information krävs för den initiala kostnaden inklusive eventuell installation, driftskostnad under perioden, underhållskostnad under perioden, förväntad livslängd och eventuell kapitalkostnad. Med denna data kan sedan flera olika alternativ jämföras (Dhillon, 2009).

LED-tekniken har ett relativt högt inköpspris och för LED-lysrör kan detta vara uppemot 10 gånger det som för ett konventionellt lysrör (Högabo, 2016). Detta gör att inte bara en lägre driftkostnad men också en längre livslängd är nödvändig för att en uppgradering till LED ska resultera i en ekonomisk besparing.

2.5.2 Bunkerolja

Då studien syftar till att undersöka passagerarfartyg som trafikerar svenska farvatten tvingas de rätta sig efter reglerna för SECA-området, se Figur 2 i avsnitt 2.2.3.3. Kostnaderna för bunkerolja är således baserade på lågsvavligt bränsle vilket normalt är dyrare än övriga. (Ship & Bunker, 2016).

Elen ombord på passagerarfartyg genereras oftast via diesel- eller axel-generatorer och därmed kommer en del av bunkeroljan att förbrukas för belysningen. För att producera 1kWh krävs, enligt Martinsson (2016), cirka 0,2952 liter bunkerolja och för varje lysrör, som normalt är tänt 24h om dygnet (Jakobsson, 2016) medför detta en förbrukning på ca 2,586m³ bunkerolja om året för varje kWh som ett lysrör drar kontinuerligt.

Exempel: Lysrörsarmatur på 50W ger en årsförbrukning av bunkerolja på:
 $0,05\text{kW} * 2,586\text{m}^3 \approx 129 \text{ liter}$

Baserat på april månad år 2016, se Figur 4, är oljepriset för lågsvavlig bunkerolja (LSMGO) ca.400USD/1000kg (Ship & Bunker, 2016) och att producera en kWh ombord kostar därmed ca 0,12USD eller 1,00SEK (Sveriges Riksbank, 2016).



Figur 4: Prishistorik för bunkerolja (LSMGO) i Rotterdam senaste 3 månaderna (efter tillstånd av Ship & Bunker).

För exemplet ovan blir kostanden för en lysrörsarmatur på 50W: $0,129\text{m}^3 \cdot 400\text{USD} \approx 51,6\text{USD}$. Vilket i dagsläget (april 2016) motsvarar omkring 420SEK.

Oljepriset är dock varierande med marknaden och det är historiskt sett relativt lågt i dagsläget, se Figur 5, om oljepriset stiger kommer också varje producerad kWh ombord bli dyrare.



Figur 5: Prishistorik för bunkerolja (LSMGO) i Rotterdam senaste 12 månaderna (efter tillstånd av Ship & Bunker).

Ur Figur 5 kan man utläsa att priset för lågsavlig bunkerolja var 610USD/1000kg i maj 2014 och vid jämförelse med 400USD 12 månader senare är priset ca 34 % lägre.

2.6 Miljöaspekter

De allra flesta fartyg idag drivs med någon typ av fossilt bränsle och då oftast tjockolja eller diesel och i vissa fall även gas (Jakobsson, 2016). Vid all förbränning av fossila bränslen bildas dock koldioxid som påverkar växthuseffekten negativt (Björnsell, 2015). Björnsell skriver fortsatt att koldioxiden inte går att rena bort utan går enbart att minska genom minskad förbrukning av fossila bränslen. Då varje kg bunkerolja som förbränns ger upphov till ca 3kg koldioxid (CO₂) (Alvarez, 2006) skulle därmed en minskad energiförbrukning för belysning ombord ge en minskad miljöpåverkan.

Naturvårdsverket nämner även andra skadliga ämnen som svaveloxider, kväveoxider och tungmetaller som släpps ut i samband med förbränning av fossila bränslen.

”De flesta tungmetaller är giftiga men utsläpp av kadmium, bly och kvicksilver är särskilt uppmärksammade på grund av deras giftverkan” (Naturvårdsverket A, 2005).

Konventionella fluorescerande lampor (vanliga lysrör och lågenergilampor) innehåller även dessa en liten mängd kvicksilver. Då kvicksilver utgör en miljö- och hälsofara ifall detta läcker ut från sitt hölje är det viktigt att dessa produkter tas om hand på speciella sätt och återvinns (Energimyndigheten, 2015).

3 Metod

3.1 Metodval

Vid val av metod till studien har det prioriterats att få en övergripande bild på hur rederier förhåller sig till uppgradering av belysning ombord på fartyg. För att kunna få en bättre inblick och en djupare förståelse för hur olika rederier har olika modeller för att arbeta med uppgradering har metoden fallstudie valts (Höst, et al., 2006). Höst skriver "Fallstudie: djupgående studium av ett eller flera fall, där man försöker påverka det studerade objektet så lite som möjligt." Fallstudien används för att beskriva ett fall eller fenomen. För att samla in data för analys har en kvalitativ datainsamling valts. Detta ger en bra möjlighet att under studiens gång fördjupa vissa intressanta delar inom fallstudiens ramar. (Höst, et al., 2006)

3.2 Datainsamling

3.2.1 Bakgrund/teori

En litteraturstudie har gjorts för att i första hand ge en helhetsuppfattning dels inom tidigare information om ämnet samt ge författarna och de framtida läsarna en bra grund. En väl genomförd litteraturstudie ger en bra möjlighet att rikta in studien åt ett håll som är relevant och intressant ur vetenskaplig synvinkel inom det valda ämnet (Höst, et al., 2006). Litteraturstudien har innefattat olika böcker, utgivna rapporter inom ämnet samt information från relevanta webbplatser. Intervjuer har även hållits för mer detaljerade och specifika uppgifter med dels ellärare på Chalmers samt elingenjör ombord på Stena Saga. De olika källorna har värderats genom kontroll av fakta och använts i de fall som informationen har ansetts trovärdig.

3.2.2 Svar på forskningsfrågor

Intervjuer har genomförts för att besvara forskningsfrågorna. Intervjumetoden som har valts är en halvstrukturerad kvalitativ intervju. Det innebär att intervjun har innehållit en blandning av fasta frågor med fördefinierade svarsalternativ samt mer öppna frågor (Höst, et al., 2006). Intervjuer har genomförts i första hand som telefonintervjuer men i vissa fall via mail då detta har önskats. En intervjumall har skapats som sedan har följts genom intervjuerna, se Bilaga 1. Intervjumallen har skickats via mail till intervjupersonerna i förväg för att ge en möjlighet att förbereda sig. Intervjuerna har spelats in efter godkännande av intervjupersonen. Efter genomförande av en intervju har den transkriberats för att inget som sagts ska falla bort inför analys.

3.2.3 Urval

Då undersökning har varit kvalitativ i sitt syfte och intervjuerna som genomförts har haft till syfte att skapa en bred bild om hur det ser ut i svenska passagerarredier har intervjupersoner sökts så brett som möjligt. Intervjupersonerna har därför inte valts ut slumpmässigt utan med fokus på bredd. Stratifiering har använts, där ett antal kategorier av möjliga intervjupersoner har definierats för att sedan kunna välja ut intervjupersoner inom dessa kategorier (Höst, et al., 2006). Dessa kategorier har definierats i första hand som personer som har anställning ombord

på fartygen eller iland på kontoren. Vidare har personerna kategoriserats efter ansvarsområden, drift, budget och utveckling.

De svarande i undersökningen var totalt 5st från 3 olika rederier. Uppdelat med en landanställd och en fartygsanställd från rederi 1 och 2 samt en fartygsanställd från rederi 3. Intervjupersonerna har haft olika ansvarsområden men alla har varit kopplade till en eventuell utveckling eller uppgradering av belysning ombord på fartygen.

3.3 Behandling av material

För analys av materialet som insamlats har en kategorisering skett av materialet. Materialet kategoriseras efter olika nyckelord som söks i texten som ger vilka olika kategorier som den utplockade informationen tillhör. Detta kallas en editrande metod (Höst, et al., 2006). Alla intervjuer har lästs igenom och intressanta partier har markerats och kopplats till en kategori eller nyckelord, detta kallas för kodning och genomförs för att kunna plocka ut den information i intervjuerna som är intressant och viktig för ämnet (Höst, et al., 2006). Det kodade materialet har sedan grupperats, detta ger att man kan se till exempel om en viss kategori av intervjupersoner tycker olika mot en annan kategori av intervjupersoner (Höst, et al., 2006). Efter gruppering har allt intressant material tagits i beaktande för att kunna dra relevanta slutsatser. Höst skriver: "I kvalitativa studier är det ofta meningslöst att söka slutsatser av typen att "80 % av de underlydande är negativa till fenomenet"." Det beror på att dessa slutsatser beror på urvalet av personer som i en kvalitativ studie ofta är litet. Höst skriver: "Man kan istället söka slutsatser på ett djupare plan, till exempel hur man resonerar kring en fråga."

3.4 Reliabilitet, validitet och generaliserbarhet

I studien har stor vikt lagts vid att få en hög reliabilitet i fallstudien. Detta har åstadkommit genom att intervjupersoner har valts ut med stor noggrannhet för att intervjuerna ska vara relevanta inom ämnet. Höst, et al., (2006) beskriver vikten av noggrannhet i datainsamlingen samt analysen för att få en god reliabilitet. God validitet uppnås genom att ha en korrekt koppling mellan det man undersöker och det man faktiskt mäter i intervjuer (Höst, et al., 2006). Hög validitet har eftersträfvats genom att ställa väl avgränsade frågor som behandlar det undersökta ämnet. Studien är en fallstudie och fallstudier är vanligen inte generaliserbara (Höst, et al., 2006).

3.5 Etiska överväganden

Det har varit till yttersta vikt att alla intervjuade personer känner sig trygga i intervjusituationen. Alla svar har anonymiserats och detta har meddelats alla intervjupersoner innan intervjuerna påbörjats. Det är viktigt för intervjupersonernas integritet och möjlighet att lämna svar på frågorna som inte är färgade av vad som till exempel företaget tycker utan att få svar som stämmer överens med verkligheten i så stor grad som möjligt. Höst skriver "En viktig etisk princip är att skydda individens integritet. Detta kan åstadkommas genom att i så hög grad som möjligt använda kodad information om individer." Alla intervjuer har varit helt frivilliga och

underlag för intervjuerna har utgivits innan intervjuerna har genomförts för att ge intervjupersonen en möjlighet att förbereda sig innan intervjun.

4 Resultat

I studien har anställda från tre rederier med passagerarfartyg som trafikerar svenska farvatten intervjuats. Dessa rederier benämns vidare som rederi A respektive B och C. Samtliga svarande säger att man håller på att uppgradera belysningen ombord på sina passagerarfartyg till LED, dock i varierande omfattning mellan rederierna och fartyg.

4.1 Vilka faktorer är mest prioriterade för rederier vid en uppgradering?

Det råder en enighet mellan de tillfrågade rederierna att installations- och inköpskostnaden utgör en betydande del av vilken typ av teknik som köps in vid ombyggnationer. Men samtliga svarande anser att det först och främst är återbetalningstiden som är den mest betydande faktorn då denna inkluderar både drift samt installationskostnad. En hög installationskostnad är accepterad ifall en betydande besparing kan göras på driftskostnaden.

Säkerheten är givetvis något som tas i beaktning då ny teknik installeras. Rederi A beskriver ett förfarande där ljuskällor innan installation granskas för att se om de uppfyller kraven från klassningssällskapen. Däremot ses detta inte som en lika betydande faktor som de ekonomiska. LED-tekniken avger dock mindre värme jämfört med exempelvis halogen-lampor vilket rederi C nämner som en bidragande orsak till en uppgradering där halogenlampor har utgjort en brandrisk.

Vad gäller miljöeffekter i samhället är detta inte något som tas i beaktande i någon större omfattning. Det ses dock som en bra bonus av samtliga rederier i och med minskad bränsleförbrukning. En svarande från rederi A säger angående den minskade miljöpåverkan:

”Allmänt anser de flesta det vara en positiv bieffekt, det är mer en bonus”

Övriga faktorer som de svarande ansåg vara positiva men inte var särskilt prioriterade i utgångsläget var att en ökad livslängd på utrustningen, specifikt lamporna ger en minskad arbetsbelastning då LED-lamporna inte byts lika frekvent som konventionell belysning. En annan positiv effekt som två rederier nämnde var att effektåtgången för klimatanläggningen ombord gick ner. Då den nya belysningen inte värmer luften inne i fartygen i samma utsträckning behöver inte luften kylas lika mycket under de varmare månaderna.

4.2 Vad anses vara en accepterad återbetalningstid för en uppgradering?

Rederierna arbetar lite olika i huruvida de gör beräkningar inför en uppgradering ombord på fartygen. Rederi A och rederi C beskriver hur en eventuell uppgradering föregås av en noggrann kalkyl, samt uppföljande mätningar efteråt. Inom rederi B anser man att det är svårt att göra en beräkning av energiåtgång före och efter en ombyggnad och därmed loggförs inga mätningar av effektåtgången innan en ombyggnation sker. Detta på grund av att belysningen anses vara en lägre prioriterad effektförbrukare ombord. En svarande från rederi B säger: ”Det

finns större energibesparingar att göra med ex. frekvensomriktare på pumpar, optimera drift, varvtal och pitch på framdrivningspropellrar, etc.”

De olika rederierna har även lite olika krav på återbetalningstid för en eventuell uppgradering. Rederierna är alla överens om att det kan variera mycket beroende på situation. Till exempel ifall en ombyggnad ändå ska göras blir beräkningarna annorlunda. Rederi A har ett klart uttalat krav från rederiets sida att om en ren energibesparande åtgärd ska genomföras ska den bli återbetald inom 1-2 år. Rederi C anser att en återbetalningstid på 3-4 år är rimlig och nämner också att en längre återbetalningstid kan vara aktuell ifall man kan räkna hem andra vinster som till exempel minskad arbetsbörda på grund av färre byten av lampor.

4.3 Vad har rederierna för erfarenheter av uppgraderingar till LED?

Svarande från rederi A berättar att har gjort omfattande uppgraderingar ombord på ett av sina fartyg. Ombyggnationerna de genomfört har varit lyckade och en återbetalningstid på ner till 13 månader har erhållits på en av de sektioner som konverterades. Samtliga svarande från rederi A hävdar också att ljuskvaliteten är densamma eller aningen bättre efter att fluorescerande och halogen blev ersatt med LED. Ett problem som visade sig först efter konverteringen var att de tidigare installerade dimrarna inte var lämpade för den nya tekniken och inköp av dimrar för LED var därmed nödvändigt. I övrigt har rederi A inte erhållit några negativa erfarenheter vid konvertering.

Rederi B har ett relativt nybyggt fartyg där den största delen av belysningen är LED. Även de har vid ombyggnationer på sina övriga passagerarfartyg inom rederiet uteslutande uppgraderat till LED-belysning. Men som tidigare nämnt i avsnitt 4.2 så loggförs inte effektåtgången innan dessa uppgraderingar sker och därmed kunde ingen eventuell besparing bli beräknad. Belysningen har fungerat väl även om eventuella besparingar inte har beräknats.

Även svarande från rederi C uppger hitintills enbart positiva erfarenheter från genomförda uppgraderingar. Beräknad återbetalningstid har inte uppnåtts och därmed finns inte några exakta uppgifter ännu, men det lutar åt ett positivt resultat där kalkylerna verkar stämma bra. Rederi C nämner även att den lokala miljön för passagerarna ombord blir bättre när man slipper halogenlampor som bildar relativt mycket värme som ska kylas bort och vilket ger en jämnare temperatur och därmed ett bättre klimat.

4.4 Byte till LED-retrofit lysrör

Samtliga rederier i studien har undersökt ifall ett byte från konventionella lysrör till retrofit-lysrör med LED, när ett lysrör har gått sönder, skulle vara lönsamt eller inte. De olika rederierna räknar dock lite olika på huruvida det är lönsamt eller inte med ett byte till LED-lysrör. Rederi A har tester igång med retrofit-lysrör på ett fartyg och ifall resultaten blir positiva kommer en sådan konvertering påbörjas även på flera av rederiets fartyg. Rederi B genomför en del byten till LED-lysrör men, som tidigare nämnt i avsnitt 4.2 har de inte några kalkyler eller uppmätta siffror på ifall det har varit lönsamt eller inte. Inom rederi C har man tidigare undersökt

alternativet med retrofit-lysrör men kom då fram till att inköps- och installationskostnaden skulle bli för hög och återbetalningstiden för lång och det är inget som man genomför i nuläget.

5 Diskussion

Diskussionskapitlet är uppdelat i 2 delar. I metoddiskussionen beskrivs hur författarna har gått tillväga för att sammanställa rapporten samt resonemang kring detta. I den andra delen, resultatdiskussion, behandlas resultatet i studien utifrån författarnas egna åsikter.

5.1 Metoddiskussion

Metoden i studien har valts för att skapa en djup men ändå övergripande bild över hur branschen ser på uppgradering och belysa hur det ser ut idag. Att det gjordes en kvalitativ undersökning beror på att en kvantitativ undersökning hade varit svår att motivera då det hade varit svårt att få svar från tillräckligt många olika intressenter för att erhålla ett resultat som går att generalisera. Därför valdes en kvalitativ undersökning som har gett oss en bra bild över de tillfrågade rederierna. Som Höst (2006) skriver gav den kvalitativa undersökningen oss möjlighet att fördjupa intressanta delar i intervjuerna. Att det inte går att generalisera svaren från de kvalitativa intervjuerna kan ses som en nackdel om svaren från undersökningen skulle kunna användas vidare för att kunna förbättra arbete på fler rederier till exempel. Det skulle även kunna tänkas att en annan metod än fallstudie skulle fungerat bra men med lite andra resultat. Exempelvis skulle det varit intressant med en experimentsmetod då det helt enkelt gjordes ett test ombord med en uppgradering som sedan kunde följas upp.

5.1.1 Bakgrundsmaterial

Bakgrundsmaterialet är valt för att skapa en god grund för att förstå studiens frågor på djupet. Stor vikt har lagts på den tekniska delen för att både läsare och författare ska ha en gedigen kunskap om hur både gamla och nya tekniker fungerar. Höst (2006) beskriver att det är viktigt med ett väl bearbetat bakgrundsmaterial för att lägga en bra grund och kunna välja en bra inriktning på det fortsatta arbetet. Källor som har använts är blandade och utvalda med omsorg för att skapa en trovärdighet i bakgrundsmaterialet. Det finns en ganska begränsad mängd forskning som fortfarande är aktuell inom just LED-teknik. Utvecklingen går väldigt fort framåt och därmed är det svårt att använda en rapport som alltför specifikt beskriver LED-teknikens för eller nackdelar. Däremot stämmer den tekniska beskrivningen ändå väldigt bra. Man kan till exempel se att LED-tekniken är effektivare än andra belysningstekniker men inte säga utifrån studerat material exakt hur mycket.

5.1.2 Intervju

Målsättningen var att genomföra telefonintervjuer med alla svaranden för att kunna få en bra intervju med ett bra djup. Detta har lyckats bra och de intervjuer som har genomförts har varit informativa och mycket givande. Valet föll på telefonintervjuer då personliga intervjuer hade varit alltför omständligt då intervjupersonerna är spridda över ett stort geografiskt område och en del även ute till sjöss och arbetar. Vid samtliga intervjuer har samma frågemall använts men alla intervjuer har även fördjupats med hjälp av följdfrågor där behov av mer uttömmande svar funnits. Två intervjuer har dock genomförts via epost då de svarande har önskat detta. Detta fungerade bra även om djupet på just dessa intervjuer förmodligen hade blivit bättre vid en telefonintervju.

Intervjupersonerna valdes ut för att få en bredd i undersökningen men fortfarande enbart intervjua personer som har bra kunskap om sina egna rederiers arbete vad gäller belysning. Då personerna valdes ut användes som Höst (2006) skriver med stratifiering genom att först upprätta kategorier som var intressanta att få intervjupersoner ifrån. Denna metod fungerade bra och gav en bra bredd på de intervjupersoner som valdes ut och de tillfrågade har ingivit känslan av att de är insatta i ämnet och på olika sätt varit involverade i de uppgraderingar som gjorts på respektive arbetsplats.

Det som kan nämnas är att svaren som gavs skulle kunna ha varierat beroende på vilka intervjupersoner som valdes ut. Hade till exempel en högre ledning tillfrågats kan det tänkas att svaren gällande miljöfrågor hade varit mer framträdande som att detta var en viktig aspekt.

5.1.3 Reliabilitet, validitet och generaliserbarhet

I studien har anställda från 3 olika rederier med passagerarfartyg som trafikerar svenska vatten tillfrågats. Detta ger en relativt begränsad urvalsgrupp vilket gör att studien inte kan generaliseras på hela branschen. En större urvalsgrupp hade gett en bättre helhetsbild vad hela branschen tycker. Valet att enbart titta på passagerarfartyg gjordes då dessa har fler ljuskällor ombord än andra fartyg (Jakobsson, 2016) och därmed borde ha en bättre besparingspotential. Studien har dock gett en bra bild av hur det ser ut hos de tillfrågade rederierna.

Då intervjupersonerna har varit väl insatta i ämnet anses studien ha fått en god reliabilitet. Som höst (2006) beskriver så är det viktigt med en stor noggrannhet i datainsamlingen för att uppnå en god reliabilitet. Dock bör det nämnas att ifall man hade pratat med andra personer på samma rederier är det inte säkert att resultatet hade varit identiskt. En del av svaren är angivna enligt vad hela rederierna tycker medan en del av resultatet kan vara mer vinklat av intervjupersonernas egna erfarenheter och åsikter. Validiteten har hållits god med väl valda frågor som är kopplade till frågeställningarna i studien.

5.2 Resultatdiskussion

5.2.1 Synen på LED-konvertering inom branschen

Samtliga respondenter ställer sig positivt till LED-tekniken då den är relativt energisnål och ofta har en längre livslängd i förhållande till övriga tekniker på marknaden.

Rederierna i studien uppgraderar belysningen ombord på sina passagerarfartyg och även om omfattningen vilket detta görs på varierar kan vi utifrån studien se att det är uteslutande LED som installeras. Anledningen till att inte alla befintliga passagerarfartyg uppgraderas med LED kan bero på en del olika saker. Faktumet att tekniken fortfarande är i teststadiet på vissa fartyg kan antyda att det ännu existerar en viss tvivelaktighet inom branschen till att applicera tekniken ombord. Det kan också vara så att man inom rederier anser att det inte är värt besväret att uppgradera till LED när man ändå planerar att sälja eller skrota ett fartyg inom de närmaste 10 åren.

På pappret ser tekniken väldigt lovande ut och eftersom varje kg bunkerolja som förbränns ger upphov till ca 3kg koldioxid (CO₂) (Alvarez, 2006) kan en minskad klimatpåverkan helt klart åstadkommas genom att uppgradera belysningen till LED ombord på passagerarfartyg. Det som talar emot LED-tekniken är att den fortfarande är något dyrare i inköp än övriga typer av belysning (Högabo, 2016), vilket i sin tur gör det nödvändigt att den på sikt är kostnadseffektiv för att rederier ska vara intresserade av en uppgradering. Redan nu verkar det självklart att man vid ombyggnationer eller nybyggnationer då armaturer redan byts ut satsar på LED-belysning. En viss motvilja verkar dock finnas kvar inom sjöfarten i stort och många har varken tid eller ork att jobba för att uppgradera belysningen oavsett om det lönar sig eller inte.

5.2.2 Återbetalningstidens inverkan

Återbetalningstiden har genom studien visat sig vara den mest betydande faktorn vid beslut om en uppgradering ombord ska genomföras eller inte. Den är i sin tur uppdelad i två huvuddelar: installationskostnad och driftkostnad.

Trots att driftkostnaden för LED-tekniken har varit upp till 90 % lägre var installationskostnaden i början av 2000-talet allt för hög för att en rimlig återbetalningstid skulle erhållas. Detta i kombination med att tekniken inte var lika beprövad kan ha spelat en stor roll till varför tekniken inte har slagit igenom i den utsträckning som den kanske borde ha gjort och främst då på fartyg som är en utsatt miljö där det inte finns utrymme för teknik som inte är helt beprövad på land.

Då LED-tekniken blivit billigare samt har längre livslängd och står emot vibrationer bättre än annan belysning (Jakobsson, 2016) är det mestadels priset på bunkerolja som påverkar återbetalningstiden om en ombyggnation av belysning ändå utförs. Priset på bunkerolja sjunkit till en relativt låg nivå i dagsläget, se Figur 5 i avsnitt 2.5.2. Baserat på tidigare historik kan man göra antagandet att priset återigen kan komma att stiga. Om detta skulle ske inom en snar framtid kommer såklart även differensen i driftkostnad för LED i jämförelse med andra tekniker att öka vilket skulle resultera i en kortare återbetalningstid för en konvertering.

Då merparten av de svarande i studien har ansett att återbetalningstiden är den absolut viktigaste parametern var det lite förvånande att man inom rederi B inte är lika intresserad av att beräkna inbesparingen från denna typ av uppgraderingar då den anses vara "ganska marginell". Det kan dock antas att man i rederi B uppgraderar belysningen ombord för att man redan innan förutsätter att en lägre effektförbrukning och miljöpåverkan kommer att erhållas och om ett byte ändå ska göras väljer man LED framför andra alternativ.

5.2.3 Erfarenheter från uppgraderingar

De svarande i studien är eniga och har mest positiva erfarenheter av LED-tekniken och det anses vara ett bra alternativ till tidigare former av belysning i avseende på driftkostnad, miljö och till viss del även vad gäller säkerheten och klimatregleringen ombord. Det finns dock fortfarande en del problem med att det är en relativt obeprövad teknik. Trots att de intervjuade

mestadels har verkat ha en bra kunskapsbas för att kunna planera och utföra en uppgradering finns det förmodligen fortfarande en viss kunskapsbrist i ämnet.

Lite förvånande är att väldigt lite av så kallade retrofit-lysrör använts. Antingen i en mycket liten omfattning eller på teststadiet. Detta är en mycket enkel metod för att uppgradera en annars gammal belysning (Hult, 2013) och borde ha potential att användas mycket mera. Enligt svarande från rederi C hade de tidigare undersökt möjligheterna att byta till retrofit-lysrör med LED. Då detta inte ansågs vara tillräckligt lönsamt, hög inköpskostnad och en relativt låg inbesparing, så valdes istället att enbart satsa på utbyte av halogenljuskällor.

En sak som lyfts fram från visst håll är den minskade arbetsbelastningen för byten av ljuskällor. Detta kan vara lite svårt att räkna på ombord på ett fartyg där besättningen gör mycket av arbetet själva. Skulle man räkna med en större kostnad för varje byte av en ljuskälla skulle en beräknad livscykelanalys för en uppgradering givetvis förändras i enlighet med (Dhillon, 2009).

5.2.4 Framtid

Framtidens belysning kommer mycket troligt bestå av just någon form av LED-teknik, åtminstone inom den närmaste tiden. Tekniken utvecklas fort just nu inom området LED och det är därför också svårt för någon som ska planera och genomföra en uppgradering att veta vad som finns och hur bra eller dåligt det faktiskt är. Som beskrivs i avsnitt 2.3.4.4 har en effektivitet på upp till 300 lumen/watt redan nu uppnåtts i ett laboratorium (Kungliga Vetenskapsakademien, 2014). Men detta ska dock jämföras med de lysrör som finns tillgängliga på marknaden som har en effektivitet på ungefär 100lumen/watt. Man kan anta att det med största sannolikhet kommer ske betydande förbättringar inom LED-tekniken och allt effektivare produkter kommer att produceras i framtiden.

6 Slutsatser

Studien fastställer att rederier med passagerarfartyg som trafikerar svenska farvatten aktivt arbetar med att uppgradera och konvertera belysningen ombord. Detta sker i varierande omfattning och det är uteslutande LED som installeras då denna teknik anses vara det bästa alternativet.

- Utifrån studiens resultat är det tydligt att återbetalningstiden är den faktor som har störst inverkan vid beslut om en konvertering. Återbetalningstiden är i sin tur uppdelad i en installationskostnad och en driftkostnad där den senare kan variera kraftigt då den är direkt kopplad till bunkeroljans marknadspris. Andra aspekter så som säkerhet och miljöpåverkan anses inte vara lika högt prioriterade även om dessa självklart inte kan försummas.
- Återbetalningstiden varierar beroende på vilken installations- och driftskostnad man har ombord. Olika rederier accepterar olika återbetalningstider för en energibesparande åtgärd. Ett rederi godtar max 2år, ett annat 3-4år eller möjligen längre och ett tredje rederi gör inga beräkning alls vad gäller uppgradering av belysning.
- Rederierna i studien är positiva till LED-tekniken då den är energisnålare, minskar arbetsbelastningen och även kan underlätta regleringen av klimatet ombord.

För att ge en större insikt av hur man inom sjöfarten ser på belysning och speciellt LED skulle liknande studier kunna genomföras även på andra fartygstyper samt fartyg som inte trafikerar SECA- eller ECA-områden. Vidare studier som involverar LED-tekniken kan också, om några år, vara av intresse då forskningen kommit något längre och speciellt om ännu mer energisnålare produkter finns tillgängliga på marknaden.

Referenser

- Alfredsson, A., Cronqvist, A. & Abdo-Walldén, H., 2002. *Elkraftshandboken: Elmaskiner*. 2:a red. Stockholm: Liber AB.
- Alvarez, H., 2006. *Energiteknik: Del 1*. 3 red. Lund: Studentlitteratur.
- American Bureau of Shipping, ABS, 2014. *Rules for Building and Classing, part 4: Vessel Systems and Machinery*. 2014 red. Houston: American Bureau of Shipping.
- American Lighting Association, 2016. *Types of Light Sources and Light Bulbs*. [Online]
Available at: <https://www.americanlightingassoc.com/Lighting-Fundamentals/Light-Sources-Light-Bulbs.aspx>
[Använd 25 02 2016].
- Björnsell, M., 2015. [www.Naturvårdsverket.se](http://www.naturvardsverket.se). [Online]
Available at: <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Energi/Fossila-branslen/>
[Använd 07 03 2016].
- CALiPER, 2014. *Report 21.3: Cost-Effectiveness of Linear (T8) LED Lamps*, Oak Ridge : U.S. Department of Energy, DOE.
- CCOHS, 2016. *Lighting Ergonomics - General*. [Online]
Available at: https://www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/lighting_general.html
[Använd 25 02 2016].
- Coyet, J. & Borgström, F., 2015. *Waste heat recovery system with new thermoelectric materials*, Linköping: Linköpings universitet.
- Dhillon, B. S., 2009. *Life Cycle Costing for Engineers*. u.o.:CRC Press.
- DNV-GL, 2016. *RULES FOR CLASSIFICATION. i: Part 4 Systems and components*. u.o.:DNV-GL, p. Chapter 8 Electrical installations.
- E. Fred Schubert, J. C. J. K. K., 2015. Light-Emitting Diodes. i: *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. u.o.:u.n., pp. 1-20.
- Energimyndigheten, 2015. *Energimyndigheten.se*. [Online]
Available at:
<http://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/hemmet/belysning/lamptyper/lysroret-och-kompaktlysroret/>
[Använd 25 02 2016].
- Europeiska kommissionen: Generaldirektoratet för näringsliv, 2011. *CE-märkning öppnar dörren till EU-marknaden*. Bryssel: Europeiska unionen.
- Fartygssäkerhetslag, 2003:364. *Svensk författningssamling*. i: *Svensk författningssamling*. u.o.:u.n.
- Franzén, T. & Lundgren, S., 2002. *Elkraftteknik*. u.o.:Studentlitteratur AB.
- Hidealite - Led skola, 2016. www.hidealite.se. [Online]
Available at: <http://www.hidealite.se/LED-skola/3-LED-ljuset-I/1202114.html>
[Använd 03 03 2016].
- Högabo, U., 2016. [Intervju] (16 03 2016).

Höst, M., Regnell, B., & Runeson, P, 2006. *Att genomföra examensarbete*. Lund: Studentlitteratur.

Hult, K.-H., 2013. *Elsäkerhetsverket - Led-lysrör*. [Online]
Available at: <http://www.elsakerhetsverket.se/globalassets/pdf/produktsakerhet/pm-ombyggnad-led-ror.pdf>
[Använd 03 03 2016].

Jakobsson, Y., 2016. *Elingenjör* [Intervju] (22 03 2016).

Johansson, H. A., 2015. *Energimyndigheten.se*. [Online]
Available at:
<http://www.energimyndigheten.se/energieffektivisering/hemmet/belysning/varfor-forsvann-glodlampan/>
[Använd 25 02 2016].

Kuiken, K., 2012. *Diesel engines : for ship propulsion and power plants from 0 to 100 000 kW*. 2 red. u.o.:Target Global Energy Training.

Kungliga Vetenskapsakademin, 2014. *ntaskolutveckling.se/*. [Online]
Available at:
<http://www.ntaskolutveckling.se/contentassets/9361b9821cca4a2b8e7dc8b6db4e468a/bla-lysdioder--nobelpris-i-fysik-2014-sv.pdf>
[Använd 25 02 2014].

Larsson, E., 2012. *Frekvensstyrning av sjövattpumpar ombord på M/S Finnfellow*, Kalmar: Linnéuniversitetet.

Lokrantz, U. N., 2012. Svårt återge färger exakt. *Energi & Miljö* , Volym 2, pp. 32-33.

MARPOL, 2016. *MARPOL ANNEX VI*. reviderad red. u.o.:International Maritime Organization (IMO).

Martinsson, B., 2016. *Förste elingenjör* [Intervju] (10 03 2016).

Marttala, A. & Karlsson, Å., 2000. *Projektboken: Metod och styrning för lyckade projekt*. 3:e red. Lund: Studentlitteratur.

Nationalencyklopedin, 2016. *ne.se*. [Online]
Available at: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/passagerarfartyg>
[Använd 12 02 2016].

Naturvårdsverket A, 2005. *Förbränningsanläggningar för energiproduktion inklusive rökgaskondensering*, Stockholm: Naturvårdsverket.

Naturvårdsverket B, 2009. *Bara naturlig försurning: Bilaga 2, Underlagsrapport: Utvärdering av miljötillståndet och trender i skogsmarken.*, Stockholm: Naturvårdsverket.

OSRAM kunskap: LED-ljusfärger, 2016. *Osram.se*. [Online]
Available at: http://www.osram.se/osram_se/nyheter-och-kunskap/led-hem/fackkunskap/led--grunderna/ljusfaerger/index.jsp
[Använd 26 02 2016].

Osram QUICKTRONIC, 2016. *Osram.se*. [Online]
Available at: http://www.osram.se/osram_se/nyheter-och-kunskap/elektroniska-foerkopplingsdon/fackkunskap/hf-don-foer-lysroer-och-kompaktlysroer/index.jsp
[Använd 26 02 2016].

Rummukainen, M., 2005. *Meteorologi: Växthuseffekten*, Norrköping: SMHI.

Sempler, K., 2010. *Nytechnik.se*. [Online]
 Available at: http://www.nytechnik.se/popular_teknik/teknikfragan/article2495213.ece
 [Använd 26 02 2016].

Sheng, L. & Xiaobing, L., 2011. *LED Packaging for Lighting Applications: Design, Manufacturing and Testing*. 1:a red. Singapore: John Wiley & Sons.

Ship & Bunker, 2016. *World Bunker Prices - Ship & Bunker*. [Online]
 Available at: <http://shipandbunker.com/prices>
 [Använd 25 02 2016].

Siddha Pimputkar, J. S. S. S. P. D. & S. N., 2009. Prospects for LED lighting. *Nature Photonics*, Volym 3, pp. 180-182.

Smets, B., 1987. Phosphors based on rare-earths, a new era in fluorescent lighting. *Materials Chemistry and Physics*, 16(3-4), pp. 283-299.

Sveriges Riksbank, 2016. *Riksbanken*. [Online]
 Available at: <http://www.riksbank.se/>
 [Använd 19 03 2016].

Transportstyrelsen A, 2016. *Besiktning av fartyg*. [Online]
 Available at: <https://www.transportstyrelsen.se/sv/sjofart/Fartyg/Besiktning/>
 [Använd 07 03 2016].

Zobra, Allmänt om HF-don, 2016. *Zobra.se*. [Online]
 Available at: <http://www.zobra.se/teknik/allmant-om-hf-don/>
 [Använd 26 02 2016].

Bilagor

Bilaga 1: Underlag för intervjuer

1. Vilken utbildning och yrkesbakgrund har du?
2. Hur länge har du jobbat inom företaget?
3. Vad har du för tjänst och arbetsuppgifter inom företaget?
4. Vilka ansvarsområden har du inom företaget?
5. Vad har du för erfarenhet vad gäller belysning ombord på fartyg?
6. Vad har du för erfarenhet vad gäller LED-teknik? (Nyinstallationer, konverteringar, etc.)
7. Hur mycket anser du att följande faktorer påverkar en eventuell uppgradering av belysning ombord på befintliga fartyg?

1 = liten påverkan

5 = stor påverkan

- a. Installationskostnad
- b. Återbetalningstid
- c. Driftkostnad
- d. Säkerhet
- e. Miljö
- f. Andra faktorer

Beskriv eventuella andra faktorer:

8. Vilken förväntad återbetalningstid anser du är rimlig för att en uppgradering ska vara värd att genomföra.
9. Har ni övervägt att byta ut/konvertera till LED-belysning på något av era passagerarfartyg?
10. Om ja är det planerat eller genomfört?
11. Om det är genomfört:
 - a. Hur ser det ekonomiska resultatet ut och vilken förväntad återbetalningstid?
 - b. Hur upplever ni ljuskvalitén i jämförelse med innan?
 - c. Har ni upplevt några problem efter byte?

12. Har ni övervägt att byta från konventionella lysrör till LED-lysrör, i befintliga armaturer, när dessa ändå byts?
13. Om ja, vad har ni kommit fram till?
14. Om ett sådant byte är genomfört:
 - a. Hur ser det ekonomiska resultatet ut och vilken förväntad återbetalningstid?
 - b. Hur upplever ni ljuskvalitén i jämförelse med innan?
 - c. Har ni upplevt några problem efter byte?
15. Är det något du vill tillägga?