



CHALMERS

Autonoma fartyg

En studie med fokus på ekonomiska konsekvenser

Kandidatarbete inom Sjöfart och Logistik

MARCUS BRATTÉN FRANSSON
TIM THURESSON

RAPPORTNR. SoL-16/171

Autonoma fartyg-

En studie med fokus på ekonomiska konsekvenser

MARCUS BRATTÉN FRANSSON

TIM THURESSON

Institutionen för sjöfart och marin teknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige, 2016

Autonoma fartyg – En studie med fokus på ekonomiska konsekvenser

Autonomous vessels – A study with focus on economic
consequences

MARCUS BRATTÉN

FRANSSON

TIM THURESSON

© MARCUS BRATTÉN FRANSSON, 2016.

© TIM THURESSON, 2016.

Rapportnr. SoL-16/171

Institutionen för sjöfart och marin teknik

Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg

Sverige

Telefon + 46 (0)31-772 1000

Tryckt av Chalmers

Göteborg, Sverige, 2016

Autonoma fartyg – En studie med fokus på ekonomiska konsekvenser

MARCUS BRATTÉN FRANSSON

TIM THURESSON

Institutionen för sjöfart och marin teknik

Chalmers tekniska högskola

Sammanfattning

Studien är genomförd med avseendet att koppla de ekonomiska utfallen från MUNIN-projektet och DNV GL:s finansiella analyser med dagens kostnader för ett konventionellt fartyg. Tanken är att observera om obemannade autonoma fartyg har möjligheten till att reducera kostnader för ett rederi eller om det adderar kostnader. Detta med anledning av att rederier inom containersegmentet och bulksegmentet har problem att presentera vinst i resultat. Även de separata forskningarna jämförs för att få uppfattningen om deras utförlighet gentemot den andra. Sjöfartens framfart inom autonomi med dess tekniska system jämförs med konkurrerande industrier där det sker ett antal pågående forskningsprojekt inom detta ämne.

Implementeringen av autonoma system för ReVolt och MUNIN-fartyget är enligt deras finansiella analyser en lönsam affär. MUNIN-projektets beräkningar visar en kostnadsbesparing på 7 miljoner USD under 25 år när det drivs med heavy fuel oil och ReVolt gör en kostnadsbesparing på 48 miljoner USD under 30 år. Scenariot där MUNIN-fartyget drivs med marine diesel oil visar dock en förlust på 29.7 miljoner USD gentemot det konventionella fartyget. Efter att framtagna kommunikationskostnader, för dataöverföring mellan fartyget och ett landbaserat kontrollrum, applicerats på respektive finansiell analys förändras utfallet i båda analyserna markant. ReVolts kostnadsbesparing på 48 miljoner USD reduceras till 32 miljoner USD på grund av dagens bränslepriser och med kommunikationskostnaden samt personalkostnaden i det landbaserade kontrollcentret överskrider totalkostnaden för ReVolt det konventionella fartyget med 3.95 miljoner USD. MUNIN-fartygets kommunikationskostnad får inte överskrida 280.000 USD per år om den autonoma implementeringen skall vara lönsam i slutändan. Scenariot för MUNIN-fartygets kommunikationskostnader är ett grovt antagande

men det är ändå ett positivt utfall i förhållande till deras separata uträkningar av kommunikationskostnaden, vilket inte är inkluderat i deras finansiella analys. Oavsett detta är den årliga kostnaden för kommunikationskostnaden högre än 280.000 USD och därmed kan det konstateras att det ekonomiska utfallet för MUNIN-projektets fartygskoncept är mindre lönsamt än det konventionella fartyget.

Det som talar för dessa två fartygskoncept är att det är kommunikationskostnaden som orsakar det negativa resultatet. Kommunikationskostnaden kommer med tiden att reduceras då tekniken utvecklas och därför finns potential inom denna utveckling.

Nyckelord:

DNV GL, MUNIN-projektet, ekonomiskt utfall, kommunikationskostnad, konventionellt fartyg, autonomi, autonomt fartyg.

Abstract

The study is performed with the purpose to connect the economic consequences from the MUNIN project and DNV GL's financial analyzes with the present costs for a conventional vessel. The idea is to observe if unmanned autonomous vessels has the possibility to reduce costs for a shipping company or if it contributes with additional costs. This due to the reason that shipping companies within the container- and bulk segment have difficulties to present profit. The two separate research projects are compared to gain a perception of their amplitude. The progress with autonomy and its technical systems within the shipping industry is compared with competitive industries where several projects within the subject are in progress.

According to financial analyzes for ReVolt and the MUNIN project the implementation of autonomous systems is a profitable business. Calculations from the MUNIN-project shows that they will save 7 million USD during a period of 25 years when the vessel is operated with heavy fuel oil and ReVolt achieves a saving of 48 million USD under a period of 30 years. In the scenario when the MUNIN vessel is operated with marine diesel oil, the result will exceed the cost for a conventional vessel with 29.7 million USD. Communication costs, for sending data between the vessel and a shore control centre, has been produced and applied to the financial

assays and it has changed the outcome significantly. The 48 million USD cost savings for ReVolt is reduced to 32 million USD due to current fuel prices and with communication- and personnel costs for the SCC the total costs for ReVolt will exceed the conventional vessel with 3.95 million USD. The communication costs for the MUNIN vessel is not allowed to exceed 280.000 USD per year if the implementation of autonomous systems shall be profitable. The scenario of communication costs for the MUNIN vessel is a great assumption but compared to their own calculation, which is not included in their financial analysis, the outcome is positive. Despite this, the communication costs per year exceed 280.000 USD per year and can thereby be found that the economic outcome for the MUNIN projects autonomous vessel will be less profitable than the conventional vessel.

A positive fact that speaks for these two concepts is that it is the communication costs that has a negative effect on the result. Communication costs will decrease with time due to the fact of the technical development and therefore a potential within this segment exists.

Keywords:

DNV GL, MUNIN project, economic consequences, communication costs, conventional vessel, autonomy, autonomous vessel, shore control centre (SCC).

Förord

Detta examensarbete inom Sjöfart & Logistik-programmet möjliggjordes av bidragande information från representanter inom MUNIN-projektet, DNV GL samt Wärtsilä. Dessa representanter har försett arbetet med tillräcklig ekonomisk information för att det skulle leva upp till dess syfte.

Författarna vill rikta ett stort tack till vår handledare Johan Magnusson som har visat stor entusiasm genom arbetets gång samt även med anledning av att han guidade oss in på detta val av ämne. Stort tack till doktor Luis Felipe Sanchez Heres som bidrog med kunskap om ett examensarbets struktur.

Göteborg, maj 2016

Marcus Brattén Fransson och Tim Thuresson

Innehållsförteckning

Sammanfattning	i
Abstract	ii
Förord	iv
Figurförteckning	viii
1 Inledning	1
1.1 Syfte	3
1.2 Frågeställning	3
1.3 Avgränsningar	3
2 Teori	4
2.1 Besättning	4
2.1.1 Arbetsuppgifter ombord på fartyget	4
2.1.2 Besättningskostnader	5
2.2 Övriga kostnader relaterade till fartyget	8
2.2.1 Operationskostnader	8
2.2.2 Periodiskt underhåll	9
2.2.3 Resekostnader	9
2.2.4 Kapitalkostnader	9
2.3 Kostnadsbesparingar	10
2.3.1 Stordriftsfördelar	10
2.3.2 Slow Steaming	11
2.4 Övriga industrier	12
2.4.1 Volvo Car Sverige AB / Autoliv Sverige AB	12
2.4.2 Google Self-Driving Car Project	12
2.4.3 Flygindustrin	13
2.5 Sjöfartsindustrin	13
2.5.1 MUNIN	13
2.5.2 DNV GL	14
2.5.3 Rolls-Royce	15
2.5.4 Wärtsilä	16
2.6 Kommunikation och dataöverföring	17
2.6.1 Shore Control Centre	17

2.6.2 Dataöverföring	19
<i>2.7 Autonom fartygskoncept.....</i>	<i>20</i>
2.7.1 ReVolt	20
2.7.2 MUNIN-projektets fartygskoncept	23
3 Metod	27
3.1 Arbetsgång.....	27
3.2 Litteratursökning	27
3.3 Intervjuer	27
3.3.1 Respondenter	28
3.4 Etik	28
4 Resultat	28
4.1 Forskningsprojekt inom handelssjöfarten	28
4.2 MUNIN-projektets och DNV GL:s koncepts ekonomiska utfall	30
4.3 Potentiella kostnadsupplägg för överföring av data	31
4.3.1 MUNIN-fartyget	33
4.3.2 ReVolt.....	34
4.4 Ekonomiska sammanställningar.....	35
4.4.1 MUNIN-fartyget	35
4.4.2 ReVolt.....	36
5 Diskussion	37
5.1 Industriers utveckling inom autonomi	38
5.2 Kritisk analys av MUNIN-projektets och DNV GL:s finansiella analyser	38
5.2.1 Besättningskostnader	38
5.2.2 Investeringskostnader.....	39
5.2.3 Kommentarer gällande kommunikationskostnader	40
5.3 Övriga faktorer som har negativ inverkan på de finansiella analyserna	41
5.3.1 Heavy Fuel Oil	41
5.3.2 Lotsstation till lotsstation.....	41
6 Metoddiskussion	41
6.1 Begränsningens problematik	42
6.2 Undersökningens validitet	42
6.3 Undersökningens reliabilitet.....	42

7 Slutsatser.....	43
7.1 Förslag till fortsatta studier	44
8 Referenser	45

Figurförteckning

Figur 1 - MUNIN-projektets vision	14
Figur 2 - Wärtsiläs tilltänkta fartygsdesign	17
Figur 3 - ReVolt förtöjd samt kopplad till landbaserat elnätverk.....	21

Tabellförteckning

Tabell 1 - Kostnad för FleetBroadband baserat på 365 dagar.....	32
Tabell 2 - Kostnad för Iridium baserat på 365 dagar.....	32
Tabell 3. Kostnad för FleetBroadband baserat på 216 dagar för MUNIN-fartyget.....	33
Tabell 4. Kostnad för Iridium baserat 216 dagar för MUNIN-fartyget.....	33
Tabell 5. Kostnad för FleetBroadband baserat på 295 dagar för ReVolt.....	34
Tabell 6. Kostnad för Iridium baserat på 295 dagar för ReVolt.....	34
Tabell 7. Scenario för MUNIN-fartyget under 216 dagar.....	35
Tabell 8. Scenario för ReVolt under 295 dagar.....	36

1 Inledning

Under det senaste året var det få globala containerrederier som lyckades presentera vinst i resultat. Endast sex av de sjutton största containerrederierna redovisade ett lönsamt år (Allport Cargo Services, 2015). Inom bulksegmentet är raterna i dagsläget de lägsta under de senaste tre årtiondena vilket resulterar i att rederier kämpar med att erhålla rater som täcker sina egna kapital-, rese- och dagskostnader (Lewin & Hume, 2015).

Delarna i ett rederi som föder kostnader är ett flertal och operationskostnader är en betydande kostnadskategori. Kostnader produceras framförallt genom just framdrivningen av fartyget, vilket inkluderar kostnader för exempelvis bunker och besättningsmän (Stopford, 2009). Operationskostnaderna är något som rederier kan och något som de lägger fokus på. Dessa kostnader kan genom justeringar åtgärdas och resultera i en kostnadsreducering för rederierna.

Vanliga metoder under de senaste åren är användandet av slow steaming och skalekonomi. Slow steaming innebär att fartyg opererar i en lägre hastighet för att minska sin bunkerförbrukning (Maloni, Paul & Gligor, 2013) och skalekonomi inom sjöfarten är att konstruera större fartyg med mer kapacitet, samtidigt som operationskostnaderna inte ökar i samma procentenhet som kapaciteten på fartyget (Morris, 2015). Reducering av antalet besättningsmän ombord på fartyg är en metod för att sänka operationskostnaderna och detta har frekvent ägt rum under flera årtionden. Vid en reducering av besättningsmän elimineras inte bara löner. Försäkringar och utbildning för personalen ombord på fartyget är även det en betydande kostnad (Porathe, Prison, och Man, 2014).

Parallellt med detta har en forskning och utveckling pågått sedan 2013 berörande obemannade och autonoma fartyg. Flera aktörer såsom Det Norske Veritas, Wärtsilä, och Rolls Royce deltar i forskningen som har i syfte att åstadkomma fartyg som är obemannade och opereras ifrån land. Även den Europeiska unionen bidrar med finansiella medel till ett forskningsprojekt under namnet MUNIN, Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Network. Autonoma fordon har utvecklats sedan 1980-talet. Då grundade sig forskningen på landbaserade fordon samt undervattensfarkoster. Det är nu på senare år som handelssjöfarten börjat undersöka möjligheten med en automatisering (MUNIN, 2016). Anledningarna till varför forskningen applicerats på sjöfartssektorn är just att operationskostnaderna skulle reduceras, men det är även med anledning

av att det enligt MUNIN-projektet skulle kunna bidra till ökad säkerhet, bättre arbetsförhållanden och reducering av emissioner.

Enligt Rødseth & Burmeister (2015) innebär autonomi ett automatiserat system som innehar förmågan att fatta självständiga beslut med hjälp av sensorer och bidrar i en högre grad gentemot vanlig sluten styrning. Nationalencyklopedin (2016) definierar autonomi som självständighet alternativt oberoende vilket innebär att inom transportindustrin elimineras behovet av arbetskraft vid en implementering av autonoma fordon.

Enligt MUNIN (2016) kan begreppet autonom jämföras med intelligenta självstyrande robotar och inom de industriella systemen rörande autonomi framhäver Rødseth & Burmeister (2015) att autonoma fordon skall ha förmågan att operera på ett effektivt och säkert sätt i den realistiska världen där dess användande leder till ett kommersiellt värde, samtidigt som att fordonen skall kunna tillverkas, underhållas och användas till en acceptabel kostnad. Rødseth & Burmeister (2015) anser att den huvudsakliga frågan en kund ställer sig vid en implementering är om användandet av ett autonomt system kan uppnå samma resultat som ett icke-autonomt system, där det samtidigt resulterar i reducerade kostnader. Kravet för att en sådan implementering skall införas grundar sig i lönsamheten den kan medföra ur ett ekonomiskt perspektiv (Rødseth & Burmeister (2015).

Inom andra industrier har forskningen och utvecklingen berörande autonom drift kommit längre där exempelvis ett flertal tunnelbanesystem runt om i världen har implementerat en automatisering och opereras därmed utan förare (MUNIN, 2016). I bilindustrin är bland annat Volvo delaktiga i utvecklingen av autonom körning och Google hade redan i början av 2013, enligt beräkningar, kört en halv miljon amerikanska miles med autonoma fordon på offentliga vägar (Anderson, Kalra, Stanley, Sorensen, Samaras, och Oluwatola, 2014). Nästa steg för att minska bland annat operationskostnader för sjöfarten tycks vara att ytterligare reducera eller till och med eliminera besättningsmän helt genom att obemannade autonoma fartyg opererar på haven. Då man är en industri som idag arbetar med kreativa lösningar för att sänka kostnader bör det, med anledning av andra industriernas utveckling och den pågående forskningen, finnas potential till att ansluta sig till denna innovativa lösning som redan existerar inom andra transportsegment.

1.1 Syfte

Syftet med denna studie är att fokusera på de ekonomiska konsekvenserna till följd av en implementering av MUNIN-fartyget och ReVolt. Studien ser därmed till de ekonomiska följderna, det vill säga vilka kostnader som kan elimineras respektive adderas. De ekonomiska konsekvenserna baseras på ett kustgående containerfartyg med en lastkapacitet av cirka 100 TEU från DNV GL, samt för ett oceangående bulkfartyg från MUNIN-projektet med en storlek av 75000 DWT. Resultatet vill visa vilket ekonomiskt utfall en sådan implementering kan medföra.

1.2 Frågeställning

- Vilket ekonomiskt utfall uppstår vid en implementering av MUNIN-fartyget och ReVolt?
- Är det ekonomiskt försvarbart i dagsläget gentemot likvärdiga konventionella fartyg?

1.3 Avgränsningar

Rapporten har avgränsats till att titta på bulk- och containerfartyg, där DNV GL håller på med ett forskningsprojekt gällande ett containerfartyg som skall operera inom kustsjöfart och där MUNIN-projektet forskar kring ett bulkfartyg inom oceansjöfarten. Dessa två fartyg jämförs med likvärdiga fartyg inom samma segment och lastkapacitet. Infallsvinkeln är ekonomisk, det vill säga det ekonomiska kring en implementering av konsekvenserna berörande kapitalkostnader, resekostnader och dagskostnader, vilket utgör kostnadsposterna i ett rederi.

2 Teori

I detta kapitel tas den existerande bakgrunden om autonomi upp. Olika aktörer inom forskningen och deras koncept presenteras. Kostnadskategorierna i ett rederi introduceras samt metoder för kostnadsbesparingar. Kommunikationskostnader som uppstår vid en implementering av autonoma system och DNV GL:s och MUNIN-projektets fartygskoncept och finansiella analyser avslutar kapitlet.

2.1 Besättning

Historiskt sätt har fartyg alltid varit beroende av att ha en besättning för att kunna fylla funktionen som ett transportmedel. Under denna ständiga utveckling som har skett gällande metoden att navigera ett fartyg mellan två platser, där man ursprungligen använde segel och i dagsläget använder maskin, har det ständigt behövts en besättning för att utföra de uppgifter som krävs för att kunna framföra fartyget på ett lämpligt sätt. Gällande besättningens roll har utvecklingen från segel till maskin medfört att arbetsuppgifterna ombord har ändrats men behovet av en besättning kvarstår för att kunna sköta drift samt navigering även fast antalet besättningsmän har minskat avsevärt sedan 1950-talet och tidigare (Stopford, 2009).

För att ett fartyg skall få segla under svensk flagg alternativt ett utländskt flaggat fartyg skall få trafikera det svenska sjöterritoriet ställs det krav på sjövärdighet. Enligt Fartygssäkerhetslagen (SFS 2003:364) 1 § ”Ett fartyg är sjövärdigt bara om det är så konstruerat, byggt, utrustat och hållet i stånd att det med hänsyn till sitt ändamål och den fart som det används i eller avses att användas i ger betryggande säkerhet mot sjöolyckor”. Enligt fjärde paragrafen skall det även vara bemannat på ett betryggande sätt. Med dessa krav på sjövärdighet och bemanning uppstår ett juridiskt hinder som autonom fartygsforskning måste övervinna (SFS 2003:364).

2.1.1 Arbetsuppgifter ombord på fartyget

Framförandet av ett fartyg mellan två hamnar skall ske av besättningen på ett tillvägagångssätt där det med avseende på omgivning, miljö, last och ombordvarande personal ej anses vara riskabelt. En fartygsbesättning är huvudsakligen indelad i tre huvudavdelningar som utgörs av däck-, maskin- och intendenturpersonal (Satsa på sjöfart, 2016). Däckspersonalen utgör den

nautiska avdelningen där man ansvarar för navigering, lastning, lossning, förtöjning samt underhåll av däck och det inkluderar följande befattningar och arbetsuppgifter:

- Befälhavare: Är högst ansvarig ombord
- Överstyrman: Ansvarar för lastning och lossning samt chef för den nautiska avdelningen
- Andrestyrman: Navigerar fartyget tillsammans med överstyrman samt går vakt ombord
- Matros: Utför underhållsarbete och går vakt ombord men hjälper även till vid lastning, lossning och förtöjning

Maskinpersonalen utgör den tekniska avdelningen ombord där man ansvarar för fartygets drift och inom avdelningen finns följande befattningar och dess arbetsuppgifter:

- Teknisk chef: Är högst ansvarig för den tekniska avdelningen och driften ombord på fartyget
- Förste fartygsingenjör: Är personalens arbetsledare inom den tekniska avdelningen
- Andre fartygsingenjör: Innehar ansvaret för att de dagliga driftsrutinerna utförs
- Motorman: Underhåller och reparerar inom den tekniska avdelningen

Intendenturpersonalen utgör avdelningen för kök och service ombord där följande befattningar inräknas med dess arbetsuppgifter:

- Kocksteward: Arbetsuppgifterna innefattas av inköp av proviant, matlagning, städning, samt tvättning
- Mässpersonal: Assisterar kocksteward i dess arbetsuppgifter

Inom segmenten gällande passagerar- och kryssningsfartyg finns det ytterligare roller inom intendenturavdelningen där personal för butik, hotell, restaurang samt befattningen som intendent kan medräknas (Satsa på sjöfart, 2016).

2.1.2 Besättningskostnader

Besättningskostnader går under kostnadskategorin operationskostnad och inkluderar både indirekta och direkta kostnader som besättningsmän medför. Inom kostnader för besättning finns ett flertal kategorier inkluderande lön för besättning, resekostnad till och från fartyget,

försäkringar och proviant. Enligt Stopford (2009) är dessa de tunga kostnadsposterna för en besättningsman, men utöver dessa förekommer även kostnader för bland annat utbildning av personal, sociala avgifter, pension och rekrytering. Gällande utbildning av personal har det införts krav gällande en säkerhetskurs. Basic Safety STCW Manilla är en säkerhetskurs för personal till sjöss och denna kurs måste man ha gått för att ha behörighet till att arbeta till sjöss från och med årsslutet 2016. Kursen kostar 12.500 kronor, exklusive moms, per person och sedan skall man beställa det erhållna certifikatet från Transportstyrelsen. Kostnaden för detta certifikat är 1.100 kronor (Sjöskolan på Beckholmen, 2016). Detta är ett exempel på en av de utbildningar som det ställs krav på att en besättning skall ha genomgått samt vilka utgifter ett rederi ådrar sig.

Enligt Stopford (2009) är fartygets besättningsstorlek samt de anställningsavtal som råder inom rederiet och flaggstaten de två faktorer som påverkar i högst grad ett fartygs besättningskostnader och denna kostnad kan i vissa särskilda fall utgöra 50 procent av ett fartygs operativa kostnader. Stopford (2009) har gjort en sammanställning av de olika kostnadsposterna som besättningen utgör för ett fem år gammalt bulkfartyg av storleken "Capesize" (cirka 160.000 DWT) och posterna uppgår till följande belopp:

- Löner: 544.000 USD
- Resor och försäkring: 73.000 USD
- Proviant: 46.000 USD

Den sammanlagda summan av de ovanstående beloppen resulterar i en total besättningskostnad av 743.000 USD vilket i detta fall utgör 32 procent av de totala operationskostnaderna för fartyget. Ett fartyg är tvunget att följa och segla i enlighet med de regler och förordningar som dess flaggstat utfärdar. Det är dessa regler och förordningar samt andra kommersiella faktorer som avgör minimikravet för besättningsantalet ombord på ett fartyg. Övervakningssystem samt automatisering av system såsom lasthantering och mekaniska operationer har varit en bidragande faktor till den kraftiga reduktionen av besättningsmän under de senaste årtiondena. Dessa system har exempelvis lett till en fjärrstyrd ballasthantering, ökad kommunikation vilket har eliminerat behovet av en radioofficer samt gjort det möjligt för maskinrummet att vara obemannat på natten (Stopford 2009).

Besättningskostnaden för ett fartyg kan variera i hög grad beroende fartygets ålder. Ett äldre fartyg innehar högre kostnad för besättning än ett förhållandevis nybyggt fartyg. Detta har sin förklaring i att ett äldre fartyg kräver mer underhåll och reparationer. Stopford (2009) jämför hur denna kostnad kan skilja sig åt för ett Capesize bulkfartyg där det innehar en dödvikt av 160.000 mt och lönerna baseras på siffror från år 2007. Ett fartyg som är fem år har ett behov av 20 besättningsmän där deras årliga lönekostnader uppgår till 544.000 USD. Ifall fartygets ålder är 10 år krävs det ytterligare fyra besättningsmän för att kunna utföra nödvändiga reparations- och underhållsarbeten. Dessa fyra besättningsmän innefattas av tredjemaskinist, elektriker, matros och mässman. Användandet av denna extra besättning ombord på fartyget leder till en kostnadsökning av 94.460 USD/år. I ett scenario där fartygets ålder uppgår till 20 år krävs det ytterligare fyra besättningsmän som utgörs av två lättmatrosar, en oiler samt en mässman. Kostnaden för denna utökning till 28 stycken besättningsmän resulterar i detta fall till en årlig summa av 688.344 USD vilket innebär en ökning av 144.344 USD/år gentemot det femåriga fartyget (Stopford 2009).

Besättningsmäns löner kan skilja sig avsevärt åt beroende på deras nationalitet. Det är i dagsläget vanligt att lönen för en europeisk besättningsman kan innebära en 50 procent högre kostnad för ett rederi gentemot en besättningsman från länder där anställningsavtalen är mindre strikta. ITF (International Transport Workers' Federation) har satt ett minimikrav på vad månadslönerna för de olika graderna ombord borde vara för hela den globala sjöfarten, dock är detta inte accepterat av alla flaggstater (Stopford 2009). Inom ett antal flaggstater råder det förbud mot att anställa personal ombord på fartyg som innehar en annan nationalitet. Detta är en av de bidragande orsakerna till att det sker en massiv utflaggning till nationer där tillämpas öppen registrering, vilket innebär att rederierna byter till en så kallad "bekvämlighetsflagg" (flag of convenience) (Stopford 2009).

2.1.3 Övriga kostnader som kan relateras till besättningen

Det existerar även ett flertal kostnader som direkt kan relateras till den ombordvarande besättningen. För att en besättning skall kunna leva och utföra dess arbete korrekt ombord på fartyget uppstår det diverse kostnader. "General stores" där inköp av skydds-, säkerhets-, hytt- och medicinutrustning kan tillräknas till kostnader som bildas indirekt av besättningen. Fartygets så kallade "hotellsystem" bidrar även med kostnader som räknas till de indirekta

besättningskostnaderna där de inkluderas till kategorin. "Hotellsystemet" utgörs av de komponenter som tillför ventilation, värme och luftkonditionering etcetera. Användandet av dessa komponenter resulterar i en ökad förbrukning av elektricitet och därmed ökade kostnader (MUNIN, 2015b)

2.2 Övriga kostnader relaterade till fartyget

Kostnaderna för ett fartygs drift kan enligt Stopford (2009) delas in i fem kategorier där fyra av dessa ses som huvudkategorier. Den första är operationskostnader där besättningskostnader, förråd och smörjolja, reparation och underhåll, försäkringar och övriga kostnader ingår. Kategori två är periodiskt underhåll där torrdockning och fartygsinspektioner ingår. Kategori tre är resekostnader. I denna kostnadspost ligger bunker kostnader, kostnader för diesel som håller igång elektriciteten ombord, hamnkostnader, samt kostnader för att passera kanaler. Den avslutande huvudkategorin är kapitalkostnader där exempelvis eget kapital ingår (Stopford, 2009).

2.2.1 Operationskostnader

Operationskostnader står för omkring 14 procent av de totala kostnaderna. Det bör tilläggas att Stopford (2009) kategoriserar bränslekostnader under resekostnader, vilket gör denna kategori relativt liten i förhållande till totalen. Besättningskostnader är den mest omfattande kostnaden av operationskostnaderna. Den svarar för 42 procent. Utöver besättning uppkommer kostnader genom förbrukning av försörjningsprodukter. Smörjolja är framförallt den försörjningsprodukt som utgör den största kostnaden i kategorin. Totalt står det för 15 procent av de totala operationskostnaderna. Reparation och underhåll står för 14 procent och det inkluderar rutinkontroller, ersättning av komponenter och breakdowns. Det vill säga, inom denna kategori uppkommer både kostnader genom rutinmässiga kontroller som företagets policy, klassificeringssällskap och lastägare kräver och genom oförutsägbara händelseförlopp. Detta procenttal ändras parallellt med att fartyget åldras, då ålder bland annat tär på maskinerna ombord. Försäkringar ingår också i operationskostnader enligt Stopford (2009). Den står för 14 procent men han menar på att den varierar beroende på fartyg. Försäkringar är indelade i två delar. Cirka 67 procent täcker skrov och maskineri och 33 procent täcker skador på tredje part, vilket inkluderar skador på personal och passagerare exempelvis. Den sista kostnaden inom kategorin operationskostnader är övriga kostnader. Under den ingår avgift till flaggstat, landbaserat administrativt arbete, kommunikationskostnader och hamnavgifter för ägaren exempelvis. Storleken av kostnaden beror helt på företagets verksamhet. Stopford (2009) nämner att ett stort

linjerederi har höga administrativa kostnader i förhållande till en liten aktör i trampsjöfarten som opererar två till tre fartyg.

2.2.2 Periodiskt underhåll

Periodiskt underhåll föder kostnader genom torrdockning och special survey av fartyget. Hela kostnadsposten står för 4 procent av den totala kostnaden, men då det är en kostnad kopplat till skicket på fartyget ökar den med ålder. Dessa kostnader är oundvikliga då man måste genomgå en torrdockning vart annat år och en special survey vart fjärde år. Det krävs att man genomgår det för att ha möjligheten att försäkra fartyget. Stopford (2009) räknar på kostnader för ett Capesize och hur kostnaderna skiftar beroende på fartygsmodellens ålder. Ett Capesize är av större mått än vad en Panamax, vilket MUNIN-projektet baserar sin undersökning på, men uträkningarna visar på kostnadsökningen. Med 1993 års dollarpriser ökar bidragandet till dagskostnaden på ett femårigt fartyg till ett femtonårigt fartyg från 551 dollar till 1493 dollar.

2.2.3 Resekostnader

Resekostnader står för 40 procent av den totala kostnaden och detta på grund av bunkerkostnadens närvaro i kategorin. Utöver kostnaden för bunker tillkommer kostnader för hamnavgifter, bogserbåt, lotsverksamhet och framfart genom kanaler. Men det är bunkerkostnaden som sticker ut i förhållande till de övriga. Den svarar för 66 procent av den totala resekostnaden. Denna siffra kan variera menar Stopford (2009), då oljepriset till exempel ökade med 950 procent mellan åren 1970-1985. Sedan är bunkerförbrukning relaterat till fartygets hastighet, ålder och status på skrov och maskineri. Hamnavgifter är även det en tung kostnad som kan delas in i två delar. Den ena berör användandet av hamnfastigheter och förtöjningen och den andra berör service, vilket kan vara hanteringskostnader till följd av flyttning av gods. Stopford (2009) presenterade att det för ett Panamax, som skulle transportera 70.000 ton kol mellan Australien och Europa år 2007, skulle kosta 147.000 dollar. Därmed två dollar per ton.

2.2.4 Kapitalkostnader

Kapitalkostnaden är den största utgiften och den står för 42 procent. Samtidigt är det en kostnad likt ingen annan. Tillskillnad från de andra kostnadsposterna är kapitalkostnaderna inte kopplade till fartygets drift. Stopford (2009) delar in kapitalkostnaden i tre underkategorier. Den första är själva köpet av ett fartyg och betalningen till varvet. Den andra är eget kapital, där man har uppdelade inbetalningarna till antingen en bank eller andra som investerat i fartyget. Den sista är

de likvida medel man erhåller vid försäljning av fartyget. Posten kapitalkostnader påverkas därmed inte av fartygets aktiviteter, utan av ägarens finansiella beslut.

2.3 Kostnadsbesparingar

2.3.1 Stordriftsfördelar

Stordriftsfördelar eller economy of scale, som det heter på engelska, är en metod som används inom producerande industrier för att reducera kostnaden per producerad enhet. Nationalencyklopedin definierar stordriftsfördelar, "fördelar med att produktion i stor skala ofta är tekniskt och ekonomiskt sett mer lönsam än produktion i mindre skala på grund av bättre arbetsfördelning, inläring samt mekanisering och automatisering" (Nationalencyklopedin, 2016b).

Inom sjöfarten har man på senare år dragit nytta av stordriftsfördelar. Användandet av denna metod har eskalerat och Maersks fartyg *Emma Maersk* är ett bra exempel som bygger på detta koncept. Det var det första fartyget med en kapacitet av 11.000 TEU. Samtidigt var fartyget designat för att bära en besättning av 13 personer, vilket är ett lägre antal än många fartyg med en kapacitet av 3.000 TEU enligt Stopford (2009). En byggnation av ett dubbelt så stort fartyg innebär inte att personalen behöver ökas i samma omfattning. Man undviker därmed en ökning av flertalet operationskostnader genom att konstruera fartyg med mer kapacitet. Bunkerkostnaden minskar avsevärt parallellt med en kapacitetsökning. En ökning från 700 TEU till 1.700 TEU minskar bunkerkonsumtionen med 11 ton per tusen TEU. Stordriftsfördelarna medför även att man som rederi blir mer konkurrenskraftiga gentemot sina konkurrenter. Man kan erbjuda ett lägre transportpris då kapaciteten är större, samtidigt som kostnaderna inte ökar i samma grad (Morris, 2015).

Över 2.600 TEU sparar man fem procent varje gång man adderar 1.000 TEU. Men detta är endast i teorin menar Stopford (2009). Vissa fartyg kan inte på grund av sin storlek besöka alla hamnar. Detta då det finns begränsningar i form av bland annat djupgående. I dessa fall behöver man använda feederfartyg för att kunna nå hamnen och det resulterar i adderande kostnader. Även efterfrågan behöver leva upp till fartygens kapacitet för att stordriftsfördelar just skall innebära en fördel. Byggnationen av större fartyg har idag lett till överkapacitet, det vill säga att fartygen har

mer kapacitet en vad efterfrågan på kapacitet är. Maersk fick i oktober 2015 ta ett av sina Triple E fartyg ur bruk under en period på sex veckor i och med en sänkt efterfrågan (Andersen, 2015).

2.3.2 Slow Steaming

En annan metod som sjöfartsindustrin använt sig av sedan finanskrisen, för att bland annat minska sina operationskostnader, är konceptet “slow steaming”. Konceptet bygger på att man avsiktligt sänker hastigheten på fartyget under transporten. Enligt Maloni et al (2013) finns det fyra stycken fördelar att åtnjuta för ett rederi vid användande av denna metod. Reducering av bunkerkostnad, mindre miljöpåverkan, möjlighet till att utnyttja högre grad av fartygsflottan vid överkapacitet och möjlighet till att kunna anpassa farten för att följa tidsschemat vid förseningar är de fyra olika fördelarna som denna metod kan medföra (Maloni et al, 2013).

Genom en hastighetsminskning reduceras även konsumtionen av bränsle, vilket resulterar i en kostnadsbesparing på en operationskostnad. Slow steaming är en metod vars användande har skett flitigt inom containersegmentet under det senaste årtiondet. Det är vanligt att ett containerfartygs transporthastighet vid “full fart” uppgår till cirka 24 knop där man använder sig av 85-90 % av maskinens totala kapacitet och genom att sänka hastigheten uppnår fartyget olika grader av slow steaming. En sänkning av hastigheten till 21 knop innebär i detta fall “slow steaming”, 18 knop innebär “extra slow steaming” och 15 knop resulterar i “super slow steaming” (Maloni et al, 2013). Enligt Maloni et al, (2013) kan bunkerkostnaden utgöra mer än 50% av de totala kostnaderna för containerfartyg vilket innebär att det i hög grad påverkar priset per transporterad TEU, som rederier i dagsläget använder sig av diverse metoder för att reducera. Utöver en kostnadsbesparing har slow steaming också en positiv påverkan på de miljöutsläpp som sjöfartsindustrin idag svarar för och genom att sänka hastigheten kan fartyget minska utsläppen av koldioxid. Vid överkapacitet inom fartygsflottan kan slow steaming medföra ett högre utnyttjande av fartyg då det krävs fler antal fartyg för att kunna bibehålla samma mängd TEU som transporteras per period. Maloni et al (2013) framhåller att “super slow steaming” kan öka användandet av fartygsflottan inom ett rederi med fyra procent vilket anses vara fördelaktigt då det råder överkapacitet samtidigt som bunkerpriset är högt. Med användande av denna metod ökar även möjligheten för fartyg att kunna följa det tilltänkta schemat trots förseningar genom att anpassa farten efter behov.

Om detta koncept skall medföra en lönsamhet gentemot det ordinära där fartygen opererar i “full fart” beror på priset av bunker och fraktrater. Vid ett högt bunkerpris och låga fraktrater kan de ovannämnda fördelarna bidra med lönsamhet för rederiet, medan ett användande av detta koncept

vid lågt bunkerpris och likartade fraktrater endast genererar ökade utgifter, då kostnaden för användning av ytterligare fartyg på traderna överstiger den potentiella vinst som en bunkerbesparing medför (Stopford, 2009). Vid ett beslutsfattande måste även rederiet ta hänsyn till den så kallade transittiden som utökas ytterligare för lastägarna vid en hastighetssänkning (Maloni et al, 2013). Transittiden utgör den totala tiden från att en vara är färdigproducerad och redo för leverans tills dess att den har ankommit och är levererad till mottagaren (Mattson, 2004).

2.4 Övriga industrier

2.4.1 Volvo Car Sverige AB / Autoliv Sverige AB

Volvo Car Sverige AB som är tillverkare av personbilar och Autoliv Sverige AB som är ett fordonssäkerhetsföretag har inlett ett forskningsprojekt som skall baseras på autonom körning. Projektet har namngetts "Drive Me" och forskningens omfattning rör 100 självkörande fordon av modeller som dagligen används av Volvos kunder. Övriga parter som även inkluderas och bidrar i detta samarbete är Göteborgs stad, Lindholmen Science Park, Chalmers tekniska högskola, Transportstyrelsen och Trafikverket (Volvo Car Sverige AB, 2015). Enligt Volvo Car Sverige AB (2015) är målet med detta projekt att uppnå en kostnadseffektivare fordonsanvändning, effektivare väganvändning, bättre stadsplanering och färre trafikstockningar. Volvo Car Sverige AB (2015) framhäver enligt statistik att över 90% av alla dödsolyckor orsakas av den mänskliga faktorn på grund av ouppmärksamhet inom trafiken, men genom att uppnå de ovan nämnda målen framhävs det att det finns god potential för undvikande av olyckor med sakskada, personskada eller dödsfall som följd. I dagsläget existerar det både utvecklade säkerhetssystem samt förarassistanssystem. Säkerhetssystemen bidrar med körfältsassistans och automatisk nödbromsning medans förarassistanssystemen innefattas av sensortekniker av kamera- och radarsystem vars huvudsakliga syfte är att förhindra, varna eller detektera när det uppstår potentiella situationer som kan resultera i olyckor (Volvo Car Sverige AB, 2015).

2.4.2 Google Self-Driving Car Project

Google, som är känt för sin söktjänst på internet, har varit en del av utvecklingen sedan 2009. Under 2009 påbörjade man testandet av sin teknologi på en Toyota Prius och 2012 på en Lexus RX450h. Med Lexus-bilen började man med tester på motorvägar innan man sedan testade tekniken på gator där mer hinder förekom. I december 2014 presenterade man sin första egenutvecklade modell. Google medverkar i utvecklingen av autonom körning med anledning av

resultatet trafikolyckor orsakar. Resultatet är höga dödssiffror och oftast är den mänskliga faktorn skyldig till olyckan (Google, 2016b).

2.4.3 Flygindustrin

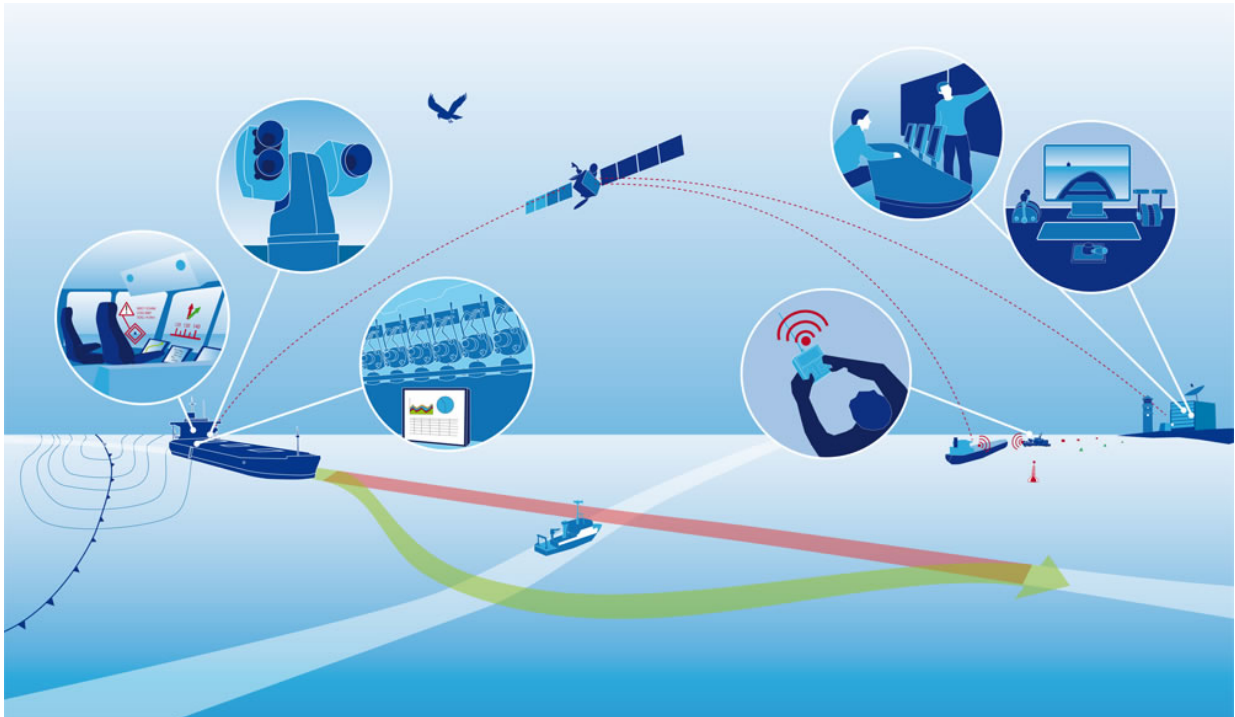
Flygbranschen, det vill säga kommersiella flyg, lastplan och militärflyg inkluderat, har redan en väldigt automatiserad utrustning. Man har autopilot som opererar dagens flygplan med hjälp av rörelsesensorer och vid landning används även då datasystem. På kommersiella flyg förekommer ett automatiserat system som varnar när det existerar en kollisionsrisk. Inom militären har en stridsplansmodell funktionen som gör att den undviker om en eventuell kollisionsrisk föreligger. Piloter från Boeing 777 flygplan har meddelat att de flyger manuellt sju minuter under en flygresa och piloter som opererar modellen Airbus opererar flygplanet manuellt till hälften av den tiden. På lastplan har myndigheter testat både robotar och fjärrstyrda operatörer som andrepiloter (Markoff, 2015).

2.5 Sjöfartsindustrin

2.5.1 MUNIN

MUNIN-projektet är ett forskningsarbete som arbetar med utveckling av obemannade och autonoma fartyg. MUNIN står för "Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Network" och det är ett projekt som EU har varit med och startat och EU bidrar även ekonomiskt till detta projekt (MUNIN, 2016). Den totala budgeten för projektet är 3.5 miljoner Euro och EU har bidragit med 2.9 miljoner Euro av detta belopp. Åtta stycken aktörer arbetar tillsammans med projektet och de består av sjöfartsavdelningar från universitet runt om i Europa, samt några maritima logistikföretag. Chalmers tekniska högskola är en av de åtta aktörerna som samverkar i projektet och det enda svenska bidraget. I övrigt bidrar Tyskland till forskningen genom medverkan av Fraunhofer Center for Maritime Logistics and Services CML, Hochschule Wismar och Marinesoft Entwicklungs und Logistikgesellschaft mbH. Ifrån Norge är Norwegian Marine Technology Research Institute och Aptomar AS med i projektet och från Island respektive Irland bidrar Marorka ehf samt University College Cork (MUNIN, 2016). Det finns idag ett behov av denna utveckling inom transportsektorn i EU. Detta på grund av att volymerna som transporteras ständigt ökar, samtidigt som restriktionerna berörande miljöpåverkan blir hårdare och att antalet sjömän i framtiden, enligt prognoser, kommer vara färre. MUNIN-projektets huvudsakliga syfte

är att undersöka och forska kring obemannade och autonoma fartyg men man ska även kunna övertyga och visa att det är genomförbart. I *figur 1* demonstreras MUNIN-projektets vision där man från land, med hjälp av ett landbaserat kontrollcenter, opererar fartyg via satellitsystem. I sina forskningar har man avgränsat sig till oceansjöfart, då det inom segmentet inte förekommer maritima hinder i samma omfattning som inom kustsjöfart. Fartygstypen man använt sig av i undersökningen är ett Panamax (MUNIN, 2016).



Figur 1 - MUNIN-projektets vision (MUNIN, 2013a). Återgiven med tillstånd.

2.5.2 DNV GL

DNV GL är en av de aktörer som undersöker möjligheten att i framtiden kunna befrakta ett fartyg autonomt via en landbaserad central. Det är även ett av de största klassningssällskapen i världen gällande fartyg, offshore och teknisk rådgivning till gas-, el-, oljeindustrins försörjningskedjor (DNV GL, 2016a). Klassningssällskapet innehar även rollen som ett certifieringsorgan där organisationens huvudsakliga syfte är att skydda miljö, egendom och liv genom att öka hållbarheten och säkerheten i diverse verksamheter (DNV GL, 2016b).

Enligt DNV GL Maritime (2016) verkar de inom sex huvudkategorier som består av följande områden:

- Klassifikation av fartyg
- Klassifikation av offshoreverksamhet
- Maritim rådgivning
- Certifiering av material och komponenter
- Flagg- och kuststat service
- Maritim mjukvara

Med en vision där de strävar efter att påverka den globala sjöfartsindustrin i avseende att nå en säker och hållbar framtid för sjöfarten har de inlett ett forskningsprojekt gällande autonoma fartyg (DNV GL, 2016b). Enligt Tvete (2015), Senior Researcher inom ReVolt-projektet, baseras detta forskningsprojekt på att utveckla ett containerfartyg som skall verka inom Norges kustsjöfart och projektet har namngivits "ReVolt; the unmanned, zero emission, short sea ship of the future". Fartyget ReVolt har en beräknad lastkapacitet av 100 TEU och fartygets framdrivning skall utföras genom batteridrift.

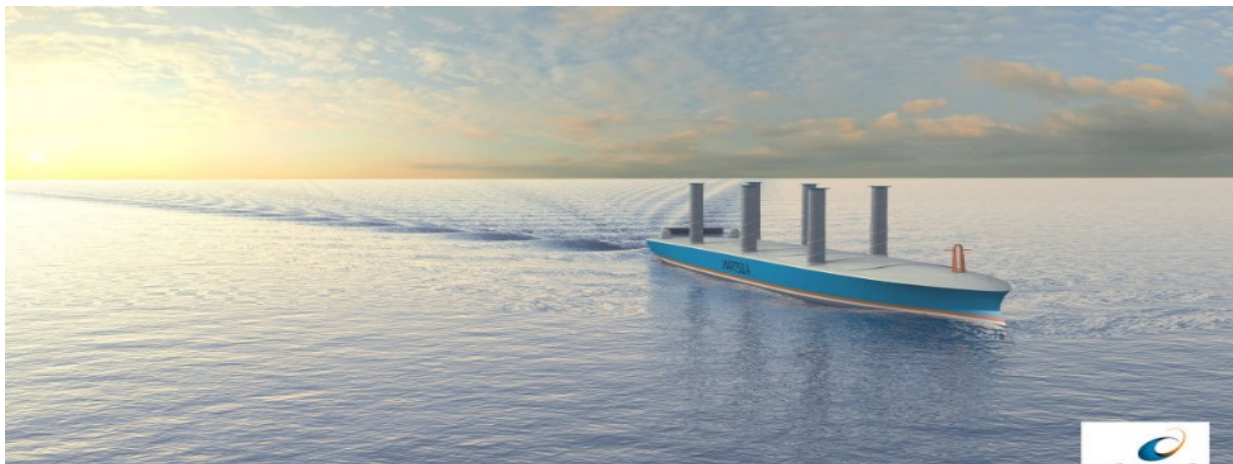
2.5.3 Rolls-Royce

En annan aktör som anslutit sig till forskningen för autonoma fartyg är Rolls Royce. Man leder projektet Advanced Autonomous Waterborne Applications Initiative. Projektet är finansierat av Finnish Funding Agency for Innovation, TEKES, och de har bidragit med 6,6 miljoner Euro för den två-åriga forskningsperioden som har pågått sedan februari 2015 och skall pågå till februari 2017 (Rolls-Royce, 2015). I forskningen är även flertalet finska universitet inblandade tillsammans med fartygsdesigners, utrustningstillverkare och DNV GL. Samtliga parter bidrar med sin expertis på de olika områden som sätts på prov för att denna forskning och utveckling en dag ska bli verklighet (Turun yliopisto University of Turku, 2015). Det är inte endast inom forskningen och utvecklingen av obemannade autonoma fartyg man kan stöta på hinder. Parallellt med forskningen skall även juridiska restriktioner för ett obemannat autonomt fartygs framfart upphävas. Med denna anledning är Åbo Akademi med i projektet för att förse med det juridiska arbetet (Turun yliopisto University of Turku, 2015). Enligt Esa Jokioinen, som leder Rolls-Royce's Blue Ocean development team, befinner sig antagligen fjärrstyrda fartyg tio år framåt i tiden och han menar på att oavsett detta befintliga tidsspann kommer nog teknologin utvecklas i en snabbare takt än regleringarna (Miller, 2015).

2.5.4 Wärtsilä

I juni år 2015 inledde även Wärtsilä ett projekt som fokuseras på autonoma fartyg. Projektet som lanserades är namngivet ”BUSSE - Ultra Slow Steaming Bulker Concept” och det inriktas på bulksjöfarten med tanke på att det utvalda segmentet befinner sig i en hög grad problematisk situation där det är svårt att få lönsamhet i verksamheten enligt Henning von Wedel som innehar rollen som Senior Development Manager (Wärtsilä, 2015a). Enligt Wärtsilä (2015a) är slowsteaming en lönsam metod för ett fartyg under särskilda förhållanden där fartyget sänker hastigheten i syfte om att sänka kostnaderna i form av bunkerbesparing. Teus van Beek som innehar rollen som General Manager för Wärtsilä’s Market Development & Innovation påpekar att framtidens sjötransporter kommer att ske med större, långsammare och enklare operationer och dessa variabler kommer resultera i att det kommer ske en ökning av besättningskostnader (Wärtsilä, 2015a). Förbrukning av fartygsbränsle utgör en betydande del av operationskostnaderna för ett fartyg och genom en fartsänkning och en ökning av fartygets effektivitet gällande tillvaratagande av bränslets energi, där det i dagsläget endast utnyttjas 25% av den tillgängliga energin skulle innebära reducerade kostnader (Wärtsilä, 2015a).

BUSSE-projektet härrör sig om ett fartyg (se *figur 2*) som skall vara obemannat och vars sjötransporter kommer ske i ”Ultra Slow Steaming” som innebär approximativt 6-8 knop vilket kan jämföras med ett konventionellt bulkfartyg där hastigheten når upp till 12-15 knop (Wärtsilä, 2015a). För framtida forskning har BUSSE-projektet upprättat ett ytterligare projekt som skall innebära att fartygets behov av bränsle skall uteslutas och därmed framdrivas via optimerad hydrodynamik, vind och konventionell framdrivning. Denna implementering innebär att fartyget skulle framföras under en så kallad ”Super Slow Steaming” men Henning von Wedel och Teus van Beek påpekar att det ej kommer att ske inom en snar framtid innan ett sådant mål kommer att förverkligas (Wärtsilä, 2015a).



Figur 2 - Wärtsiläs tilltänkta fartygsdesign (Wärtsilä, 2015b). Återgiven med tillstånd.

2.6 Kommunikation och dataöverföring

2.6.1 Shore Control Centre

För att kunna operera ett obemannat fartyg på ett säkert och lämpligt sätt utan besättning och möjlighet till direkt underhåll ställs det höga krav på de olika autonoma systemen ombord och på land. De ställs krav på att de autonoma systemen skall innehålla navigations- och kollisionsundvikande system samt kunna programmera en reseplanering. Dessa system skall övervakas av ett landbaserat center (SCC – Shore Control Centre) som är sammanlänkat med fartyg via de tillgängliga verktygen för kommunikation som exempelvis satellit och VHF (MUNIN, 2015a). Personalen på det landbaserade centret laddar därmed upp resedata till fartyget och övervakar ett fartyg under resan med hjälp av ett ASC-system (Autonomous Ship Controller). Enligt MUNIN (2015a) är ASC ett system som består av två andra system inkluderande ANS(Autonomous Navigation System) och AEMC(Autonomous Engine and Monitoring and Control). ANS och AEMC som utgör ASC-systemet skall innehålla förmågan att skicka väsentlig information gällande navigation- och maskindata med hjälp av sensorer och förprogrammerad resedata, samt ta egenfattade beslut gällande navigationen. Dessa system skall bistå och underlätta för operatörerna på det landbaserade centret att snabbt kunna upptäcka hot, fel och avvikelser på ett effektivt och snabbt sätt för att sedan kunna kommunicera detta till andra aktörer som också tillämpar detta autonoma koncept. För att konceptet med denna autonomi där man navigerar fartygen från ett landbaserat center skall fungera framhäver MUNIN (2015a) att gränssnittet HMI (Human-Machine-Interface) måste utvecklas så att fartyget på egen hand kan agera självständigt

liknande en operatörs förmåga. Kan detta uppnås beskriver MUNIN (2015a) att konceptet uppnår det slutgiltiga målet med en säker och obemannad autonom sjöfart.

Enligt MUNIN (2015a) är målsättningen att ett SCC skulle kunna inrättas för ett traditionellt ship managementbolag där de kan operera fartygsflottan med hjälp av ett antal ingenjörer och kaptener, där detta center skulle ha möjligheten att operera ett flertal fartyg samtidigt. Det existerar två potentiella alternativ för handhavande av en fartygsresa. En fartygsresa skulle ha möjligheten att antingen navigeras av ett enstaka center alternativt av ett flertal center där de skulle vara utplacerade på strategiskt utvalda plaster runt om i världen. Vid användande av alternativet där ett flertal center utnyttjas är tanken att navigering av fartyg skall ske av center där personalen jobbar dagskift. Genom att endast använda sig av dagskift reduceras risken betydligt gentemot nattskift som bidrar med en risk för försummelse i tjänsten.

Personal som skall operera fartyg kommer att inneha arbetstiteln operatör där det ställs krav på att varje operatör skall kunna övervaka och handha sex fartyg samtidigt vid deras arbetsstation. En operatörs arbetsplats innehar sex stycken datorskärmar som visar en väderkarta, radarskärm, informationspanel, elektroniskt sjökort, instrumentbräda samt en skärm visande alla fartygen i realtid (MUNIN, 2015a). Under en resa mellan två kontinenter skall fartygets egna autonoma system inneha förmågan att kunna navigera självständigt större delen av resan med övervakandet av en operatör. Under denna övervakning indikerar informationspanelen status för de olika systemen med flaggsymboler som skiftar färg beroende på hur de ombordvarande systemen bedömer situationen (MUNIN, 2015a). Bedömer systemen att allt är i sin ordning samt inga hot har uppstått skall en grön flaggsymbol indikeras på informationspanelen. En gul flaggsymbol innebär att systemen har identifierat brister eller felaktigheter som kräver att operatören skall utföra en kontroll, men där ingen omedelbar åtgärd är nödvändig. Vid en röd flaggsymbol har det uppstått en kritisk situation där det krävs en omedelbar åtgärd (MUNIN, 2015a).

Enligt MUNIN (2015a) skall detta landbaserade center inneha en arbetsledare vilket är tilltänkt att vara en kapten. Kaptenen skall inneha samma roll och ansvar som den vanligtvis har ombord på ett fartyg, där den är juridiskt ansvarig för alla aktiviteter ombord. Till skillnad från det vanliga scenariot där kaptenen ansvarar för ett fartyg är det nu tänkt att kaptenens ansvar skall utökas till samtliga fartyg som opereras av SCC. För att personalen skall besitta den tekniska kunskap som krävs anger MUNIN (2015a) att det även skall finnas en fartygsingenjör verksam inom detta

center. Vid tekniska problem skall denna ingenjör bistå operatörerna med kunskap och erfarenhet som kan lösa potentiella problem som uppstått.

2.6.2 Dataöverföring

För att kommunikationen mellan ett obemannat fartyg och ett SCC skall kunna utföras enligt de krav som ställs på säkerheten, har MUNIN-projektet studerat vilka kommunikationsverktyg samt vilken uppkoppling som krävs mellan ett fartyg och ett SCC. MUNIN (2012) anger att det skall finnas system för en både normal fjärrstyrd styrning och övervakning samt ett reservsystem som SCC skall kunna använda om det ordinära systemet fallerar. Informationen som sänds i denna typ av uppkoppling från fartyget till SCC behöver skickas i en datalänk av hög kapacitet för att möjliggöra för en överföring av HDTV, sensorsignaler och vägledningssignaler. Denna datalänk skall inneha en hög grad av säkerhet för att förhindra mot kapning och samtidigt klara av att leverera en kapacitet av 3-5 megabit per sekund (MUNIN, 2015c). Överföringen av 3-5 megabit per sekund är aktuell i de situationer där en operatör behöver koppla upp sig till fartyget via HDTV. Exempel på sådana situationer när HDTV skall användas är när fartyget trafikerar högbelastade farvatten, befinner sig nära land eller när de autonoma systemen identifierar något som behöver kontrolleras (MUNIN, 2012).

Höghöghkapacitetslänkar nära land (High capacity Line of Sight) där man använder sig av 3G, 4G alternativt 5G i framtiden har MUNIN-projektet beräknat att använda sig av när fartyget kan mottaga täckning från det landbaserade nätet (MUNIN, 2012). Geografiskt sett har MUNIN-projektet identifierat platser där uppkopplingen är begränsad. MUNIN (2012) anger att inom polarområden som överstiger 80 grader från ekvatorn är det endast det satellitbaserade kommunikationssystemet Iridium som är tillgängligt, vilket innebär att obemannade fartyg som trafikerar dessa områden är i behov av Iridium-systemet. Företaget Ground Control erbjuder diverse paket gällande dataöverföring och företagets mest omfattade erbjudande rörande Iridium-systemet inkluderar 6.000 MB per månad med en tilläggskostnad per MB om det överskrids. Kostnaden för detta erbjudande är 2.976 USD per månad med 0,49 USD per extra MB. Utöver dessa kostnader tillkommer även en kostnad av 4.795 USD i form av installationskostnad samt komponenter (Ground Control, 2016b).

Ground Control erbjuder även diverse dataöverföringspaket (Fleetbroadband) som sträcker sig mellan samtliga världsdelar förutom polarområdena. Fleetbroadband är det system som är tilltänkt att användas när operationen ej sker i polarområden. Detta satellitsystem innehar en installations-

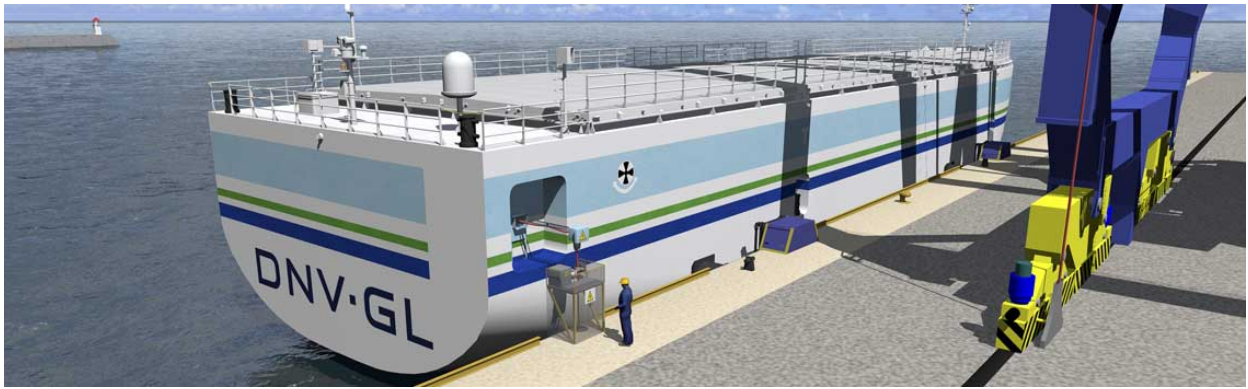
och komponentkostnad av 16.914 USD. Kostnaden för det mest omfattande paketet uppgår till 4.215 USD per månad för 50.000 MB. Överskrids denna volym tillkommer en tilläggsavgift på 0,08 USD per MB (Ground Control, 2016a).

Enligt Porathe et al (2014) kan användandet av den teknik som är nödvändig för en autonom implementering resultera i höga kostnader. Vid upprättandet av en uppkoppling via satellitlänk och bandbredd medföljer därmed även höga kommunikationskostnader. Dessa kostnader har Porathe et al (2014) beräknat uppgå till cirka 150.000 dollar per fartyg i månaden där summan är baserad på dagens kostnader för att överföra data samt att all kommunikation sker i realtid, men de anger även att en reducering av denna kostnad är möjlig i framtiden. Då kostnaden för att överföra denna data i realtid är avsevärt hög påpekar Porathe et al (2014) att denna dataöverföring kan istället ske med jämna mellanrum för att reducera kostnaden. Enligt Porathe et al (2014) är tanken att denna information skall sändas var fjärde sekund, där SCC skall ha möjligheten att omedelbart överta kontrollen om de autonoma systemen fallerar eller om operatören misstänker att något problem har uppstått gällande dessa system.

2.7 Autonoma fartygskoncept

2.7.1 ReVolt

ReVolt är namnet på DNV GL:s koncept, vilket innebär ett obemannat, zero emission och kort-sjögående fartyg. Projektet startade i augusti 2013. Fartyget är 60 meter långt, har en kapacitet på 100 TEU, har en transporthastighet på 6 knop, är avsedd att trafikera en 100 nautiska mil lång rutt längs med Norges kust och det är batteridrivet. *Figur 3* illustrerar DNV GL:s design av ReVolt. En anledning till att projektet har startat under de senaste åren är att vägarna inom EU är tungt trafikerade, vilket ökar parallellt med att invånarantalet i storstadsområden ökar. EU har därmed tittat på vattenvägar för att avlasta vägarna. Men kortsjö har dessvärre låga vinstmarginaler(DNV GL, 2016c).



Figur 3 - ReVolt förtöjd samt kopplad till landbaserat elnätverk (DNV GL, 2016d). Återgiven med tillstånd.

ReVolt är utvecklad med dessa dimensioner med anledning av att man har analyserat Automatic Identification System data från fartyg som opererat inom Norwegian Economic Zone år 2012. ReVolts design är då framtagen kopplad till snittet av denna data. Snitthastigheten inom de vatten var 8,7 knop men man har valt att operera ReVolt med en hastighet av 6 knop för att erhålla en effektivare framdrivning av fartyget. Dock påverkar detta logistikkedjan sett till transittider, vilket betyder att man måste ändra hela logistikkedjan. Detta har medfört att man tittar på att reducera tiderna i hamn och det krävs att hamnoperationerna inte tar mer än fyra timmar och avgångarna måste ske frekvent (Tvete, 2015).

Att bemanningskostnaderna reduceras vid användning av ett obemannat autonomt fartyg framgår tydligt i namnet, men hur mycket den sänks beror på antalet som måste se över fartyget ifrån land. Själva kostnaden för bygget av fartyget är en kostnad som också reduceras menar DNV GL. Utan besättning ombord behövs inga hytter och bland annat ingen värme på fartyget, vilket har en positiv inverkan på kapitalkostnaden och kostnaden för energin (Tvete, 2015).

Tvete (2015) fastställer att då ReVolt är ett koncept och inte ett konkret fartyg har man för att räkna på kapitalkostnaden använt sig av ekonomiska siffror för bygget av två RoRo-fartyg som går på kortsjö för rederiet Nor-Lines. Namnet på fartygen är Kvitbjorn och Kvitnos. Den enskilda kapitalkostnaden för de två RoRo-fartygen var 32.5 miljoner USD och deras enskilda dödvikt ligger på 5.000 dwt. Detta resulterar i en kostnad av 6.500 USD per dwt. DNV GL har använt sig av denna kostnad för att räkna på vad kapitalkostnaden för ReVolt resulterar i. ReVolt har 1.250 dwt, vilket då ger en kapitalkostnad motsvarande 8.125 miljoner USD.

Utöver denna kostnad, som är kopplad till en byggnation av ett konventionellt fartyg, adderas kostnaden för installationen av batteridrift. Enligt DNV GL är kostnaden 1.000 USD/kWh(kilowattimme). Den maximala energi som ReVolt behöver förses med är 325.3 kW. Fartyget är tänkt att operera i 6 knop över en distans på 100 nautiska mil och ReVolt behöver därmed en batterikapacitet på 5.422kWh. DNV GL tittar på alternativ där man sänker batterikapaciteten för att kunna sänka installationskostnaden, men kvarstår behovet av 5.422kWh är kapitalkostnaden för batteriet cirka 5.4 miljoner USD och detta är en utgift som förekommer ytterligare vid ett tillfälle under ReVolts livstid då batteriet tappar i prestationsförmåga med åren. DNV GL:s uträkningar baseras på att ReVolt erhåller ett bidrag från Norwegian NOx fund och den preliminära kapitalkostanden uppskattar man till 9.4 miljoner USD. Även kostnader för autonoma system som lidar, kameror och sensorer är inkluderat i totalkostnaden och den uppstiger 600.000 USD(Tvete, 2016, 29 mars). För att kapitalkostnaden för ReVolt skall kunna vara lika som ett konventionellt fartyg måste kostnaden för installationen per/kWh sjunka till 750 USD/kWh (Tvete, 2015).

Operationskostnaderna för ReVolt baseras på statistik från Drewry Shipping Consultants Limited där DNV GL använt sig av information berörande operationskostnader för ett konventionellt containerfartyg med kapacitet av 100 TEU. Enligt statistiken är den årliga operationskostnaden 1.6 miljoner USD. Kopplat till detta belopp är:

- Bemanning, 46 procent
- Försäkring, 10 procent
- Smörjolja, 11 procent
- Underhåll, 26 procent
- Administration, 7 procent

Enligt DNV GL kan bemanningskostnaden och smörjolja elimineras, försäkring och administration kan kvarstå och underhåll reduceras med hälften. 1.6 miljoner USD är den årliga kostnaden för ett konventionellt fartyg och på ReVolt krävs ingen besättning och det är även framtaget för att inte kräva lika mycket underhåll. 30 procent av operationskostnaden för ett konventionellt fartyg kommer att kvarstå, vilket innebär en årlig operationskostnad på 480.000 USD.

Kostnader relaterade till energi på ett konventionellt fartyg kommer från fartygets framdrivning. DNV GL har för att jämföra med konventionella fartyg använt dagens priser för både ett lågsavvligt bränsle och ett bränsle innehållande en högre halt av svavel. Skillnaden mellan dessa är att ett lågsavvligt bränsle har ett högre pris. I DNV GL:s uträkningar använder de priset 1.050 USD/mt för det lågsavvliga bränslet och 575 USD/mt för bränslet med högre svavelhalt. De har även räknat ut bränslekostnaden för både ett fartyg opererande i normal hastighet och ett fartyg opererande i 15 knop. Fartyget som opererar i en normal hastighet kommer under sin 30-åriga livstid att svara för operationskostnader, inkluderande bränslekostnader, uppstigande 90 miljoner USD vid användning av lågsavvligt bränsle. Vid användning av högsavvligt bränsle uppgår kostnaden till dryga 70 miljoner USD. För fartyget som opererar i 15 knop uppgår operationskostnaden med lågsavvligt bränsle till 96 miljoner USD och 75 miljoner USD med högsavvligt bränsle (Tvette, 2015).

Operationskostnaden för ReVolt är 480.000 USD per år, men då är inte kostnaden för energi inkluderad. Enligt DNV GL kommer ReVolt att förbruka 940.000 kWh per år. Priset på elektricitet är 0.04 USD/kWh. Under ett år uppgår denna kostnad till 36.600 USD. Totalt kommer kostnader relaterat till energi uppgå till 67.000 USD per år. Under ReVolts livstid kommer även batteriet bytas ut vid ett tillfälle och kostnaden för utbytet är 5.4 miljoner USD. Summeras de olika kostnadsposterna har ReVolt en total operationskostnad på 21.8 miljoner USD under sin livstid.

Den kombinerade kostnaden mellan kapitalkostnad och operationskostnad, inkluderat kostnad för energi, resulterar i 31.2 miljoner USD för ReVolt under dennes livstid enligt DNV GL. För ett konventionellt fartyg som opererar i normal hastighet med högsavvligt bränsle blir kostnaden 79 miljoner USD. Vid DNV GL:s egen uträkning menar de på att ReVolt sparar 48 miljoner USD under sin livstid i förhållande till ett konventionellt fartyg som opererar i normal hastighet med högsavvligt bränsle. På sin hemsida har man istället jämfört ReVolt med ett fartyg med dieseldrift. Denna jämförelse mynnar ut i en kostnadsbesparing på 34 miljoner USD under en 30 årsperiod(DNV GL, 2016c).

2.7.2 MUNIN-projektets fartygskoncept

MUNIN-projektet använder sig av ett bulkfartyg tillskillnad från DNV GL, vars koncept grundar sig på ett containerfartyg med kapacitet av 100 TEU. Bulkfartyget som MUNIN-projektet jämfört sitt koncept med är av typen Panamax och uppgår därmed till cirka 75.000dwt. Deras siffror

baseras på 216 sjödagat per år där fartyget opererar mellan lotsstation till lotsstation. Detta innebär att MUNIN-projektet ej medtar kostnader för besättning efter ankomst till lotsstation där en besättning mönstrar på och navigerar fartyget in till kajplatsen, samt från kajplats till lotsstation (MUNIN, 2015b).

Konventionellt Panamaxfartyg

Operationskostnaden för ett konventionellt fartyg av typen Panamax är 25.9 miljoner USD över 25 år. Besättningens lön per år är 735.840 USD vid ett besättningsantal på 20 personer. Under fartygets livstid kommer besättningsantalet att öka med åren vilket har en inverkan på siffran. Andra kostnader kopplade till besättningen är resor till och från hamn vid av- och påmönstring och proviant. Dessa kostnader motsvarar 24 procent av den totala årliga lönen (MUNIN, 2015b). Kostnader kopplade till exempelvis maskinrum är bland annat smörjolja. Det årliga beloppet uppgår till 288.836 USD, men det är ett belopp som skiftar till det högre med fartygets ålder. Underhåll och reparation är även det en kostnad som ökar när fartyget blir äldre. Tillsammans med reservdelar är snittkostnaden 268.151 USD per år (MUNIN, 2015b). Premier för försäkringar täcker både skador på tillgångar och skador på tredjepartsperson. Årsbeloppet är cirka 312.780 USD. I kostnadsposten övriga kostnader ligger kostnader för flaggstat, kommunikationskostnader och administrativa kostnader bland annat och den uppgår till 269.275 USD per år. Periodiskt underhållsarbete kan vara torrdockning, vilket är en aktivitet som sker frekvent. MUNIN-projektet har räknat med att om man torrdockar fartyget en gång under en 60 månader lång period skulle kostnaden vara lika mycket som de totala operationskostnaderna. Den årliga kostnaden är 420.000 USD. Även denna kostnad ökar med fartygets ålder (MUNIN, 2015b).

Enligt MUNIN (2015b) består resekostnader framförallt av bränsleförbrukning men också av hamnkostnader. Den totala resekostnaden för att operera fartyget i 25 år är 98.2 miljoner USD. I MUNIN-projektets finansiella analys har de använt sig av ett snittpris för heavy fuel oil(HFO), marine diesel oil(MDO) och crude oil. Snittpriset för HFO är 659 USD/mt, 1.082 USD/mt för MDO och 941 USD/mt för crude oil. I analysen räknar man bränsleförbrukningen för en standardmotor och den är för ett lastat fartyg 38 ton per dag och 26 ton per dag när fartyget opererar med ballast (MUNIN, 2015b). Av de totala resekostnaderna svarar bränsleförbrukningen i huvudmotorn för 73.4 procent. 10.4 procent av de totala resekostnaderna svarar förbrukningen av MDO för. MDO används bland annat för att producera elektricitet ombord i dieselgeneratorer och det används även vid manövrering och när fartyget ligger till kaj. Hamnkostnaden som MUNIN-projektet räknat på är 100.000 USD per anlop och man tittar på rutten mellan Europa

och Sydamerika. Under ett års tid skulle då fartyget hinna med 15 stycken anlöp, vilket motsvarar 16.3 procent av den totala resekostnaden (MUNIN, 2015b).

Enligt MUNIN (2015b) består kapitalkostnaden av kostnader som är kopplade till själva köpet av fartyget och även den eventuella försäljningen av det. MUNIN-projektet har i sin analys en kapitalkostnad på 34 miljoner USD och detta på grund av att det är snittkostnaden för ett inköp av ett Panamax under perioden 2002 till 2013.

Den totala kostnaden för ett konventionellt Panamax under en 25 år livstid är 158.4 miljoner USD enligt MUNIN-projektets finansiella analys.

Obemannat autonomt Panamaxfartyg

Ett obemannat autonomt Panamax både reducerar och adderar kostnader i kostnadskategorierna operationskostnader, resekostnader och kapitalkostnader. Lönen för besättningen och andra kostnader kopplade till besättningen, som är en del av operationskostnaderna, uppgår till 945.000 USD per år för ett konventionellt Panamax vilket innebär en kostnadsbesparing på just 945.000 USD för det autonoma fartyget. På fartyget behövs heller inte medicin, air condition och ventilation på grund av besättningsmännens frånvaro. Totalt blir det en kostnadsbesparing på 44.000 USD årligen (MUNIN, 2015b).

Underhållsarbetet på fartyget sker när fartyget befinner sig i hamn. Vid dessa tillfällen hyrs en besättning in och lönen för dessa besättningsmän är baserade på kollektivavtal från International Transport Workers Federation. Den årliga kostnaden blir 135.281 USD.

MUNIN (2015b) klargör att resekostnaden för det autonoma fartyget beror helt på vilket bränsle som används. Vid användning av MDO istället för HFO ökar kostnaden avsevärt då MDO i analysen har ett snittpris på 1.082 USD/mt och HFO 659 USD/mt. Något som reducerar bränsleförbrukningen för det autonoma fartyget är ett minskat luftmotstånd, ett lättare light ship och en eliminering av hotellsystemet för besättning. Med anledning av att byggnationen av fartyget inte behöver anpassa sig till besättning finns möjligheten för att designa fartyget annorlunda för att sänka luftmotståndet. Även light ship, det vill säga fartygets skelett, blir lättare när man inte behöver bygga en brygga för fartyget. Enligt den information som MUNIN-projektet har tagit från American Bureau of Shipping sänks bränsleförbrukningen för en Panamax med 0.34 procent när man reducerar 1 procent stål. Enligt uträkningarna reduceras bränsleförbrukningen

med 2.6 procent för ett obemannat autonomt Panamax. En adderande kostnad för det autonoma fartyget som inte förekommer för ett konventionellt fartyg är påstigningen av besättning vid hamnanlöpen. Denna sekvens estimeras att öka kostnaderna vid ett hamnanlöp med 20 procent.

Kapitalkostnaden för det autonoma fartyget jämfört med det konventionella fartyget sjunker sett till att flera sektioner försvinner. Tidigare nämnda exempel är att det inte behövs en brygga ombord. Dock kräver ett autonomt fartyg tekniska system som ett konventionellt fartyg inte är i behov av, exempelvis sensorer. Den finansiella analysen visar på att kostnaden för en byggnation av ett autonomt fartyg skulle vara 10 procent högre än ett konventionellt fartyg, vilket innebär en summa av 3.4 miljoner USD (MUNIN, 2015b).

MUNIN (2015b) påpekar att kostnaden för besättning ombord reduceras men istället föds kostnader genom personal som skall arbeta i SCC. SCC inkluderar fem stycken rum med 45 stycken arbetsstationer, en avdelning där man manövrerar fartyget 24 timmar om dygnet och en avdelning där man bland annat utför planering. Detta SCC kommer kontrollera 90 stycken fartyg och behöver 5.7 stycken anställda per arbetsstation. 169 stycken anställda kontrollerar 90 fartyg och lönerna är baserade på 2014 års kollektivavtal från International Transport Workers Federation. Ytterligare 35 procent adderas på nettolönen då man räknar med sociala avgifter. 10.4 miljoner USD per år är kostnaden för personal. Med MUNIN-projektets beräkningar krävs det 2,85 personer för att operera ett fartyg 24 timmar om dygnet.

Övriga kostnader som är relaterade till SCC är investeringen i faciliteter och kostnader för att driva SCC. Det är dels rum som ska införskaffas, mjukvaror och upplärning för att ha kunskaper berörande dataprogrammen. Denna investering är uppmätt till 2.1 miljoner USD och utbyte av utrustning ger en operationskostnad på 873.957 USD per år (MUNIN, 2015b).

Vid användning av HFO som bränsle visar den finansiella analysen att det autonoma fartyget gör en kostnadsbesparing på 7 miljoner USD under en 25 års period. Detta på grund av reduktionen av besättningsmän. Vid användning av MDO går man istället minus 29.7 miljoner USD under samma intervall. HFO är en smutsig oljeprodukt och vid operation av detta bränsle krävs det städning och behandling ombord för att en säker operation skall kunna genomföras. För att undvika detta är det enklaste alternativet att operera med ett destillerat bränsle som exempelvis MDO (MUNIN, 2013b).

3 Metod

Följande kapitel avser tillvägagångssätt för att erhålla information till frågeställningen i studien. Källorna är framförallt från MUNIN-projektets och DNV GL:s egna artiklar för att studera deras finansiella analyser som berör frågeställningen. Även litteratur och webbaserad litteratur har används till att styrka kommentarer och åsikter om de finansiella analysernas trovärdighet.

3.1 Arbetsgång

Avsikten med studien är att undersöka de ekonomiska konsekvenserna av en implementering av obemannade autonoma fartyg. Information till studien har tagits från ett relevant projekt och en relevant aktör som är verksamma inom forskningen. Både befintliga artiklar från MUNIN-projektet och DNV GL:s respektive hemsidor och mejlkontakt med representanter från de båda forskningarna har använts. Den metod som har tillämpats är en fallstudie då två separata forskningarna med dess finansiella analyser studeras samt granskas.

Majoriteten av fakta i studien är från vetenskapliga artiklar skrivna av representanter ur EU-projektet MUNIN och från Martin Stopfords bok *Maritime Economics*.

3.2 Litteratursökning

Söktjänsten *Scholar* har varit till stor nytta under arbetsgången och har försett studien med mycket information berörande besättning, både angående kostnader och historia. Chalmers bibliotekets egna utbud försåg studien med fakta genom ett lån av boken *Maritime Economics*. Boken innehöll god information om kapital-, rese- och operationskostnader. Utöver vetenskapliga artiklar i söktjänsten *Scholar* och *Maritime Economics* är den mesta av informationen från MUNIN-projektets hemsida. På hemsidan fanns flertalet artiklar med fakta om allt från de autonoma systemen till finansiella analyser. DNV GL bidrog med en rapport som inkluderade en finansiell analys för fartygskonceptet ReVolt. Den sista erhöles genom mejlkontakt med DNV GL.

3.3 Intervjuer

Studien har bortsett från litteratur använt sig av respondenter från MUNIN-projektet och DNV GL och detta har skett via email. Det är endast en liten del av den befintliga information i studien

som kommer från denna källa. De flesta respondenterna hänvisade till vetenskapliga artiklar som redan fanns tillgängliga på MUNIN-projektets- och DNV GL:s respektive hemsidor.

Författarna har genomfört en semi-strukturerad intervju. Intervjun berörde inte jakten på information för att kunna svara på frågeställningen, utan intervjun var kopplad till rapportskrivandet. Intervjun gav information om hur rapporten skulle struktureras.

3.3.1 Respondenter

Intervju:

Doktor Luis Felipe Sanchez Heres, Chalmers Universitet. Heres hade enligt handledare goda kunskaper i rapportskrivande och då det fanns ett behov av vetskap om detta genomfördes en intervju.

3.4 Etik

I mejlkonversationer kopplade till studien har det tydligt framgått att två studenter från Chalmers som skriver ett kandidatarbete ber om information. Har den informationen som efterfrågats varit konfidentiell har den inte varit med i det svarande mejlet och det har förklarats att det inte är information som är tillgänglig för allmänheten. I andra fall där informationen funnits tillgänglig men det har förklarats att man inte får hänvisa till källan har den heller inte använts.

4 Resultat

I följande kapitel sammanställs de olika forskningsprojekten berörande autonomi inom sjöfarten och går vidare med ett förtydligande i de siffror som MUNIN-projektet samt DNV GL presenterar i sina respektive finansiella analyser. Efter sammanställningarna adderas uträkningar som är kopplade till kommunikation och detta appliceras på deras framtagna kostnader i syfte om att uppnå mer kompletta finansiella analyser.

4.1 Forskningsprojekt inom handelssjöfarten

Av den information som finns offentligt tillgänglig är det i dagsläget fyra olika fartygskoncept som det forskas kring och de utförs av Wärtsilä, Rolls-Royce, DNV GL samt MUNIN-projektet.

Wärtsiläs koncept bygger på att framtidens fartyg skall frakta gods i större och långsammare operationer där rederier använder sig av stordriftsfördelar och slow steaming-metoden för att uppnå kostnadsbesparingar. BUSSER-projektet (Wärtsiläs koncept) är riktat mot fartyg som skall operera i "Ultra Slow Steaming" vilket innebär 6-8 knop men en tilltänkt fartygsspecifikation existerar ännu inte. Gällande projektet "Advanced Autonomous Waterborne Applications Initiative" där Rolls-Royce är delaktigt och leder forskningen inom finns det ännu inte någon offentlig information om en specifik fartygsdesign. Vid en bedömning av den information som finns tillgänglig har MUNIN-projektets och DNV GLs koncept kommit längst inom autonomi för fartyg där de har inlett att utföra beräkningar på potentiella fartygstyper. DNV GLs beräkningar baseras på ett koncept där de skall utveckla ett containerfartyg med en lastkapacitet av 100 TEU och MUNIN-projektets koncept baseras på ett bulkfartyg av storleken Panamax (cirka 75 000 dwt).

Fartyget ReVolt (DNV GLs koncept) skall operera inom kustsjöfart, detta innebär att DNV GL skall investera en stor summa pengar på ett fartyg som skall operera inom ett fartområde där vinstmarginalen är relativt låg. Detta kan anses vara riskabelt då det möjligtvis innebär en svårighet att generera en lönsamhet för fartygets utförda transportuppdrag. DNV GL anger att fartyget medför "zero emission" där emissionerna elimineras helt men fartygets batteri kräver en laddning av elektricitet. Denna batteriladdning kan liknas med när ett fartyg vid hamnuppehåll använder sig av landström istället för dieselgeneratorer där emissionerna reduceras kraftigt, men beroende på valet av elektricitetens produktionskälla kan det fortfarande medföra en viss grad av emission på en annan geografisk plats. Vid en sådan implementering inom EU-ländernas farvatten kan ReVolt-konceptet avlasta de tungt trafikerade vägarna som råder inom EU i dagsläget. ReVolt-konceptet innehar även möjligheten att konkurrera ut den nuvarande kustsjöfarten om detta koncept visar sig vara kostnadseffektivt då rederier som opererar inom kustsjöfart tampas med låga vinstmarginaler.

MUNIN-projektet kan dock anses ha kommit längre i forskningen om en eventuell implementering kan medföra en potentiell lönsamhet för en organisation. Dess koncept har utfört mer omfattande beräkningar och även inkluderat ett flertal kostnader som DNV GL ej har medtagit gällande de tre kostnadskategorierna (kapital-, rese- och dagskostnader) för en implementering av ett autonomt fartyg. Detta koncept inkluderar även uppförandet av ett landbaserat kontrollcenter med dess ekonomiska följder samt alla nödvändiga system. MUNIN-projektet har även medtagit i dess beräkningar vilka potentiella system och vilken teknik som

måste utvecklas, implementeras och användas för att en organisation skall kunna operera fartyg autonomt. Det anger även vilka av systemen och vilken teknik som krävs ombord på fartygen och vilka system och den teknik som krävs i deras SCC (Shore Control Center).

Gällande deras SCC har MUNIN-projektet bedömt vilken grad av arbetskraft som behövs samt vilka olika befattningar (operatör, arbetsledare och fartygsingenjör) som är nödvändiga för ett SCC att inneha för att kunna operera dess fartyg på ett säkert och lämpligt sätt. För att MUNIN-projektet skall kunna möjliggöras i verkligheten och därmed implementeras inom sjöfarten ställs det höga krav på den tekniska utvecklingen inom de autonoma systemen. Som MUNIN-projektet nämner i deras forskning krävs det att HMI-gränssnittet (Human-Machine-Interface) måste utvecklas så att fartyget på egen hand kan agera självständigt liknande en operatörs förmåga. Denna utveckling är ett krav för att MUNIN-projektets landbaserade kontrollcenter skall kunna operera fartygen i enlighet med de krav som ställs på säkerheten.

4.2 MUNIN-projektets och DNV GL:s koncepts ekonomiska utfall

Både MUNIN-projektet och DNV GL:s koncept på obemannade autonoma fartyg visar på att det sker en kostnadsbesparing vid implementering av dessa. Dock uppstår en förlust i resultat för MUNIN-projektets koncept om det opereras med bränsletypen MDO istället för HFO. Skillnaden mellan de båda projektens finansiella analyser är att MUNIN-projektets koncept är baserat på en 25 års period, samt att det jämförs med ett konventionellt fartyg av typen Panamax. DNV GL ser till en 30 års period och för att räkna på kapitalkostnader jämförs det med två RoRo-fartyg vars dödvikt är 5000 ton. Då DNV GL:s fartyg ska opereras i norska vatten har de i sin finansiella analys även räknat med att de erhåller bidrag från Norwegian NOx fund.

DNV GL menar på att ReVolt sparar cirka 1.6 miljoner USD per år under 30 år då man i jämförelse med ett konventionellt fartyg sparar totalt 48 miljoner USD under en livstid. Den finansiella analysen informerar om att den markanta kostnadsbesparingen ligger i valet av framdrivningsmedel. ReVolt drivs med ett batteri, vilket gör att kapitalkostnaden är högre än ett konventionellt fartyg men man undviker kostnaden för bränsle under hela dennes livstid. Även de lägre operationskostnaderna bidrar till kostnadsbesparingen. DNV GL har använt sig av information från Drewry Shipping Consultants Limited och enligt denna är den årliga operationskostnaden 1.6 miljoner USD för ett konventionellt fartyg av samma volym. Detta innebär 48 miljoner USD under 30 år. För ReVolt är operationskostnaden under 30 år cirka 21.8

miljoner USD. I den finansiella analysen elimineras besättningskostnaden i och med dess frånvaro på fartyget och fartygets design reducerar underhållsarbetet, vilket reducerar kostnaden för denna. Den totala kostnaden för ReVolt under dennes livstid är cirka 31 miljoner USD och för det konventionella fartyget 79 miljoner USD.

MUNIN-projektets fartygskoncept sparar 7 miljoner USD på 25 år om den opereras med bränsletypen HFO. Vid användning av MDO förloras 29.7 miljoner USD. Med HFO i kalkyleringen sparas 7 miljoner USD och det är den minskade arbetskraften som är anledningen till resultatet. Likt ReVolt är kapitalkostnaden högre på grund av adderande teknologi för autonoma system ombord, men besättningskostnaderna leder till kostnadsbesparingen på 10.5 miljoner USD under 25 år. För ett konventionellt Panamax är den totala kostnaden under dennes livstid 158.4 miljoner USD. För det obemannade autonoma Panamaxfartyget är den totala kostnaden 151.4 miljoner USD om det opereras med HFO och 188.1 miljoner USD om MDO är energikällan.

Då MUNIN-projektets konventionella och autonoma fartyg drivs med antingen MDO eller HFO påverkas inte endast en av parterna vid en prissänkning, utan båda påverkas antingen positivt eller negativt beroende på reduktion eller ökning av pris. I DNV GL:s fall gynnas det konventionella fartyget som ReVolt jämförs med vid en prissänkning. Sedan deras finansiella analys utgavs har priset för både lågsvavligt- och högsvavligt bränsle minskat markant. Priset för IFO380 är idag på cirka 190 USD/mt. I DNV GL:s analys är priset för högsvavligt bränsle 575 USD/mt. Det innebär en prissänkning på 67 procent. Den årliga operationskostnaden och bränslekostnaden för DNV GL:s konventionella fartyg är 2.3 miljoner USD då operationskostnaden är 1.6 miljoner USD och bränslekostnaden 700.000 USD. Med en prissänkning på 67 procent är istället den årliga bränslekostnaden 231.000 USD och den totala årliga kostnaden cirka 1.8 miljoner USD. Under fartygets livstid uppgår kostnaden till cirka 63 miljoner USD istället för 79 miljoner USD. Kostnadsbesparingen blir med dagens bränslepriser istället cirka 32 miljoner USD och detta med Norwegian NOx fund inkluderat.

4.3 Potentiella kostnadsupplägg för överföring av data

Beslutet gällande det antal dataöverföringar som skall skickas per minut påverkas av ett flertal faktorer inkluderande väderförhållanden, fartområde, geografisk position på fartyget, krav på sjövärdighet samt tolerans för ekonomiska utgifter som uppstår. Vid dåligt väderförhållande bör

en utökad övervakning av fartygets system och status ske och i särskilt dåliga väderförhållanden blir FleetBroadband-systemet ej tillgängligt för användning. Fartområdet som fartyget seglar inom skall även ha inverkan på den mängd dataöverföring som skall skickas per minut, där ett fartyg som seglar inom kustsjöfart skall skicka data mer frekvent än ett fartyg som seglar inom oceansjöfart. Denna utökade dataöverföring skall ske på grund av att ett fartyg som seglar inom kustsjöfart trafikerar områden som omges av land samt är högre belastade av fartyg. Med tanke på att det ställs höga krav på ett fartygs sjövärdighet samt att det skall vara bemannat på ett betryggande sätt uppstår en problematisk situation för fartygskoncepten vars syfte är att eliminera besättningen ombord. Om en sådan implementering av autonomi ombord där man kringgår fartygssäkerhetslagen skall kunna införas inom sjöfarten, kan man med fog kunna förvänta sig att dataöverföring skall ske i realtid med en frekvens av 60 överföringar per minut. Vid en dataöverföring av 60 gånger per minut kommer därmed uppkopplingen via HDTV, rörelsesensorer och vägledningssignaler ske oavbrutet mellan fartyget och SCC, vilket medför höga kostnader.

Vid beslutsfattande gällande det antal dataöverföringar som skall skickas per minut kan antalet överföringar i hög grad påverka en fartygsresas ekonomiska resultat. Kostnaden för denna överföring av data kan vara skillnaden på vinst eller förlust för en fartygsresa där kommunikationskostnaden kan skilja sig åt i miljontals USD. Man avväger därmed om denna dataöverföring skall möjligtvis ske varje sekund, var fjärde sekund, var tionde sekund alternativt en gång per minut. Vid ett sådant beslut ställs den ekonomiska faktorn gentemot säkerheten, där ett färre antal överföringar per minut resulterar i en reduktion av säkerhetsgraden för att uppnå en kostnadsbesparing. Nedan i tabellerna demonstreras kostnader baserade på 365 dagar där kommunikationskostnaden skiljer sig åt beroende på det intervall som data skickas.

Tabell 1. Kostnad för FleetBroadband baserat på 365 dagar

Tid	MB/år - paketets vol.	Kost./MB	Årlig premie	Årlig kostnad
1 sekund	15.168.000 MB	0,08 USD	50.580 USD	1.264.020 USD
4 sekunder	3.342.000 MB	0,08 USD	50.580 USD	317.940 USD
10 sekunder	976.800 MB	0,08 USD	50.580 USD	128.724 USD
30 sekunder	/	/	50.580 USD	50.580 USD
60 sekunder	/	/	50.580 USD	50.580 USD

Tabell 2. Kostnad för Iridium baserat på 365 dagar

Tid	MB/år - paketets vol.	Kost./MB	Årlig premie	Årlig kostnad
1 sekund	15.696.000 MB	0,49 USD	35.712 USD	7.726.752 USD
4 sekunder	3.870.000 MB	0,49 USD	35.712 USD	1.932.012 USD
10 sekunder	1.504.800 MB	0,49 USD	35.712 USD	773.064 USD
30 sekunder	453.600 MB	0,49 USD	35.712 USD	257.976 USD
60 sekunder	190.800 MB	0,49 USD	35.712 USD	129.204 USD

4.3.1 MUNIN-fartyget

MUNIN-projektet har uppskattat kostnaden för överföring av data mellan kontrollrum och fartyg till 150.000 USD per fartyg varje månad, vilket skulle resultera i 1.8 miljoner USD över ett år. MUNIN-projektets obemannade autonoma fartyg skulle under en livstid förlora 38 miljoner USD om det drivs med HFO. Detta då det gentemot ett konventionellt Panamax sparar 7 miljoner USD under 25 år, men utan kommunikationskostnaden inkluderat. Under 25 år uppgår kommunikationskostnaden till 45 miljoner USD och därmed är förlusten 38 miljoner USD. För att MUNIN-projektets implementering skall nå "break even" får kommunikationskostnaden maximalt uppgå till 280.000 USD per år vilket innebär en månadskostnad på 23.333 USD.

För att vara i kontakt med fartyget i realtid krävs det en överföring av data mellan 3-5 megabit per sekund, vilket är 0.5 MB per sekund. Enligt Ground Control (år) är kostnaden per MB för FleetBroadband, vilket når över alla världens kontinenter förutom polarområdena, 0.08 USD och man får i paketet 50.000 MB per månad för en årspremie av 50.580 USD. Om man ska vara uppkopplad varje sekund med Ground Controls kostnader blir årsavgiften 1.264.020 USD. Detta då man utöver MB-volymen i paketet behöver använda ytterligare 15.168.000 MB på ett år. Vid användning av Iridium är kostnaden per MB 0.49 USD. I paketet ingår 6.000 MB per månad och detta för en årspremie av 35.712 USD. Den totala årsavgiften uppgår till 7.726.752 USD om det skickas 0.5 MB per sekund över ett helt år. MUNIN-projektets uppskattning baseras på 216 sjö dagar och att man skickar data var fjärde sekund. Med FleetBroadband uppgår då kostnaden till 189.204 USD per år när man använder 1.732.800 MB utöver paketet. Skulle Iridium användas var fjärde sekund under 216 dagar behövs ytterligare 2.260.800 MB utöver paketet på 6.000 MB i månaden. Detta resulterar i en total kostnad av 1.143.504 USD per år. Iridium används endast inom polarområden och vid dåliga väderförhållanden. I och med att man inte vet hur ofta det kommer vara dåliga väderförhållanden är det svårt att uppskatta i vilken grad de olika systemen

kommer användas. Nedanstående tabeller baseras på 216 dagar till sjöss vilket MUNIN-projektet räknar med i deras finansiella analys.

Tabell 3. Kostnad för FleetBroadband baserat på 216 dagar för MUNIN-fartyget

Tid	MB/år -	Kost./MB	Årlig premie	Årlig kostnad
1 sekund	8.731.200 MB	0,08 USD	50.580 USD	749.076 USD
4 sekunder	1.732.800 MB	0,08 USD	50.580 USD	189.204 USD
10 sekunder	333.120 MB	0,08 USD	50.580 USD	77.230 USD
30 sekunder	/	/	50.580 USD	50.580 USD
60 sekunder	/	/	50.580 USD	50.580 USD

Tabell 4. Kostnad för Iridium baserat 216 dagar för MUNIN-fartyget

Tid	MB/år -	Kost./MB	Årlig premie	Årlig kostnad
1 sekund	9.259.200 MB	0,49 USD	35.712 USD	4.572.720 USD
4 sekunder	2.260.800 MB	0,49 USD	35.712 USD	1.143.504 USD
10 sekunder	861.120 MB	0,49 USD	35.712 USD	457.661 USD
30 sekunder	239.040 MB	0,49 USD	35.712 USD	152.842 USD
60 sekunder	83.520 MB	0,49 USD	35.712 USD	76.637 USD

4.3.2 ReVolt

Appliceras MUNIN-projektets kostnad på 1.8 miljoner USD per år på ReVolt är den totala kommunikationskostnaden under fartygets 30-åriga livslängd 54 miljoner USD. Det innebär att ReVolts samtida kostnadsbesparing på 32 miljoner USD gentemot det konventionella fartyget elimineras helt och att det istället adderas 22 miljoner USD till den totala kostnaden för ReVolt, vilket resulterar i en förlust av 22 miljoner USD.

DNV GL har enligt deras analys beräknat att ReVolt skall transportera i en hastighet av 6 knop där transportsträckan uppgår till cirka 100 nautiska mil. Detta innebär att transporttiden för fartyget mellan två hamnar kommer utgöras av en 17 timmars sjöresa. DNV GL har även beräknat att dess hamnuppehåll gällande lastning och lossning skall utföras under maximalt fyra timmar. Vid tillgång till dessa två tidsberäkningar kan det konstateras att sjötiden utgör cirka 81 procent av den totala tiden, vilket innebär att ReVolt därmed kommer att infinns till sjöss cirka 295 dagar per år. För att kunna vara uppdaterad med ReVolt i realtid under 295 dagar per år kostar det med FleetBroadband 1.023.745 USD. Under fartygets 30-åriga livslängd uppgår kostnaden till cirka 30.7 miljoner USD. Det innebär att den tidigare kostnadsbesparingen på 32 miljoner USD är nere

i 1.3 miljoner USD. Tabellerna nedan visar potentiella kommunikationskostnader för ReVolt under de 295 sjödagarna som informeras i ovanstående stycke.

Tabell 5. Kostnad för FleetBroadband baserat på 295 dagar för ReVolt

Tid	MB/år -	Kost./MB	Årlig premie	Årlig kostnad
1 sekund	12.164.571 MB	0,08 USD	50.580 USD	1.023.745 USD
4 sekunder	2.591.400 MB	0,08 USD	50.580 USD	257.892 USD
10 sekunder	676.560 MB	0,08 USD	50.580 USD	104.705 USD
30 sekunder	/	/	50.580 USD	50.580 USD
60 sekunder	/	/	50.580 USD	50.580 USD

Tabell 6. Kostnad för Iridium baserat på 295 dagar för ReVolt

Tid	MB/år -	Kost./MB	Årlig premie	Årlig kostnad
1 sekund	12.692.571 MB	0,49 USD	35.712 USD	6.255.072 USD
4 sekunder	3.119.400 MB	0,49 USD	35.712 USD	1.564.218 USD
10 sekunder	1.204.560 MB	0,49 USD	35.712 USD	625.946 USD
30 sekunder	353.520 MB	0,49 USD	35.712 USD	208.937 USD
60 sekunder	140.760 MB	0,49 USD	35.712 USD	104.684 USD

4.4 Ekonomiska sammanställningar

4.4.1 MUNIN-fartyget

MUNIN-projektet skulle befinna sig under "break even" om man använder sig av FleetBroadband var fjärde sekund. Man skulle i detta scenario göra en total kostnadsbesparing under 25 år på 2.269.900 USD om fartyget drivs med HFO och installationskostnaden är inkluderad. Men på grund av att fartyget ibland befinner sig i dåliga väderförhållanden och inom polarområden krävs användning av Iridiumsystemet. Kostnaden för Iridium-systemet är avsevärt högre än FleetBroadband och kan därför synligt påverka den totala kostnaden om det används. Oavsett hur användningen av dessa system fördelas är det ur ett ekonomiskt perspektiv mest gynnsamt för fartyget att ha tecknat upp sig på både FleetBroadband- och Iridiumabonnemanget.

Vid ett scenario där fartyget drabbas av dåliga väderförhållanden under 20 av de 216 dagarna och endast Iridiumsystemet kan användas kommer därmed en användning av de två systemen kombineras. Enligt MUNIN-projektets beräkningar kommer behovet av dataöverföringar ske med en frekvens av data skickad var fjärde sekund under normala förhållanden medan det kan

göras ett antagande att Iridiumsystemet är i behov av att vara uppkopplat i realtid vid dåligt väderförhållande. Kostnaderna för detta scenario demonstreras enligt nedanstående tabell.

Tabell 7. Scenario för MUNIN-fartyget under 216 dagar

Satellitsystem	Tid	MB/år - paketvol.	Kost./MB	Årlig premie	Årlig kostnad
FleetBroadband	196 dagar	1.516.800 MB	0,08 USD	50.580 USD	171.924 USD
Iridium	20 dagar	792.000 MB	0,49 USD	35.712 USD	423.792 USD
				Total:	595.716 USD

Med tanke på att behovet av Iridiumsystemet kan skilja sig åt beroende på årstid samt farvatten är det svårt att avgöra i vilken grad detta system skall användas. Detta innebär att det endast kan utföras prognoser samt göra antagande för att kunna utföra någon slags estimering. I scenariot där Iridiumsystemet används i realtid under 20 dagar saknas grund, utan det är endast ett grovt antagande. Kostnaden för detta scenario underskrider MUNIN-projektets egenuppskattade uträkning med cirka 1.2 miljoner USD per år, men det överskrider dock den maximalt tillåtna kommunikationskostnaden (280.000 USD) med 315.716 USD per år. Gällande MUNIN-projektets ekonomiska utfall krävs det att kommunikationskostnaderna underskrider den framtagna kostnadsbesparingen på 7 miljoner USD. För att den möjligheten skall existera behöver användningen av Iridiumsystemet begränsas. Vid en användning av FleetBroadband var fjärde sekund i 196 dagar är kostnaden 171.924 USD och detta innebär att kostnaden för Iridium ej får överskrida 108.076 USD under en period av 20 dagar om detta koncept skall anses vara lönsamt ur ett ekonomiskt perspektiv.

4.4.2 ReVolt

ReVolt har enligt sin finansiella analys och med dagens bränslepriser en kostnadsbesparing på 32 miljoner USD i jämförelse med ett likvärdigt konventionellt fartyg. I detta belopp inkluderas ej kommunikationskostnader och kostnader för landbaserat kontrollcenter med dess tillhörande personal. Som informerat i kapitel 4.3.2 uppgår kommunikationskostnaden för ReVolt under fartygets 30-åriga livslängd till cirka 30.7 miljoner USD och det innebär att kostnadsbesparingen efter detta tillägg är 1.3 miljoner USD. För att vara lönsammare än ett konventionellt fartyg måste kostnaden för landbaserat kontrollcenter och personal underskrida denna summa. Med 2.85 personer i personal för ReVolt är den årliga kostnaden för personalen 175.000 USD enligt siffror från MUNIN-projektet. Över 30 år blir kostnaden 5.25 miljoner USD och man överskrider istället det konventionella fartygets totala kostnad med 3.95 miljoner USD. Vad det landbaserade

kontrollcentret kommer att kosta är svårt att avgöra då MUNIN-projektet baserar sin investeringskostnad på en flotta av 90 fartyg och det gör även den årliga operationskostnaden svår att tolka. Tillskillnad från MUNIN-fartyget är ReVolt kustgående. Av denna anledning är möjligheten stor för en uteslutning av Iridium då fartyget inte opererar inom polarområden samt att det ej opererar över ett världshav där det kan finnas svårigheter med kommunikation mellan SCC och fartyg. Dock opererar fartyget inom ett område som är belastat med tätare trafik vilket kräver en utökad övervakning och ett aktivt navigerande. Därmed är behovet av en ständig uppkoppling högre vid kustsjöfart och detta kan innebära att kommunikationen behöver ske i realtid. Nedanstående tabell demonstrerar ett potentiellt scenario där sändning av data mellan ReVolt och SCC skall ske oavbrutet i realtid under de 295 sjögående dagarna, samt även den totala kommunikationskostnaden under de 30 år som konceptet baseras på.

Tabell 8. Scenario för ReVolt under 295 dagar

Satellitesystem	Tid	MB/år - paketvol.	Kost./MB	Årlig premie	Årlig kostnad
FleetBroadband	295 dagar	12.164.571 MB	0,08 USD	50.580 USD	1.023.745 USD
Iridium	0 dagar	0 MB	0 USD	0 USD	0 USD
				Total:	1.023.745 USD
				Total (30 år):	30.712.350 USD

Vid en bedömning av de adderade kostnaderna som kommunikation och SCC medför kan det konstateras att ReVolt istället presenterar ett negativt resultat. Med dagens kommunikationskostnader uppgår beloppet till cirka 30.7 miljoner USD över 30 år. Tillsammans med personalkostnaden i SCC blir ReVolts ekonomiska utfall gentemot det konventionella fartyget en förlust på 3.95 miljoner USD under den 30 åriga livslängden. Utöver dessa kostnader tillkommer även kostnader för lokal, mjukvaror och operationskostnader gällande SCC som ej har tagits med i beräkningarna, då det hade varit ett grovt antagande som hade varit svårt att styrka.

5 Diskussion

I följande diskussion tas sjöfartens nuvarande status inom forskningen om autonomi upp och jämförs med bil- och flygindustrin. Kommentarer och åsikter berörande respektive finansiell analys trovärdighet och utförlighet framförs. Även de adderade kommunikationskostnaderna diskuteras gällande dess rimlighet samt de variabler som har en inverkan på det slutliga resultatet. Avslutningsvis tas faktorer som har en förhindrande effekt på implementeringen upp.

5.1 Industriers utveckling inom autonomi

Vid en jämförelse av sjöfartens framfart inom autonom teknik gentemot bil- och flygindustrin kan det konstateras att sjöfartens forskningsprojekt har i dagsläget fler hinder kvar att övervinna för att en implementering inom industrin skall anses vara fördelaktig och möjlig ur ett kostnads-, säkerhets, miljö- och socialt perspektiv. Rörande autonoma testfordon har utvecklingen inom bil- och flygindustrin kommit längre, där bilindustrin redan utför tester på vägar och flygindustrins tester och forskning har lett till en högre grad av autonomi ombord på dess flygplan jämfört med handelssjöfartens fartyg. Dagens fartyg är även de utrustade med teknik och system ombord som bidrar med ökad säkerhet samt hjälpmedel till navigering där det uppnås en reducering av manuell styrning, dock är flygindustrins teknik mer utvecklad. Flygindustrin har redan implementerat en autopilot som opererar flygplanet med hjälp av rörelsesensorer och vissa flygplansmodeller är utrustade med en funktion som gör att flygplanet avviker från kurs om en eventuell kollisionsrisk förekommer. Dessa två funktioner utgör en del av den forskning som dagens forskningsprojekt inom handelssjöfarten grundar sig på. Ombord på lastplan har flygindustrin även utfört tester under vissa flygningar där robotar och operatörer som navigerar fjärrstyrt har agerat andrepilot. Bilindustrin har uppnått mer framgång inom autonoma testfordon genom exempelvis Googles ” Self-Driving Car Project” och Volvos/Autolivs ”Drive Me-projekt”. Googles testfordon har redan kört mer än en halv miljon amerikanska miles på offentliga vägar och Volvo/Autoliv planerar att ha 100 självkörande fordon på Göteborgs vägar under år 2017. Detta kan jämföras med handelssjöfartens skilda forskningsprojekt som i dagsläget befinner sig i planerings- och forskningsstadiet där fartygen ännu inte har testats med en autonom teknik.

5.2 Kritisk analys av MUNIN-projektets och DNV GL:s finansiella analyser

5.2.1 Besättningskostnader

Besättningskostnaderna för MUNIN-projektets konventionella fartyg är en rimlig uppskattning. MUNIN-projektet har i sin analys en årlig besättningslön på 735.840 USD för ett Panamax med 20 stycken besättningsmän. Stopford (2009) menar på att besättningslönen för ett bekvämlighetsflaggat Capesize med 20 stycken i besättningen uppgår till 544.000 USD per år och denna siffra baseras på statistik från 2007. MUNIN-projektets siffra baseras på operationskostnader från statistik från Drewry Shipping Consultants Limited år 2011 och 2012.

Även DNV GL har använt sig av Drewry för att finna information om operationskostnader för ett konventionellt containerfartyg med kapacitet av 100 TEU. 1.6 miljoner USD svarar operationskostnaderna för årligen och besättningen svarar för 46 procent av summan, vilket är 736.000 USD per år. Det förekommer ingen tillgänglig information om antalet besättningsmän på ett konventionellt containerfartyg med kapacitet av 100 TEU, men enligt Stopford (2009) har fartyget Emma Maersk 13 stycken i sin besättning och fartyget har en kapacitet på 11.000 TEU. Då besättningskostnaden på ett konventionellt containerfartyg med kapacitet av 100 TEU är lika hög som besättningslönen för 20 stycken personer på ett Panamax bör besättningsantalet vara nästintill lika omfattande. Men med vetskap av att Emma Maersk endast har en besättning på 13 stycken och samtidigt har en kapacitet som är 110 gånger så stor finns anledning till att vara skeptisk till informationen. Dock kommer informationen från Drewry och både MUNIN-projektet och DNV GL har tagit information från denna källa. Av denna orsak finns ingen anledning till att kritisera denna del av den finansiella analysen även fast informationen inte är tillgänglig hos Drewry utan betalning.

Tillskillnad från MUNIN-Projektet eliminerar DNV GL besättningskostnaden och kostnader för kontrollrum på land i analysen för ReVolt. MUNIN-Projektets siffror baseras på en flotta av 90 fartyg och 169 stycken anställda. Den årliga personalkostnaden är 10.4 miljoner USD, operationskostnaden är cirka 874.000 USD per år och investeringskostnaden i lokaler och utrustning är 2.1 miljoner USD. Jämförelse mellan dessa är svår då endast ett fartyg opereras av DNV GL. MUNIN-projektet räknar med minst 5.7 stycken i personal per station för att kunna operera 24 timmar om dygnet. Det är 45 stycken stationer på 90 fartyg och därmed två fartyg per station. Vid operation av ett fartyg ska det med MUNIN-projektets uträkningar då vara 2.85 personer för operation 24/7. I ett scenario där 2.85 personer opererar ReVolt är den årliga personalkostnaden, med MUNIN-projektets löner som är baserade på kollektivavtal från ITF, cirka 175.000 USD.

5.2.2 Investeringskostnader

Kapitalkostnaden i MUNIN-projektets finansiella analys är väl utvecklad och ingående. 34 miljoner USD för ett konventionellt Panamax är ett snitt på byggnationskostnaden under perioden 2002 till 2013. Det obemannade autonoma Panamaxfartyget kostar 10 procent mer än ett konventionellt. Dessa 10 procent är framtagna genom en reducering av kostnader för stål till fartygsbyggnationen då hotellsystemet elimineras, samt en addering av utrustning för de autonoma systemen ombord. Hotellsystemet svarar för fem procent av den totala kostnaden, vilket

motsvarar 1.7 miljoner USD. Med denna information bör de autonoma implementeringarna, med SCC inkluderat, svara för 5.1 miljoner USD och detta är cirka 13.5 procent av den totala kostnaden för ett obemannat autonomt Panamax. Kostnaden för de autonoma systemen på ReVolt uppgår till totalt 600.000 USD, men då är inte implementeringskostnaden för landbaserad teknik och kommunikation inkluderad. 600.000 USD motsvarar 6.4 procent av den totala kapitalkostnaden för ReVolt och denna procentenhet kommer att öka markant vid inkludering av kostnaderna för landbaserad teknik och kommunikation.

Kapitalkostnaden för ReVolt är inte lika rättvist framtagen som MUNIN-projektets, där man jämför med ett likvärdigt fartyg. Enligt Stopford (2009) är investeringskostnaden för ett bulkfartyg med 30.000dwt 26 miljoner USD. För ett bulkfartyg med 170.000dwt, det vill säga nästan sex gånger så stort, är investeringskostnaden 59 miljoner USD. Investeringskostnaden är därmed cirka 2.3 gånger så stor för ett fartyg som är sex gånger så stort. DNV GL har använt faktorn 6500 USD/dwt. Beloppet är framtaget genom att ta investeringskostnaden för ett RoRo-fartyg, opererat av Nor-Lines, dividerat med dess kapacitet på 5.000dwt. ReVolts kapacitet är 1.250dwt och fartygsbyggnationen bör enligt Stopfords teori därför vara dyrare per dwt än för RoRo-fartyget.

DNV GL har rätt till att få ersättning av Norwegian NOx fund då man med batteridriften har tillräckligt låga utsläpp för att ha den möjligheten. Det gör den finansiella analysen korrekt i sammanhanget då fartyget ska trafikera en rutt inom norska vatten. Men vid en analys där ingen specifik kustlinje är bestämd är inte uträkningen överensstämmande. Vid användande av faktorn 6500 USD/dwt är kapitalkostnaden för fartyget cirka 8.1 miljoner USD. Implementeringskostnaden för batteriet är 5.4 miljoner USD. Utan bidraget är kapitalkostnaden 13.5 miljoner USD istället för 9.4 miljoner USD.

5.2.3 Kommentarer gällande kommunikationskostnader

De uträkningar som har presenterats i resultatet har baserats på kostnader från företaget Ground Control. Dessa kostnader är i förhållande till MUNIN-projektets avsevärt lägre, vilket gör att dessa kostnader bidrar med ökad optimism gentemot MUNIN-projektets uträkning på 150.000 USD per månad. Vad deras kommunikationskostnad baseras på utöver faktumet att data skall sändas var fjärde sekund är det brist på information om. Vid ett antagande gällande användningen av de två satellitbaserade systemen är det rimligt att tro att de i teorin använder Iridium under en större del av sjödagarna, alternativt baseras deras uträkningar på föråldrade

kommunikationskostnadsuppgifter. Det skall dock tilläggas att de siffror som är tagna från Ground Control möjligtvis inte är de mest optimala att hänvisa till.

5.3 Övriga faktorer som har negativ inverkan på de finansiella analyserna

5.3.1 Heavy Fuel Oil

Då HFO är en bränsletyp som medför krav på städning och behandling vid användning och förbränning uppstår det en problematisk situation då fartygets besättning som normalt handhar detta ej befinner sig ombord. Vid ett uteslutande av denna hantering uppstår en säkerhetsrisk vilket ej får förekomma. Detta innebär att ett alternativt bränsle behöver förbrännas och MUNIN (2013b) anger att ett destillerat bränsle ej innehåller samma hanteringskrav, där MDO är lämpligt bränsle. Vid avvägning av vilket bränsle som fartyget skall framföras på uppstår det två skilda kostnader. HFO medför hanteringskostnader medan MDO är dyrare per metriskt ton. Vid valet av MDO har redan MUNIN-projektet aviserat att det sker en förlust i resultat för ett obemannat autonomt fartyg.

5.3.2 Lotsstation till lotsstation

MUNIN-projektet har baserat den finansiella analysen på kostnader som uppstår under resor mellan lotsstationer samt de kostnader som tillkommer under hamnuppehåll. Därmed kan det ej levereras en fullständig kostnadsbild av de kostnader som uppstår när en besättning skall borda fartyget samt navigera till och från kajplats och lotsstation. Vid medtagande av dessa kostnader påverkas MUNIN-projektets finansiella analys ytterligare. Information om vad dessa kostnader är uppskattade till framgår MUNIN-projektets finansiella analys. Man har estimerat en kostnadsökning av 20 procent vid varje hamnanlop, men det är ett grovt antagande. Utomstående information berörande detta scenario har varit bristfällig då autonoma fartygskoncept ännu inte har implementerats inom handelssjöfarten.

6 Metoddiskussion

Valet av metod för att uppnå resultat som svarar på frågeställningarna föll på fallstudie. Tillämpningen av fallstudie är lämplig i detta sammanhang då frågan om de ekonomiska konsekvenserna vid en implementering av autonoma fartyg behöver undersökas på djupet och där en förklaring kan levereras som kan appliceras inom verkliga situationer (Denscombe, 2012). En

surveyundersökning hade blivit för djupgående samt omfattande och det existerar inte tillräckligt utförlig ekonomisk information inom området för att kunna ge en detaljerad överblick (Denscombe, 2012).

6.1 Begränsningens problematik

Problematiken i begränsningen var att merparten av de faktorer som både förespråkar och går emot konceptet av obemannade autonoma fartyg är indirekt kopplade till ekonomi. Därmed har rapporten begränsats till påtagliga kostnader och ej till eventuellt tillkommande kostnader såsom säkerhet och skydd mot cyberattacker samt piratverksamhet. I ett scenario där dessa faktorer hade adderats hade ytterligare tid varit nödvändig. Problematiken med att avgränsa rapporten till endast två specifika fartyg kan mynna ut i ett resultat som ej kan appliceras och representera hela segment.

6.2 Undersökningens validitet

För att försäkra sig om att materialet är av validitet har informationen hämtats från MUNIN-projektets och DNV GL:s forskningsrapporter. Denna information anses därmed som representativ då dess syfte är att utgöra en ekonomisk grund för en framtida implementering.

6.3 Undersökningens reliabilitet

Informationen anses vara av reliabilitet då den har kritiskt granskats och synats objektivt. Periodvis har författarna pendlat mellan optimism och pessimism gällande en implementering av autonoma fartyg och under arbetets gång har författarna fått en neutral syn på respektive finansiell analys trovärdighet. Gällande MUNIN-projektets information anses den vara av hög reliabilitet då forskningen är utförd av bland annat europeiska universitet och maritima logistikaktörer där dess resultat är ämnat för att underrätta Europeiska Unionen om framtida potential.

7 Slutsatser

Vad man kan tyda av MUNIN-projektets- och DNV GL:s finansiella analyser är att DNV GL säljer sitt koncept mer än vad MUNIN-projektet gör. MUNIN-projektet försvarar vissa adderande kostnader för det obemannade autonoma fartyget men inte i samma omfattning som DNV GL. Man presenterar mer kostnader berörande autonoma system som har en betydande påverkan på kapitalkostnader, resekostnader och operationskostnader. DNV GL har en förmåga att försvara kostnader med att teknik blir billigare med tiden och att man erhåller bidrag för sin miljövänlighet. Oavsett om detta stämmer ger det ingen rättvis bild av vad det skulle kosta med en implementering idag. Vad båda forskningarna inte har med i sina finansiella analyser, men som MUNIN-projektet presenterar i en separat vetenskaplig artikel, är kostnaden för kommunikation. Dataöverföring mellan fartyget och ett landbaserat kontrollrum räknar MUNIN-projektet med att det skulle kosta 150.000 USD per månad om man ska kunna vara uppdaterad med fartyget i realtid. MUNIN-projektets förhoppning är att skicka data var fjärde sekund och med Ground Controls kostnader sker en reducering av MUNIN-projektets framtagna belopp, men scenariot i resultatet med 196 dagars användande av FleetBroadband och 20 dagars användande av Iridium orsakar ändå en förlust för det ekonomiska utfallet jämfört med ett konventionellt Panamax.

ReVolts tidigare ekonomiska utfall där 32 miljoner USD sparas under 30 år elimineras nästan helt av Ground Controls kommunikationskostnader. Med adderande av personalkostnader för arbetskraft i SCC förlorar ReVolt 3.95 miljoner USD över livstiden och detta oavsett om investeringskostnader och operationskostnader för SCC ej är inkluderade.

I slutändan är det kostnaden för de autonoma systemen som ställs mot besättningskostnaden. Byggnationskostnaden mellan ett autonomt- och ett konventionellt fartyg skiljer sig inte mycket och resekostnaderna skiljer sig inte om båda fartygen opererar med samma typ av bränsle. Det är en operationskostnad som kan göra skillnad i de totala kostnaderna, men för att det ska bli en positiv påverkan måste kostnaden för att transportera data mellan kontrollrum och fartyg vara lägre en kostnad för besättning. Det som talar för autonomi inom sjöfarten i framtiden är att det är kommunikationskostnaden som orsakar det negativa resultatet, då denna kostnad förväntas minska i med tiden (Porathe et al, 2014).

7.1 Förslag till fortsatta studier

Gällande ekonomin som är kopplad till en implementering av autonoma fartyg är den i dagsläget problematisk att utveckla med tanke på att dess nuvarande status endast utgör ett koncept. Den tekniska utvecklingen verkar ha kommit långt där författarna ej har påträffat information som berör någon form av tekniskt hinder för en implementering av autonomi ombord. Problemet idag är den juridiska aspekten där ett fartyg skall vara sjövärdigt och bemannat på ett tryggt sätt för att få framföras inom handelssjöfarten. Förslag till fortsatta studier kan vara att studera de juridiska hinder som skall övervinnas för att obemannade autonoma fartyg skall bli verklighet.

8 Referenser

Allport Cargo Services. (2015). *Just ⅓ of shipping lines are profitable*. Hämtad 2016-02-04, från

<http://allportcargoservices.com/retailnews/allport-knowledge/supply-side-news/just-13-of-shipping-lines-are-profitable/801684861>

Andersen, O. (2015, 28 Oktober). Alphaliner: Maersk Line anchors megaship for six weeks. *Shippingwatch*. Hämtad 2016-02-17, från

<http://shippingwatch.com/carriers/article8161641.ece>

Anderson, J.M., Kalra, N., Stanley, K.D., Sorensen, P., Samaras, C. & Oluwatola, O.A. (2014). *Autonomous Vehicle Technology: A Guide for Policymakers* (ISBN: 978-0-8330-8398-2). Santa Monica, California: RAND Corporation.

Bunkerindex. (2016). *Bunkerindex*. Hämtad 2016-04-11, från <http://www.bunkerindex.com/>

DNV GL. (2016a). *DNV GL in brief*. Hämtad 2016-02-25, från

<https://www.dnvgl.com/about/index.html>

DNV GL. (2016b). *Our purpose, vision and values*. Hämtad 2016-02-25, från

<https://www.dnvgl.com/about/in-brief/purpose-vision-values.html>

DNV GL. (2016c). *The ReVolt: A new inspirational ship concept*. Hämtad 2016-03-31, från

<https://www.dnvgl.com/technology-innovation/revolt/index.html>

DNV GL. (2016d). *The ReVolt: A new inspirational ship concept* [jpg]. Hämtad från

<https://www.dnvgl.com/technology-innovation/revolt/index.html>

DNV GL Maritime. (2016). *Maritime*. Hämtad 2016-02-25, från

<https://www.dnvgl.com/maritime/index.html>

Google. (2016a). *Where we've been*. Hämtad 2016-02-23, från

<https://www.google.com/selfdrivingcar/where/>

Google. (2016b). *Google Self-Driving Car Project*. Hämtad 2016-02-23, från <https://www.google.com/selfdrivingcar/>

Ground Control. (2016a). *FleetBroadband – Satellite Internet & Phone*. Hämtad 2016-04-20, från http://www.groundcontrol.com/Fleet_Broadband.htm

Ground Control. (2016b). *Iridium Pilot – 100% Global Satellite Internet & Phone*. Hämtad 2016-04-20, från http://www.groundcontrol.com/Iridium_Pilot.htm

Lewin, J. & Hume, N. (2015, 30 Januari). Bulk commodity shipping rates fall sharply. *Financial Times*. Hämtad 2016-02-23, från <http://www.ft.com/intl/cms/s/0/973bdf56-a8a4-11e4-ad01-00144feab7de.html#axzz415Pa9xAT>

Markoff, J. (2015, 6 April). Planes Without Pilots. *The New York Times*. Hämtad 2016-02-23, från http://www.nytimes.com/2015/04/07/science/planes-without-pilots.html?_r=0

Morris, D. Z. (2015, 2 Februari). Why megaships suddenly dominate the ocean shipping industry. *Fortune*. Hämtad 2016-02-23, från <http://fortune.com/2015/02/02/biggest-container-shipping>

MUNIN. (2012). *D4.3: Evaluation of ship to shore communication links*. Hämtad 2016-04-18, från <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2014/02/d4-3-eval-ship-shore-v11.pdf>

MUNIN. (2013a). *Picture of the vision* [jpg]. Hämtad från <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2013/01/MUNIN-Picture-of-the-Vision.jpg>

MUNIN. (2013b). *D6.2: Specification concept of the general technical system redesign*. Hämtad 2016-04-01, från <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2013/11/MUNIN-D-6-2-General-technical-system-redesign-concept-HSW-Final1.pdf>

MUNIN. (2015a). *D8.8: Final report: Shore Control Centre*. Hämtad 2016-04-01, från <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2015/09/MUNIN-D8-8-Final-Report-Shore-Control-Centre-CTH-final.pdf>

MUNIN. (2015b). *D9.3: Quantitative assessment*. Hämtad 2016-02-05, från <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2015/10/MUNIN-D9-3-Quantitative-assessment-CML-final.pdf>

MUNIN. (2015c). *D10.2: New ship designs for autonomous vessels*. Hämtad 2016-04-18, från <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2015/10/MUNIN-D10-2-New-Ship-Designs-for-Autonomous-Vessels-MRTK-final.pdf>

MUNIN. (2016). *Research in Maritime Autonomous Systems Project Results and Technology Potentials*. Hämtad 2016-02-23, från <http://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2016/02/MUNIN-final-brochure.pdf>

Nationalencyklopedin. (2016a). *Autonomi*. Tillgänglig: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/autonomi>

Nationalencyklopedin. (2016b). *Stordriftsfördelar*. Tillgänglig: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/stordriftsf%C3%B6rdelar>

Porathe, T., Prison, J. & Man, Y. (2014). *Situation awareness in remote control centres for unmanned ships*. Chalmers University of Technology. Hämtad 2016-02-19, från http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/194797/local_194797.pdf

Professional Mariner. (2015). *Developer: Unmanned, autonomous ships may be just 10 years away*. Hämtad 2016-02-23, från <http://www.professionalmariner.com/October-November-2015/Developer-Unmanned-autonomous-ships-may-be-just-10-years-away/>

Rolls-Royce. (2015). *Rolls-Royce to Lead Autonomous Ship Research Project*. Hämtad 2016-02-23, från <http://www.rolls-royce.com/media/press-releases/yr-2015/pr-02-07-15-rolls-royce-to-lead-autonomous-ship-research-project.aspx>

SFS 2003:364. *Fartygssäkerhetslag*. Stockholm: Näringsdepartementet.

Sjöskolan på Beckholmen. (2016). *Basic Safety STCW Manila*. Hämtad 2016-03-17, från <http://www.sjoskolan.se/vara-utbildningar/basic-safety>

Stopford, M. (2009). *Maritime Economies*. New York: Routledge.

Turun yliopisto University of Turku. (2015). *Advanced Autonomous Waterborne Applications Initiative*. Hämtad 2016-02-23 från <https://www.utu.fi/en/units/law/research/research-projects/Pages/aawa.aspx>

Tvete, H.A. (2015). ReVolt; the unmanned, zero emission, short sea ship of the future. I *Green Ship Technology*, 2015, Köpenhamn, Danmark, s. 1-18.

Tvete, H.A. (2016, 29 mars). Questions regarding “The ReVolt” project from two students writing their bachelor thesis [E-post]. Hämtad från <https://outlook.office.com/owa/?realm=net.chalmers.se>

Volvo Car Sverige AB. (2015). *Volvo Cars och Autoliv samarbetar inom autonom körning*. Hämtad 2016-02-23, från <https://www.media.volvocars.com/se/sv-se/media/pressreleases/167551/volvo-cars-och-autoliv-samarbetar-inom-autonom-korning>

Wärtsilä. (2015a). *Slow steam ahead!* Hämtad 2016-02-23, från <http://www.twentyfour7magazine.com/en/article/slow-steam-ahead/2/2015/>

Wärtsilä. (2015b). *Slow steam ahead!* [jpg]. Hämtad från <http://www.wartsila.com/resources/article/slow-steam-ahead>

