



CHALMERS



Kärnkraft – Framtidens fartygsbränsle?

En undersökande studie av olika aktörers incitament till kärnkraftsdrivna fartyg inom den svenska sjöfarten

Examensarbete inom sjökaptensprogrammet

EMANUEL BÖRJESSON
JENNY VERNERSSON

INSTITUTIONEN FÖR MEKANIK OCH MARITIMA VETENSKAPER

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige, 2022

Kärnkraft – Framtidens fartygsbränsle?

En undersökande studie av olika aktörers incitament till
kärnkraftsdrivna fartyg inom den svenska sjöfarten

Examensarbete inom sjökaptensprogrammet

EMANUEL BÖRJESSON
JENNY VERNERSSON

Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper
Avdelningen för maritima studier
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige, 2022

Kärnkraft – Framtidens fartygsbränsle?

En undersökande studie av olika aktörers incitament till kärnkraftsdrivna fartyg inom den svenska sjöfarten

EMANUEL BÖRJESSON

JENNY VERNERSSON

© EMANUEL BÖRJESSON, 2023

© JENNY VERNERSSON, 2023

Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper

Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg

Sverige

Telefon: + 46 (0)31-772 1000

Omslagsbild:

Containerfartyg som är på väg in i hamn. Foto: Martin Damboldt

CC: Photography of Ship, Sep 16, 2009

Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper

Chalmers tekniska högskola

Göteborg, Sverige 2022

FÖRORD

Detta är ett examensarbete skrivet av två fjärdeårsstudenter från sjökaptensprogrammet på Chalmers Tekniska Högskola. Sjökaptnsprogrammet omfattar 180 hp av vilket examensarbetet utgör 15 hp.

Vi vill tacka vår handledare Tomas Olsson Neptun för en god ledning under arbetets gång, ett mycket intressant ämne samt hjälp på vägen.

Vi vill även skänka ett stort tack till de företag som varit med och givit oss många bra intervjuer och lärt oss mycket om deras olika roller samt hur organisationerna fungerar.

Kärnkraft – Framtidens fartygsbränsle?

En undersökande studie av olika aktörers incitament till kärnkraftsdrivna fartyg inom den svenska sjöfarten

EMANUEL BÖRJESSON

JENNY VERNERSSON

Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper

Chalmers tekniska högskola

SAMMANDRAG

Denna rapport är verkställd genom semistrukturerade intervjuer genomförda med betydelsefulla aktörer inom den svenska sjöfartsbranschen. Sjöfartsbranschen är hårt reglerad av stränga miljökrav och är ständigt på jakt efter ny miljövänlig samt modern framdrivningsteknik. Kärnkraft kan vara ett exempel på detta, då det inte har några emissioner från själva fartyget.

Arbetet är utfört som en undersökande studie där man har kapslat in hela det svenska sjöfartssegmentet från klassificeringssällskap, försäkringsbolag och rederi till hamn och myndigheter. De har därefter intervjuats och fått frågor om:

- Vad aktörerna ser som de största fördelarna med kärnkraftsdrift?
- Vilka utmaningar/nackdelar aktörerna ser att de kan komma att ställas inför?
- Om aktörerna anser att kärnkraft kan komma att bli en praktisk lösning för framtidens sjöfart?

Resultatet från intervjuerna har sedan förts samman i denna rapport och studerats. Slutsatsen är att de olika aktörerna inom den svenska sjöfartsbranschen är överens om att det inte är möjligt med ett kommersiellt kärnkraftsdrivet fartyg idag, då många viktiga komponenter måste falla på plats. Dock ställer sig branschen i det stora hela sig positiv till införandet av kärnkraftsdrivna handelsfartyg i framtiden.

Arbetet är avgränsat så att det endast fokuserar på den svenska marknaden vad gäller sjöfart. Av de kärnkraftsteknologier som finns är arbetet utformat för att fokusera på SMR (Small Modular Reactor)

Arbetet är skrivet på svenska.

Nyckelord: SMR, småskalig modulär reaktor, kärnkraft, noll utsläpp, sjöfart, kärnkraftsfartyg, nukleär marin tillämpning, framtida bränslen, alternativa bränslen, framdrivning.

Nuclear power – The fuel of the future for ships?

An investigative study regarding the incentive of the Swedish merchant marine towards nuclear powered merchant ships.

EMANUEL BÖRJESSON
JENNY VERNERSSON

Department of Mechanics and Maritime Sciences
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

This report is executed through semi-structured interviews conducted with significant actors within the Swedish shipping industry. The shipping industry is heavily regulated by strict environmental regulations and is constantly on the lookout for new environmentally friendly and modern propulsion technology. Nuclear power is an example of this, as it has no environmentally hazardous emissions from the ship itself.

The report is carried out as an investigative study in which the entire Swedish shipping segment has been encapsulated, from classification societies, insurance companies and shipping companies to port facilities and authorities. They were then interviewed and asked questions such as:

- What do the actors see as the biggest advantages of nuclear power operation?
- What challenges/disadvantages do the actors see that they may face?
- If the actors believe that nuclear power could become a viable solution for the future of shipping?

The results from the interviews have then been brought together in this report and analyzed. The conclusion is that in today's situation, the various actors within the Swedish shipping industry agree that a commercial nuclear-powered ship is not possible, as many essential pieces must fall into place. However, the industry is generally positive about the introduction of nuclear-powered merchant ships in the future.

The work is limited so that it only focuses on the Swedish market in terms of shipping. Of the nuclear technologies available, the work is designed to focus on SMR (Small Modular Reactor) The report is written in Swedish.

Keywords: SMR, small modular reactor, nuclear, zero carbon, shipping, nuclear ship, nuclear marine application, future fuels, alternative fuels, propulsion.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	1
1.2 Syfte	2
1.3 Frågeställning	2
1.4 Avgränsningar	2
2. TEORI	3
2.1 Kärnreaktor.....	3
2.2 Small Modular Reactor	3
2.3 Säkerhet.....	3
2.3.1 Strålning	4
2.3.2 Incidenter med kärnkraftsdrivna handelsfartyg.....	4
2.4 Ekonomi	4
2.5 Miljö.....	5
2.6 Flagg- & hamnstat.....	5
2.7 Klassificering	6
2.8 Regelverk	6
2.9 Allmänheten	7
3. METOD.....	8
3.1 Kvalitativ studie med semistrukturerade intervjuer	8
3.2 Analytisk ansats.....	9
3.3 Operationalisering	10
3.4 Intervjuer	11
3.5 Litteratursökning	11
3.6 Urval.....	12
3.7 Etik	12
4.RESULTAT	13
4.1.1 Bakgrund	13
4.1 Möjlighet till kärnkraftsdrift.....	14
4.1.2 Mål som måste uppnås för att kärnkraft skall bli realistiskt	14
4.3 Fördelar med kärnkraftsdrift	17
4.4 Nackdelar med kärnkraftsdrift	18
5. DISKUSSION.....	23
5.1 Miljö.....	24
5.2 Regelverkens betydelse för kärnkraftsdrivna fartyg	25

5.2.1 Lösningar som kan minska osäkerheten.....	27
5.3 Framtiden	28
5.4 Metoddiskussion.....	29
5.4.1 Validitet.....	29
5.4.2 Rehabilitering.....	29
6. SLUTSATSER	30
6.1 Rekommendationer till fortsatt arbete	31

FIGURFÖRTECKNING

Figur 1	
dagskostnadsberäkning kärnkraft och diesel.....	5
Figur 2	
Viktigaste målen som måste uppfyllas	
för att kärnkraftsdrift skall bli realistiskt bland fartyg enligt respondenterna	14
Figur 3	
Respondenternas svar på vilka de	
största fördelarna med kärnkraftsdrift är ur ett driftsperspektiv.....	18
Figur 4	
Respondenternas svar på vilka nackdelarna	
med kärnkraftsdrift är ur ett driftsperspektiv.....	19

FÖRKORTNINGAR OCH BEGREPP

RoRo	Roll-on/Roll-off
RoPAX	Roll-on/Roll-off passenger vessel
SMR	Small Modular Reactor
NS	Nuclear Ship
IMO	International Maritime Organization
IAEA	International Atomic Energy Agency
Zero carbon fuel	Ett bränsle vilket inte direkt släpper ut kolväten vid förbränning
²³⁵ Uran	En isotop av uran som används som bränsle i kärnkraftverk
SFR	Slutförvar för radioaktivt avfall med kort halveringstid
SFL	Slutförvar för radioaktivt avfall med lång halveringstid
SOLAS	International Convention for the Safety of Life at Sea
SO _x	Svaveloxider
NO _x	Kväveoxider
RSO	Recognized Security Organization
Hazid	Ett sätt att analysera och bedöma risker på
Slow steaming	En princip där man sänker hastigheten på fartyget för att spara bränsle
Deep sea shipping	Frakt som går över världshav med långa avstånd.
Spotmarknaden	En marknadstyp där produkter säljs och köps för omedelbar leverans, och utan bindning i långa kontrakt
MCA	Maritime and Coastguard Agency

1. INLEDNING

Under mitten av 1950-talet ville USA:s dåvarande president Dwight D. Eisenhower skapa en bättre bild av kärnkraft efter uppfinnandet och användningen av kärnvapen under och efter andra världskriget. Då bildades IAEA; International Atomic Energy Agency (Weiss, 2015).

Man byggde ett kärnkraftsdrivet fartyg, N/S Savannah, som skulle frakta både passagerare och last. Detta fartyg skulle resa runt jorden och föra budskapet att kärnkraft var en realistisk kraftkälla för fredliga syften både till sjöss och iland (U.S. Maritime administration, 2019).

Andra länder såg detta och byggde under 1950- och 1960-talen sina egna kärnkraftsdrivna fraktfartyg. Japan byggde N/S Mutsu, Tyskland byggde N/S Otto Hahn och Ryssland byggde N/S Sevmorput. Av dessa fartyg är endast ett i drift idag, N/S Sevmorput, vilket är ett containerfartyg.

De största utmaningarna som N/S Savannah stötte på var byråkratiska problem att ta sig in i hamnar då det var många länder som var rädda för kärnkraft samt dess eventuella risker (Schøyen & Steger-Jensen, 2017). Det fanns heller inga ekonomiska eller miljömässiga fördelar med att driva fartygen med kärnreaktor i stället för traditionella fossila bränslen. Detta på grund av att oljan var billig samt att det ännu inte fanns några krav på miljöfarliga avgasutsläpp. Miljökraven på bland annat avgasutsläpp från sjöfarten har blivit hårdare de senaste 25 åren sedan International Maritime Organization (IMO) introducerade Marpol annex VI. Detta annex introducerades för att minska luftburna utsläpp från fartyg (International maritime organisation [IMO], 1997). Då även bränslepriser stigit stadigt med krav på mer miljövänliga bränslen (Shipandbunker, 2022) bygger rederier idag fartyg med alternativa bränslen och energikällor.

De kärnkraftsdrivna fartyg som existerar idag är mestadels militära fartyg och isbrytare, som samtliga ägs av olika statliga bolag runt om i världen. Eftersom statliga fartyg inte behöver försäkras kan en ny utmaning komma att ställas för ett potentiellt kommersiellt kärnkraftsdrivet fartyg, då alla fartyg måste klassificeras och försäkras för den kommersiella marknaden (European Parliament & Council, 2009).

På senare år har frågan om kärnkraftsdrivna fartyg lyfts igen och ny forskning har gjorts eftersom kärnkraft inte släpper ut luftburna föroreningar på samma sätt som förbränningsmotorer (Zhao m.fl., 2022). Nya reaktorer utvecklas hela tiden och ett begrepp som blivit modernt är ”Small Modular Reactor” (SMR). Dessa reaktorer kan producera tillräckligt med energi för att driva även de största handelsfartygen idag utan att behöva ”bunkra” på upp till 30 år (IAEA, 2021).

1.2 Syfte

Denna rapport undersöker den svenska sjöfartsbranschens incitament till kärnkraft som ett framtida drivmedel inom den kommersiella sektorn. Syftet är att ta reda på vilka för- samt nackdelar de olika verksamheterna ser med kärnkraftsdrift. Rapporten kommer även framställa vad de olika aktörerna anser kommer att krävas för att i framtiden kunna driva kommersiella fartyg med kärnkraft.

1.3 Frågeställning

- Vad ser aktörerna som de största fördelarna med kärnkraftsdrift?
- Vilka utmaningar/nackdelar ser aktörerna att de kan komma att ställas inför?
- Anser aktörerna att kärnkraft kan komma att bli en praktisk lösning för framtidens sjöfart?

1.4 Avgränsningar

Denna rapport fokuserar på intresse och incitament för den svenska sjöfarten att driva fartyg med kärnbränsle. Avgränsningar har gjorts till att undersöka rederiernas, försäkringsbolagens, klassningssällskapens, flaggstaters och hamnanläggningarnas intresse utifrån säkerhet, miljö, regelverk och ekonomi. Rapporten är avgränsad till endast en intervju med respektive typ av företag och myndighet.

Undersökningen kommer endast att fokusera på rederier verksamma inom RoRo och RoPAX segmentet. Alla parter som har intervjuats i denna rapport har kontor i Sverige. Det finns flera olika typer av reaktorer som skulle kunna användas i ett fartyg men rapporten är avgränsad till att enbart fokusera på reaktortypen SMR.

2. TEORI

I följande kapitel presenteras relevant teori utifrån rapportens syfte och frågeställning

2.1 Kärnreaktor

Kärnreaktorer genererar energi genom värme. Värmen bildas genom kärnfission i reaktorkärnan. Där börjar det med att atomer delas vilket frigör energi i form av värme. Detta skapar en kontrollerad kedjereaktion där samma process sker om och om igen. Kontrollstavar som tillverkas av neutronabsorberande material sänks ner i kärnan för att kontrollera mängden värme som bildas. Kylvatten strömmar samtidigt runt kärnan där det värms upp och bildar vattenånga. Ångan strömmar sedan genom en ångturbin som är kopplad till en generator. Denna genererar elektricitet vilket i sin tur driver motorer eller ångturbiner (US Departement of Energy, 2020).

2.2 Small Modular Reactor

Flera olika typer av SMR har tillverkats under de senaste åren och en av dessa är den så kallade Gen4Energy SMR. Denna typ av reaktor har en beräknad livslängd på 10 år utan att behöva fylla på med nytt bränsle. Storleken på denna reaktor är 4 meter hög samt 1,5 meter i diameter och den har en vikt på mindre än 50 ton. Den kan producera en effekt av 25MW, vilket är lämpligt för mindre fartyg (Hirdaris m.fl., 2014).

Teoretiska exempel finns där SMR har implementerats i ett exempelfartyg där olika aspekter av drift och underhåll har analyserats. I studien skapades en teoretisk SMR som kunde producera 110 MW vilket är tillräckligt för dagens största containerfartyg. Bränslet utformades så att det skulle räcka i ca 15 år vilket betyder halva fartygets livslängd. Man fick ner storleken på tryckkammaren till 3,5m i diameter så att den skulle vara i en lämplig storlek för ett fartyg. Kylvattentemperatur var tvungen att sänkas från omkring 320°C till 255°C för att minska risken för korrosion samt öka livslängden. Slutsatsen drogs dock att mer utveckling krävs för att uppnå bättre bränsleeffektivitet. Det finns även utmaningar angående icke-tekniska faktorer som till exempel försäkringar, utbildad besättning samt kärnavfallshantering (Peakman m.fl., 2019).

2.3 Säkerhet

I dagsläget finns en del kunskap och teknik för att bygga reaktorer dimensionerade för att kunna fungera i ett fartyg. Att använda sig av kärnkraft som drivmedel för ett fartyg är däremot fortfarande långt ifrån riskfritt. Några identifierade risker är var på fartyget som en kärnreaktor skall placeras med hänsyn till fartygets design, tillträde till de olika områden med hög strålning, hur reaktorn skall hanteras vid en potentiell nödsituation, riktade terroristattacker mot fartyget samt nödavstängning av reaktorn vid en nödsituation. Detta är risker som kommer att kräva lösningar för att kärnkraft skall kunna användas som drivmedel i praktiken (Adumene m.fl., 2022).

Ett kärnkraftsdrivet fartyg kommer att ha en livslång påverkan på sin omgivning. Förutom vid normala operationer, så som vid hamnanlöp för lastning och lossning, kommer fartyget även att ha en säkerhetspåverkan vid till exempel varvsbesök. Detta eftersom avfall från reaktorn kommer att behöva hanteras under varvsbesöken. Varvsarbetarna kommer även att behöva en annan typ av utbildning för att kunna utföra underhåll på reaktorn (Schøyen & Steger-Jensen, 2017).

Som ett resultat av att kärnbränsle har en högre risk än andra drivmedel används det endast inom den statliga sektorn idag (Zhao m.fl., 2022).

2.3.1 Strålning

Ombord på N/S Savannah hade man kapslat in reaktorn tillräckligt för att nå en strålningsnivå lägre än bakgrundsstrålningen man upplever i vardagen (5mSv/år). Detta betyder att det går att bygga fartyg med kärnkraftsdrift tillräckligt säkert för att arbeta och leva ombord på (US Maritime Administration, 2019).

2.3.2 Incidenter med kärnkraftsdrivna handelsfartyg

NS Mutsu

Under en testresa år 1974 på NS Mutsu, som var ett japanskt kärnkraftsdrivet handelsfartyg, uppmättes mycket höga nivåer av gamma- och neutronstrålning. Denna typ av strålning är ohälsosam och kan orsaka strålskador hos levande organismer. Det upptäcktes att neutroner hade läckt ut genom skarven mellan reaktorn och där den primära avskärmningen möter den sekundära avskärmningen. Detta ledde till att gammastrålning släpptes ut (Hirdaris m.fl., 2014). **NS Lenin**

År 1965 var den ryska kärnkraftsdrivna isbrytaren NS Lenin på varvsbesök där den genomgick reparationsarbete samt påfyllning av bränsle. Då bränslet skulle bytas upptäcktes allvarliga mekaniska skador på bränslepatronerna från reaktor nummer två. Det konstaterades att reaktorn hade gått utan kylvatten på grund av den mänskliga faktorn. År 1967 började rörledningar att läcka efter påfyllning av nytt kärnbränsle. Ytterligare reaktorskada uppstod när reaktorns sköld öppnades för att lokalisera läckan (Hirdaris m.fl., 2014).

2.4 Ekonomi

Att installera en kärnreaktor i ett fartyg är en kostsam process jämfört med en konventionell förbränningsmotor. Byggnationen av en kärnreaktor beräknas kosta ca 40 gånger mer än en dieselmotor för samma effektuttag 61,7 MW. Bränslepriset är betydligt högre för en kärnreaktor 1663\$/kg (World Nuclear Association, 2022) jämfört med en dieselmotor 0,68\$/kg. Energiinnehållet i $^{235}\text{Uran}$, vilket är det som används för denna applikation, är dock betydligt högre, $7,3 \times 10^{13} \text{kJ/kg}$, än för andra bränslen såsom dieselolja, 42420 kJ/kg (Zhao m.fl., 2022). Andra besparingar kan dock göras på bränslet då detta är billigare än dieseln sett till energimängd per kilo, vilket **figur 1** visar.

Andra kostnader, som till exempel bemanning, försäkring, reparationer och underhåll, kan komma att bli dyrare på ett kärnkraftsdrivet fartyg jämfört med ett konventionellt fartyg. Detta eftersom en annan typ av utbildning kommer att krävas för att driva och underhålla en kärnreaktor jämfört med en konventionell motor. För att ett kärnkraftsdrivet fartyg skall kunna konkurrera på marknaden krävs det att dess livscykelkostnad förbättras i jämförelse med ett konventionellt fartyg (Schøyen & Steger-Jensen, 2017).

Ett sätt att öka lastkapaciteten, förutom att bygga större fartyg, är att öka fartygens hastighet. En förhöjd hastighet leder till en minskad ledtid, då en större mängd gods kan fraktas på kortare tid. På grund av att kärnkraftsdrivna handelsfartyg kan hålla en högre snittfart jämfört med dagens kommersiella fartyg kan dessa i framtiden komma att skapa en ny marknadsnisch. Dock skulle en ökad hastighet av fartygen kunna leda till en ökning av navigatoriska olyckor i form av grundstötningar och kollisioner (Schøyen & Steger-Jensen, 2017).

Figur 1

Dagskosnadsberäkning kärnkraft och diesel

Ro/Pax ferry 25MW		
Fuel consumption	101,5	t/day
IFO cost	419	\$/t
MGO/MDO cost	963	\$/t
Fuel cost (90/10 - IFO)/(MDO/MGO)	48050	\$/day
SMR 25 MW(e)		
Cost 20%-enriched Uranium 235	1663	\$/kgU
15-year consumption	5078,125	kG
fuel cost /15 years	8444921	\$
Fuel cost	1542	\$/day
Comparison		
IFO/MDO/MGO	48050	\$/day
20%-enriched Uranium	1542	\$/day
Diffrence	46508	\$/day
Savings %	96,79%	\$/day

Tabellen visar kostnadsbesparingar som kan göras på ett kärnkraftsdrivet fartyg jämfört med ett traditionellt fartyg. Bunker- och uranpriser gäller per den 2023-01-24 (Shipandbunker, 2023).

2.5 Miljö

Anläggningen för slutförvar av kärnavfall som finns i Sverige heter SFR (Slutförvar för kortlivat radioaktivt avfall). Där grävs radioaktivt avfall ner på medel och låg nivå där halveringstiden bedöms som kort (filter, verktyg och kläder som kontaminerats med radioaktivitet) ca 50 meter under havsnivå. En ny anläggning som kallas SFL (Slutförvar för långlivat radioaktivt avfall) är under byggnation där långlivat radioaktivt avfall (använt kärnbränsle från kärnkraftverk) skall förvaras ca 500m under havsnivå. (Brodén & Olsson, 2003)

I syftet att byta ut fossila bränslen mot renare energikällor har kärnkraften flera fördelar. Bland annat så är det ett "zero-carbon" bränsle, vilket betyder att det inte har något direkt utsläpp av koldioxid (Zhao m.fl., 2022). Utöver detta så har kärnkraft även minimala utsläpp av SO_x och NO_x (Hirdaris m.fl., 2014).

2.6 Flagg- & hamnstat

För att ett kärnkraftsdrivet fartyg ska kunna fungera i praktiken är det viktigt att man kommer fram till en överenskommelse gällande flagg- och hamnstaternas befogenheter. I dagsläget är detta en utmaning för kommersiella fartyg med kärndrift (Schøyen & Steger-Jensen, 2017).

2.7 Klassificering

En klassificering av ett fartyg med kärnkraftsdrift kan innebära att det nuvarande maritima reglementet kommer behöva ses över och ändras. För att underlätta detta kommer de behöva ta hjälp av de bestämmelser som finns inom landbaserad kärnkraft, då det i dagsläget inte finns några regelverk för kärnkraftsdrift ombord på fartyg. Klassningssällskapen kommer att vara ansvariga för säkerheten kring designen samt att andra faror som kan uppstå med reaktorn hanteras och analyseras (Hirdaris m.fl., 2014).

Klassificeringssällskapet Lloyd's Register gjorde år 2009 en studie som undersökte tillämpning av kärnkraft inom den maritima sektorn. Denna studie visade på en säker och effektiv tillämpning av en kärnreaktor för framdrivning av ett fartyg. Detta baserades på att politik, rättsliga hinder samt att marknadsdynamiken skulle förbli gynnsam. För att de aktivt skulle kunna agera på en potentiell marknadsförändring skapade de vägledningar för designen av kärnkraftsdrivna fartyg (Hirdaris m.fl., 2014). Redan år 1966 införde Lloyd's Register provisoriska regler för klassificering av ett kärnkraftsdrivet fartyg. Reglerna sattes utifrån vilka risker som fanns, samt vilka konsekvenser en möjlig olycka kunnat få. Därför uppstod regler för bland annat skrov och reaktorkonstruktion, samt kompletterande installationskrav vilka beskrev vikten av till exempel avfallshantering och nödininstallationer (Hirdaris m.fl., 2014).

2.8 Regelverk

Kapitel VIII i International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) handlar om kärnkraftsdrivna fartyg. Kapitlet gäller för alla kärnkraftsdrivna fartyg, med undantag för krigsfartyg. Enligt regel 5 skall reaktorn utformas med hänsyn till de speciella villkoren för användning ombord, både under normala och mer krävande navigationsförhållanden. Regel 8 handlar om den säkerhetsbedömning som skall göras för att utvärdera reaktorn och fartygets säkerhet. Bland annat skall det säkerställas att det inte finns någon strålning som kan skada besättning, passagerare eller allmänhet, vare sig till sjöss eller i hamn. Denna säkerhetsbedömning skall göras i tillräckligt god tid för att de fördragsslutande parterna i det land fartyget har för avsikt att besöka skall hinna utvärdera fartygets säkerhet (International Maritime Organization [IMO], 2014). Kapitel VIII i SOLAS hänvisar vidare till en detaljerad och mer omfattande säkerhetskod för kärnkraftsdrivna handelsfartyg som antogs av IMO:s generalförsamling 1981. Denna säkerhetskod innehåller åtta kapitel och sex bilagor som har tagits fram som en vägledning för administrationer om internationellt accepterade säkerhetsstandarder för design, konstruktion, drift, underhåll, inspektion, bärgning och omhändertagande av kärnkraftsdrivna handelsfartyg.

Koden togs fram för att uppnå två huvudsakliga säkerhetsmål:

1. Skydd av personer och miljö, mot oacceptabla faror på grund av avsiktligt eller oavsiktligt utsläpp av joniserande strålning och radioaktiva ämnen, både till havs och i hamnar.
2. Skydd av fartyget, inte bara med avseende på strikt kärntekniska faror men också till de som uppstår från interaktioner mellan kärnreaktorn och resten av fartyget, inklusive dess last, havs- och fartygsmiljön.

(International maritime organization[IMO], 1981)

2.9 Allmänheten

De historiska experimenten som har gjorts med kärnkraftsdrivna fartyg visar på att en stor utmaning för denna typ av fartyg var samhällets syn på kärnkraft. Otto Hanh och Savannah, som båda användes för att sprida information och PR om kärnkraft, hade något lättare att få tillträde i hamnar. I båda dessa fallen tog respektive fartygs flaggstat ett ansvar gentemot hamnstater och lokala hamnmyndigheter. Ett kärnkraftsdrivet fartyg kan ha en påverkan i valet av att frakta gods via vattnet, jämfört med andra alternativ, på grund av politiska aspekter samt säkerhetsrisker (Schøyen & Steger-Jensen, 2017).

3. METOD

Studiens syfte är beskrivande i det avseende att vi inte förklarar synen på kärnkraftsdrivna fartyg med hänvisning till en teoretisk modell, såsom en idéhistorisk, ekonomisk, statsvetenskaplig eller psykologisk förklaring, utan att vi kartlägger argumenten under huvudteman som vi identifierat som relevanta genom vår studie av hur kärnkraftsdrivna fartyg har förekommit i litteraturen. Litteraturstudien har därför varit vår guide till utvecklandet av teman som sedan den faktabaserade datainsamlingen har organiserats efter.

3.1 Kvalitativ studie med semistrukturerade intervjuer

Eftersom kommersiella kärnkraftsdrivna fartyg inte finns idag, utan endast är att se på som en framtida möjlighet, valde vi att använda intervjuer som datainsamlingsmetod. Det skulle vara svårt att på ett meningsfullt sätt undersöka synen på kärnkraft som drivmedel genom att använda enkäter då det kan vara osäkert vad frågorna avser om det saknas möjlighet till följdfrågor. Möjligheten att kunna precisera och utveckla frågorna gör att den information som fås från intervjuerna blir mer konkret och lämplig för att få svar på studiens frågeställningar, därför var intervjuer att föredra framför enkäter. En semistrukturerad intervjuform bedömdes i enlighet med Braun och Clarkes rekommendationer (2013) vara den mest lämpliga intervjuformen. Semistrukturerade intervjuer betyder att man får svar på förutbestämda teman men att det samtidigt bjuder in till mer fria svar från de olika aktörerna (Knott, m.fl., 2022).

Semistrukturerade intervjuer går ut på att ett antal förutbestämda teman tas upp, som sedan förklaras genom operationalisering. Dessa teman ligger sedan till grund för att få fram en diskussion, där den intervjuade personen får en möjlighet till att svara friare kring frågorna. Semistrukturerade intervjuer kan därför leda till att intressant information som tas upp under intervjun kan diskuteras ytterligare, medan sådant som är irrelevant kan utelämnas (Knott, m.fl., 2022). Intervjufrågorna utformades för att få intervjupersonerna att berätta så brett som möjligt om sina uppfattningar om kärnkraftsdrivna fartyg.

3.2 Analytisk ansats

Litteraturen har diskuterat flera aspekter på användningen av kärnreaktorer som kraftkälla i fartyg. Från dessa aspekter har vi identifierat tre huvudteman vilka utgjort organisation/struktur för både litteraturstudien och vår faktabaserade datainsamling. Vi analyserade fakten genom en strategi som kallas tematisk analys såsom den beskrivs ursprungligen av Braun & Clarke (2006) och senare av Braun & Clarke (2013). Tematisk analys kan enligt Braun & Clarke (2006) förekomma inom ett brett spektrum av undersökningstyper. Vår användning av tematisk analys är i den datadrivna, *grounded theory*-bemärkelsen, där identifierade teman inte är länkade till en teori som är till för att förklara samband mellan teman, utan vi identifierade teman som förekommer i litteraturen och använder dessa som ramar som styr den faktabaserade datainsamlingen.

Vi har inte använt tematisk analys så strukturerat som skulle vara fallet med en renodlad *grounded theory*, men vi har tillämpat centrala begrepp och principer i tematisk analys. Analysen beskrivs steg för steg i det följande:

Resultaten från intervjuerna i form av inspelningar har transkriberats ordagrant enligt tillvägagångssättet beskrivet av Flick (2014). Utfyllnadsord skrevs ut medan ickeverbala ljud och handlingar skrevs inom parentes. Pauser markerades med utslutningstecken. Därefter har intervjusvaren skrivits om i resultatdelen av rapporten där det innehåll som bedömts som relevant tagits med. Deltagarna gavs kodnamn (respondent 1, 2, 3...) och identifierande information avlägsnades så långt som möjligt. Vi transkriberade hälften av intervjuerna var och kontrollerade sedan respektive transkriberingar.

Nästa steg i hanteringen av intervjusvaren var att följa Braun & Clarke's (2006) recept som föreskriver att nyckelteman (key themes) ska identifieras vilka de fenomen eller aspekter som studien undersöker. Detta kan ske antingen med vilken frekvens svaren förekommer hos respondenterna eller teori/litteratur-drivet. I det senare fallet, vilket är vårt val, väljs nyckelteman av vårt intresse eller vår litteraturtolkning.

Respondenternas svar har kategoriserats och sammanställts i diagram utifrån våra nyckelteman vilka i denna studie inte identifieras efter förekomstfrekvens i svaren utan efter studiens fokus. De olika temana är följande:

- (1) *Fördelar med kärnkraftsdrift,*
- (2) *nackdelar med kärnkraftsdrift och*
- (3) *mål som måste uppnås för att kärnkraftsdrift skall kunna bli realistiskt.*

Därefter har vi beskrivit de viktigaste argumenten under respektive nyckeltema. Denna del av analysen är driven av vad respondenterna säger, och hur många respondenter som säger samma sak. Det betyder att denna del av analysen är data-driven. Argumenten organiseras som underteman enligt den modell som rekommenderas av Braun & Clarke (2006). Analysen har sedan gjorts utifrån de olika teman som ligger till grund för intervjuresultaten. Där har de svar som bedömts som liknande sammanfogats för att få fram aktörernas olika ståndpunkter. Detta för att se hur väl respondenternas svar stämmer överens med teoridelen. Detta skapar sedan grunden för diskussionsdelen av rapporten och utifrån det har sedan slutsatserna dragits.

I nästa steg har varje nyckeltema delats in i underteman. Detta gjordes inledningsvis genom att jämföra underteman med datan som undertemana ska representera. I de fall där undertemat inte fångat betydelsen av datan omarbetades undertemat. De svar från respondenterna som skilde sig och avvek från undertemat plockades bort och fick ett nytt undertema. Om flera underteman bedömdes behandla samma begrepp eller idé slogs de samman till ett undertema. I den sista granskningen lästes samtliga intervjuer igenom för att bedöma huruvida de valda temana representerade all insamlad data.

3.3 Operationalisering

Vår litteraturstudie fann följande tre teman som ofta diskuterats i litteraturen om kärnkraftsdrivna fartyg: ekonomi/teknik, reglering/klassificering, säkerhet/försäkring. Vi är medvetna om att litteraturens diskussion av kärnkraftsdrivna fartyg skulle kunna sammanfattas med andra teman och att vårt val kan vara begränsande, men vi har prioriterat teman som vi bedömt vara av intresse för de aktörer vi intervjuat. Vi använder dessutom intervjuerna som ett sätt att skapa en diskussion som kan styras av respondenterna i stor utsträckning vilket minskar begränsningar som kan finnas hos vårt val av intervjuteman.

Operationalisering är en process där syftet och de saker som studien undersöker bryts ner och omvandlas till mätbara variabler (Bryman & Bell, 2005).

I vår undersökning operationaliserar vi, istället för teoretiskt förankrade begrepp, huvudteman som är aspekter av kärnkraftsdrivna fartyg som litteraturen har diskuterat. De olika temans operationalisering skedde enligt nedan:

Ekonomi/teknik

Finns möjligheter för att driva ett fartyg med kärnkraft?

Hade ni kunnat tänka er att bygga fartyg med kärnkraftsdrift i framtiden?

Tror ni att det hade fungerat i ro/pax- eller ro/ro-segmentet?

Vilka fördelar tror ni att detta hade kunnat ge fartyg i framtiden?

Vilka nackdelar tror ni att detta hade kunnat ge fartyg i framtiden?

Hur tror ni allmänheten hade reagerat på ett kärnkraftsdrivet fartyg?

Hur skulle det se ut vid varvsbesök?

Finns möjligheter att driva ett fartyg med kärnkraft ur ett säkerhetsperspektiv?

Vad vet ni om Small Modular Reactor (SMR)?

Reglering/klassificering

Hur hade en flaggstatsinspektion av ett eventuellt kärnkraftsdrivet nybyggt fartyg sett ut?

Om ett kärnkraftsdrivet fartyg hade velat anlöpa Göteborgs hamn, hur ställer ni er till det?

Hur hade klassning av kärndrivet fartyg gått till? (jämfört med konventionellt) Och Är det möjligt att någon gång i framtiden kunna klassa ett kärnkraftsdrivet fartyg?

Säkerhet/försäkring

Finns möjligheter för att försäkra ett fartyg med kärndrift?

Om ni fått frågan att försäkra ett kärnkraftsdrivet fartyg, hur hade ni då resonerat?

Hur ser ni på säkerheten? (miljö, människor, terrorism)

Ser ni några andra riskåtaganden utöver dessa?

Vad är riskerna med reaktorn vid en olycka? (brand, sjunker, kollision, grundstötning)

3.4 Intervjuer

Alla frågor är inte lika relevanta för alla respondenter och det är osannolikt att alla har samma kunskap om alla frågor. Trots det ställdes frågor från alla temana till alla respondenter men inom ramen för ett tema kunde respondenter fokusera på det som passade deras kompetens och intresse.

Alla de intervjuade fick frågor om deras incitament till kärnkraftsdrift samt vilka för- och nackdelar de ser med kärnkraft som ett framtida alternativ till fossila bränslen. Frågornas anpassning till de olika respondenterna ökade möjligheten att få fram relevant information.

Till försäkringsbolaget ställdes frågor om möjligheten att försäkra ett kärnkraftsdrivet fartyg samt om risker med kärnkraftsdrift jämfört med ett konventionellt fartyg. Flera frågor var helt inriktade på försäkring och dessa ställdes enbart till försäkringsbolaget. Klassificeringssällskapet fick frågor rörande hur en klassificering av ett kärnkraftsdrivet fartyg hade kunnat gå till. Dessa frågor var regeltekniskt specialiserade och därför av intresse huvudsakligen bara för klassificeringssällskapet. På samma sätt har Flaggstaten fått frågor om hur en inflaggning av ett kärnkraftsdrivet fartyg skulle sett ut i Sverige. En tredje uppsättning specialfrågor, om hur ett potentiellt hamnanlöp av ett kärnkraftsdrivet fartyg hade hanterats, riktades till hamnanläggningen. En fjärde kategori frågor har ställts till expertmyndigheten inom kärnkraft består av de som rör teknik samt säkerhet. Genom att ställa dessa frågor fås en tydligare bild av hur de anser att ett kärnkraftsdrivet fartyg skulle kunna fungera i praktiken samt vilka risker detta skulle innebära.

3.5 Litteratursökning

En litteratursökning har gjorts för att hitta information om ämnet. Olika databaser med vetenskapliga rapporter söktes igenom och tidigare studier har granskats. De olika databaserna som användes var följande:

- Scopus
- Web of Science
- Google scholar

Sökorden som använts under litteratursökningen var följande:
Shipping, nuclear ship, SMR, Alternative fuels, nuclear power.

3.6 Urval

Intervjuer har genomförts med representanter för myndigheter och företag som ansetts lämpliga utifrån rapportens syfte samt frågeställningar, verksamma inom områden så som: rederier, försäkringsbolag, klassnings-sällskap, flaggstat, hamnläggning samt experter inom kärnkraft.

- Respondent 1 – Analytiker på en svensk myndighet som hanterar kärnkraft •
Respondent 2 – Ansvarig för en hamnanläggning i Sverige
- Respondent 3 – Sektionschef för en svensk myndighet som hanterar sjöfart
- Respondent 4 – Director, Underwriting, Reinsurance & Risk Control på ett försäkringsbolag
- Respondent 5 – Senior Manager Underwriting på ett försäkringsbolag
- Respondent 6 – Ansvarig för bland annat hållbarhet och energi på ett rederis teknikavdelning
- Respondent 7 – Senior Principal Specialist Propulsion & Steering på ett klassningssällskap
- Respondent 8 – Senior Principal Engineer på ett klassningssällskap

3.7 Etik

Alla aktörer och deras representanter är anonyma i denna rapport. De medverkande har givit sitt godkännande till att intervjuerna spelas in för att sedan transkriberas. Dessa inspelningar har sedan raderats efter att analysen av dess innehåll har genomförts.

4.RESULTAT

I följande kapitel presenteras resultatet av en tematisk analys av vår data. Som tidigare nämnts i metoddelen, har frågorna till de olika parterna varit olika, då de anpassats efter aktörernas olika verksamheter. Dock har alla frågorna varit fokuserade på att utforska deras syn på ekonomi, miljö, regelverk och säkerhet under de olika teman som tidigare presenterats som fördelar med kärnkraftsdrift, nackdelar med kärnkraftsdrift, mål som måste uppfyllas för att kärnkraft skall bli realistiskt.

4.1.1 Bakgrund

Flera respondenter ger en bakgrund till sina övriga svar genom att beskriva sin uppfattning och om och förståelse av kärnreaktorer. Respondent 1 förklarar att den reaktortyp som skulle bli aktuell för fartyg, en SMR, är en liten reaktor på vanligtvis <1000 MW termisk effekt, som i något avseende anses kunna byggas med moduler. Det finns flera olika typer av SMRer, både konventionella lättvattenreaktorer och mer ovanliga tekniker som metallkylda reaktorer. Flera av de typer som finns är baserade på, eller inspirerade av, fartygskonstruktioner.

Personen berättar även att det kommer krävas någon typ av bemanning för att driva en SMR, vilket troligtvis kommer leda till en större besättning jämfört med idag. Det långsiktiga målet är att man ska kunna skära ner på antalet operatörer i framtiden, vilket är möjligt rent tekniskt. Dock säger respondenten att olika länder kommer att ha olika acceptans för en obebod reaktor.

Respondent 8 tror att det kan bli svårt att få en kompetent bemanning till att operera denna typ av fartyg. Framför allt då det kan vara svårt att få de människorna som har rätt kompetens för att hantera en reaktor att välja ett liv till sjöss.

Respondent 7 ser på det på ett annat sätt. Den menar att det kan bli så att reaktorn ombord blir som en "Black box" i fartyget och får sköta sig själv. Den säger att det inte behöver vara redaren som äger reaktorn eller bränslet. Det kan vara ett annat företag som äger reaktorn och bränslet och så betalar redaren hyra till det företaget för att få energi från reaktorn. I ett sådant fall uppstår andra problem med ansvar för där kraften överförs mellan reaktorn och turbinen. Respondenten ställer sig frågan vart ansvaret då går om något skulle hända.

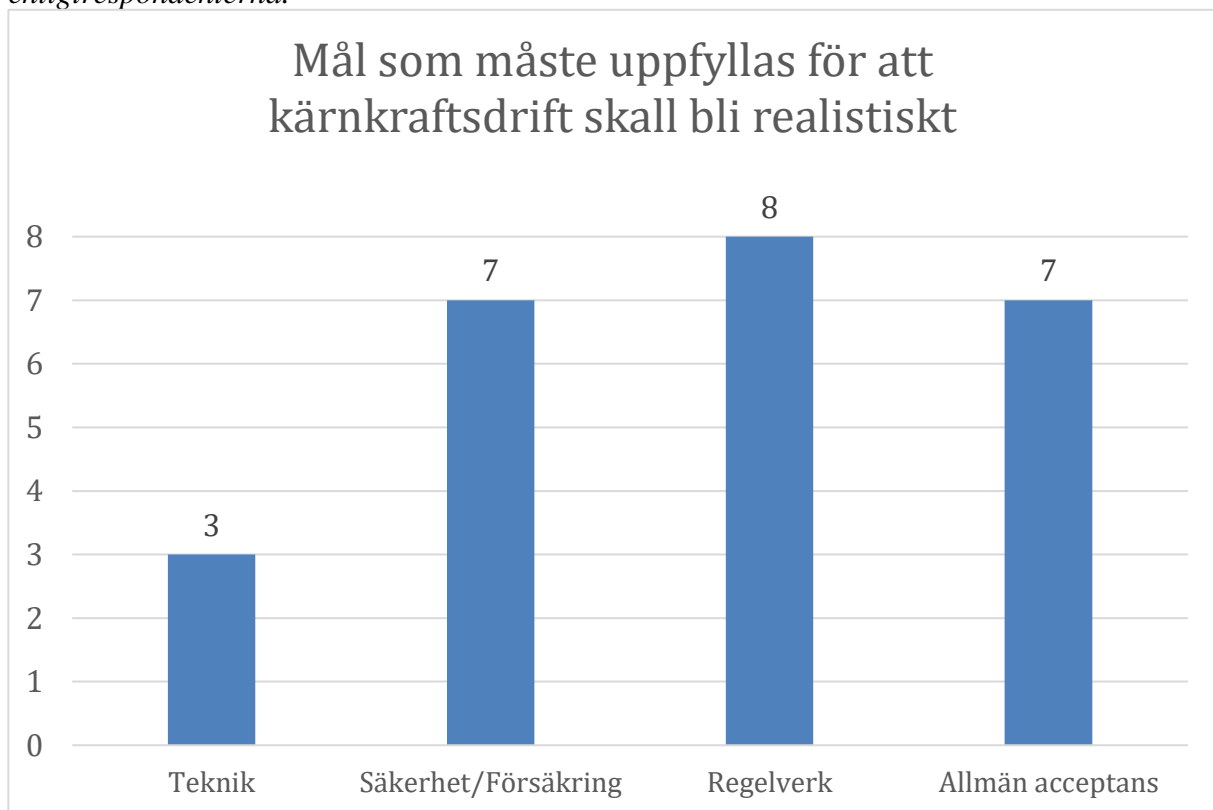
Personen säger att driften av reaktorn blir en annan utmaning att ta hänsyn till. Men det man ser kommer mer är att det byggs autonoma system, vilket gör att man kan monitorerna och fjärrstyra från land. Det i sin tur leder till en reducerad bemanning ombord. De sköter allt från land, så man inte måste ha en kärnfysiker på varje båt. Väldigt mycket här handlar om regelverk.

4.1 Möjlighet till kärnkraftsdrift

Det framkom av intervjuerna flera underteman som kunde anses relaterade till nyckeltemat *mål som måste uppnås för att kärnkraft skall bli realistiskt*. De olika respondenterna hade olika punkter de tryckte på vilket presenteras i **figur 2**.

FIGUR 2

Viktigaste målen som måste uppnås för att kärnkraftsdrift skall bli realistiskt bland fartyg enligt respondenterna.



Ett stapeldiagram som representerar hur många av respondenterna som tog upp de olika delarna som mycket viktiga.

4.1.2 Mål som måste uppnås för att kärnkraft skall bli realistiskt

Genom systematisk analys av intervjuerna identifierade vi fyra underteman till vårt nyckeltema *mål som måste uppnås för att kärnkraft skall bli realistiskt* vilka redovisas i Figur 2. Av Figur 2 framgår att tre av åtta respondenter tar upp att *tekniken* kommer att bli en utmaning som måste få en lösning för att en framtid med kärnkraftsdrift ska kunna bli verklighet. En uppfattning som strider mot de andras är dock respondent 1 som påpekar att fartyg med kärnkraftsdrift finns redan idag och har funnits historiskt. Några exempel på detta är militära fartyg, ryska isbrytare samt ett fåtal kommersiella lastfartyg. Det påpekas också att lättvattenreaktorer, de reaktorer som använder vanligt vatten som kylmedel och moderator, utvecklades i ubåtar och har sedan anpassats till att användas på land. Respondenten känner inte till några direkt avgörande tekniska hinder för att kärnkraftsdrift skall vara möjligt ombord på ett kommersiellt fartyg. Respondent 5, som ser på möjligheten till kärnkraftsdrift ur ett försäkringsperspektiv, säger att det inte är möjligt idag att driva fartyg med kärnkraft. Det går inte att försäkra

ett sådant typ av fartyg vare sig kasko eller P&I. Dock tror respondenten att det kan komma att finnas möjligheter till detta i framtiden. Nya försäkringar med omfattande återförsäkring är alltså en förutsättning för kärnkraft i fartyg.

Respondent 6 tror att kärnkraftsdrift skulle kunna fungera på en del av handelsflottan, men att det är väldigt långt ifrån att man kan tillämpa tekniken i ett passagerarfartyg. Vidare berättar respondenten att de försöker vara öppna för nya typer av teknik och att mycket utvecklas just inom kärnkraftsdrift för fartyg. Den nya reaktortekniken som finns idag är på många sätt säkrare än de gamla reaktortyperna. *Säkerhet* är dock ett hinder som behöver undanröjas. Sju respondenter nämner på ett eller annat sätt säkerheten som ett problem som måste hanteras innan kommersiell användning av kärnkraft i fartyg är tänkbar. Flera kommentarer påpekar att endast kärnfysiker kan förstå hur säker en reaktor är och sedan tillkommer komplikationen med att bedöma hur säkert ett fartyg är som yttre kropp till en reaktor, dvs fartyget ska undvika att förlisa pga problem med drivlinan, kapning osv. Allt som kan hända på ett fartyg måste beaktas. T.ex att en kärnreaktor hamnar på botten av Östersjön. Dessa omfattande skador tas upp av respondent 4 från ett försäkringsbolag, den påpekar att det krävs internationella konventioner som försäkringarna är byggda på och för kärndrivna fartyg saknas dessa konventioner. Respondent 5 säger i det sammanhanget att det råder stor osäkerhet om säkerhet och försäkringar: ”Jag vet inte. Som jag sa i början. Med konventioner och med klassregler måste man kunna påvisa att det här kan göras på ett säkert sätt. Kontrollstavarna sänks ner med hjälp av gravitationen, nån lösning krävs. På terrorister. Om ett fartyg blir kapat så finns det personal ombord som blir ilandtagna och sen kommer det ombord personer som inte vet hur ett sådant fartyg skall användas.” Säkerhet och försäkring handlar enligt respondenterna om de enorma skador som uppstår vid kärnläckage. Skadorna kan vara så stora att nästan inget bolag klarar av att betala för dem. Säkerhetsnivån måste därför vara i motsvarande mån högre än för konventionella fartyg.

Argumenten för behovet av ett regelverk anpassat till kärndrivna fartyg är av liknande slag och uttalas av alla åtta respondenter. Sammanfattningsvis konstateras att det inte finns regelverk för kärnkraftsdrivna fartyg. Respondent 6 sammanfattar synen på behovet av regler och svårigheterna att få dem införda: ”Kommer ta enormt lång tid att få till det här. Så mycket delar, lagstiftning, kärnkraftsbåt i närheten av land har man ett avstånd till land, safety zone, där man inte får vara innanför för då bryter man mot reglerna. Hur får man till det lagmässigt? Mycket utmaningar kopplade till lagkraven. Tar enormt lång tid.”

Vårt fjärde undertema till de problem som måste lösas för att bygga kärnkraftsdrivna fartyg är *allmän acceptans*. Respondent 6 sammanfattar, vilken stöds av sju respondenter, även denna punkt: ”Att åka tåg tyckte folk var jätteläskigt i början. Så allt sådant tar tid, men man får ju börja om man vill att det ska ske inom typ 30 år. Då får man ju börja jobba nu. Beslutet att införa kärnkraft på våra fartyg kommer inte tas förrän det verkligen är accepterat. Därför är det ingen business grej just nu.” Respondent 1 säger att en utmaning kan vara lokal acceptans och de nationella ansvar som följer av internationella överenskommelser. Den säger även att ett eventuellt kärnkraftsdrivet fartyg idag, som skulle anlöpa en svensk hamn, skulle skapa nyheter. Människor skulle reagera olika, samt att det är mycket politik i det, som påverkar samhällsperspektivet. Dock säger respondenten att det är positivare inställning till kärnkraft över lag nu jämfört med hur det såg ut under 70-talet.

I tillägg till detta säger Respondent 7 att det är en mycket politisk fråga när det pratas om kärnkraftsdrift. Personen tar till exempel upp att det i Tyskland finns partier som bildades för att de ville lägga ner kärnkraften. Den säger även att det blir mycket åsikter så fort ordet kärnkraft används. Vissa är väldigt positivt ställda till kärnkraft och vissa är väldigt negativa till det. Personen ser inte några andra alternativ på miljövänlig ”deep sea shipping” utom kärnkraft.

Respondent 8 tar upp en annan aspekt av allmän acceptans. Den menar att eftersom det är handelsfartyg som kärnreaktorerna skall användas i så kommer de att behöva göra resor mellan flera olika länder som kan ha konflikter med varandra, därför kan det bli svårt att få tillstånd från olika länder att få komma in i deras hamnar med denna typen av fartyg.

Respondent 7 var med i ett projekt där kärnkraftsdrivna fartyg i vilket konstaterades det fanns ett stort motstånd mot kärnkraft hos allmänheten. Respondenten drar därför sin egen slutsats att ingen vill ha en kärnreaktor i sin närhet, då de anser att riskerna är stora.

4.3 Fördelar med kärnkraftsdrift

Nästa nyckeltema vi identifierat ur undertemana från intervjuerna är *Fördelar med kärnkraftsdrift*. Trots att alla respondenterna såg en rad problem med kärnkraft till sjöss kunde de också identifiera flera fördelar om hindren kunde övervinnas. Vi identifierade fyra underteman: Bunkring, utsläpp, slow-steaming och miljövänliga bunkers.

I Figur 3 syns i översikt hur många respondenter som givit uttryck för synpunkter i riktning mot respektive undertema. Fem respondenter tar upp att en stor fördel med kärnkraft är att man inte behöver bunkra mer än en gång samt att utsläppen, sett till enbart hur mycket själva fartyget släpper ut, är noll. Respondent 6 sammanfattar synpunkterna: "Kärnkraft är fördelaktigt då man inte behöver åka in och bunkra upp utan man kan vara iväg och göra vad man vill. Har hamnarna accepterat detta, att ta in kärnkraftsdrivna fartyg, så har man en jättemöjlighet att på spotmarknaden ha fartyg som inte behöver tänka på att behöva bunkra. Om man till exempel ska bunkra ett bränsle som är miljövänligt, men kanske inte finns överallt på tiotals år. Så det finns fördelar med det, men kanske mer sannolikt på en del av fartygsflottan. Precis som ammoniak det är inte så troligt på en viss del av flottan, men en annan del. Man behöver inte tänka på slow steaming, att köra långsamt för att spara på bränsle, för man har bränslet i reaktorn. Som dagens kärnkraftsdrivna hangarfartyg, just att man kan köra på hur man vill utan att tänka på att bunkra. Finns massa fördelar."

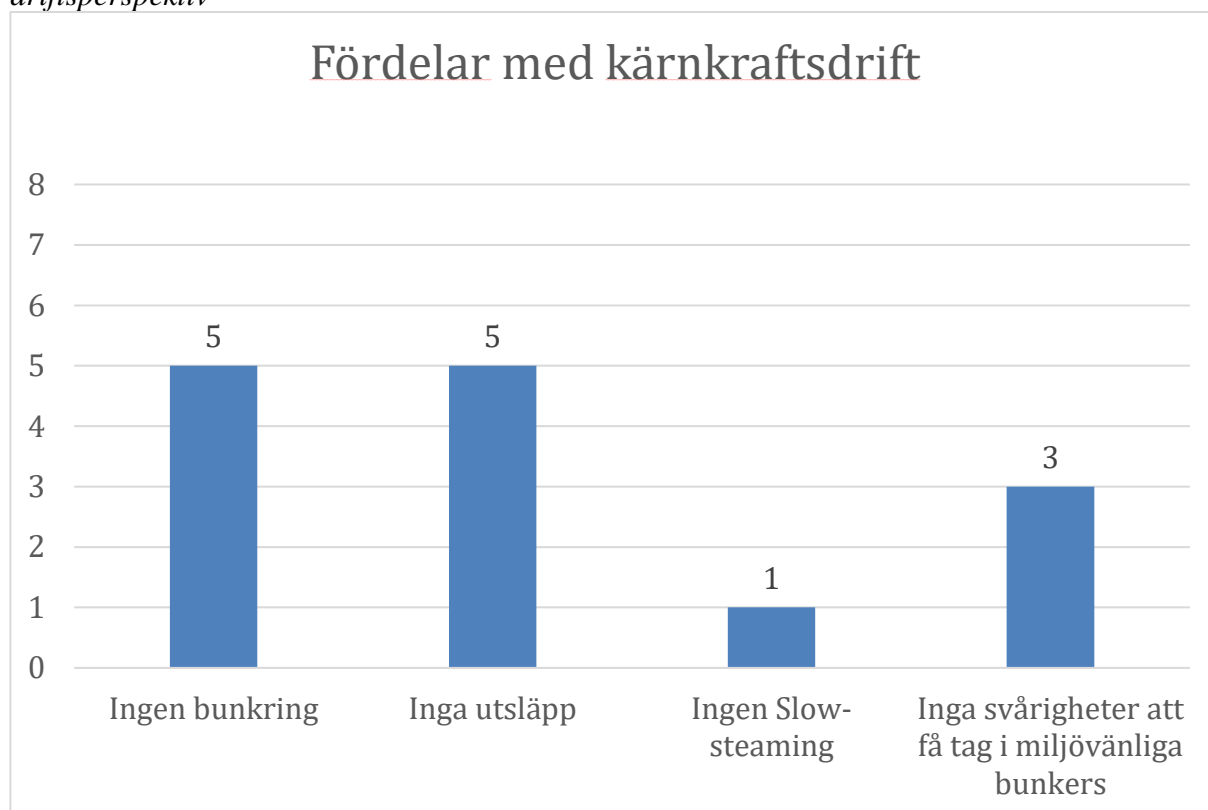
En nära relaterad fördel är att fartygen skulle kunna operera utan utsläpp. Fem av respondenterna noterar detta som en fördel. Dessa påpekanden kan ses som positivt till skillnad mot kritiken av sjöfarten som står för en stor del av koldioxidutsläppen i världen och därtill av giftiga gaser (SOX och NOX) vid användning av lågkvalitetsolja som bränsle. Respondenterna hade inget ytterligare att tillägga som bakgrund till sina påståenden om fördelen med nollutsläpp.

En tredje fördel med detta är att man inte behöver tänka på "slowsteaming". Detta då en kärnreaktor producerar lika mycket effekt vid högre farter som vid lägre, till skillnad från ett konventionellt fartyg. Respondent 6 företrädde denna synpunkt ensam: "Man behöver inte tänka på slow steaming, att köra långsamt för att spara på bränsle, för man har bränslet i reaktorn."

Den fjärde fördelen som sågs av respondenterna var att eftersom påfyllning av bränsle kan vara ett problem för fartyg, särskilt om miljövänligt bränsle eftersöks, kan kärnbränsle vara en fördel. Detta påtalades av tre respondenter och lösningen skulle vara att man med en reaktor som inte behöver nytt bränsle på 10-tals år skulle kunna kringgå denna typ av problem. Miljövänlig bunkring skulle inte längre vara ett problem för fartygen.

FIGUR 3

Respondenternas svar på vilka de största fördelarna med kärnkraftsdrift är ur ett driftsperspektiv



Ett stapeldiagram som representerar hur många av respondenterna som tog upp de olika delarna som stora fördelar.

4.4 Nackdelar med kärnkraftsdrift

Under nyckeltemat nackdelar med kärnkraftsdrift finner vi fem underteman för vilka respondenternas svar illustreras i Figur 4. Samtliga nackdelar är relaterade till de stora negativa följderna som kan uppstå om radioaktivt material kommer ut ur en reaktor och de stora osäkerheter om säkerhetsbedömningen som finns både hos experter och hos allmänheten.

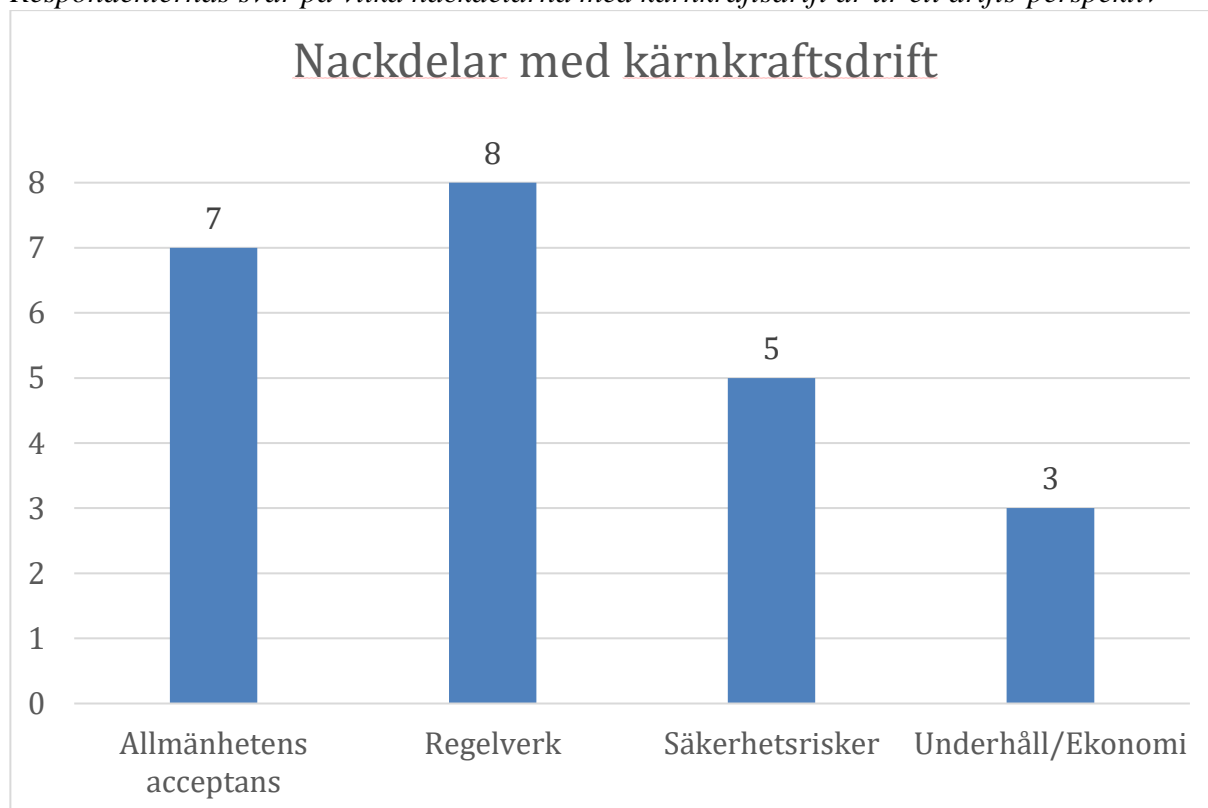
Allmänhetens acceptans

Den första nackdel som identifieras av respondenterna är allmänhetens rädsla för kärnbränsle. Sju av åtta respondenter var överens om att samhällets syn på kärnkraft kan komma att bli en av de största utmaningarna som ett potentiellt kärnkraftsdrivet fartyg skulle ställas emot. Bland annat pratar respondent 6 om att många i allmänheten fortfarande är rädda för kärnkraft efter olyckorna som inträffade i bland annat Fukushima och Tjernoby.

Respondent 6 tar även upp att reaktorns avfall kommer behöva hanteras. Det faktum att fartyg, som geografiskt sett är utspridda på olika platser i världen, kommer behöva göra sig av med avfallet försvårar situationen ytterligare. En ökad användning av kärnkraft kommer leda till en ökad mängd avfall, vilket kommer behöva hanteras på ett säkert sätt.

Figur 4

Respondenternas svar på vilka nackdelarna med kärnkraftsdrift är ur ett drifts-perspektiv



Ett stapeldiagram som representerar hur många av respondenterna som tog upp de olika delarna som Nackdelar.

Regelverk

Att det i nuläget inte finns något konkret regelverk för hur ett kärnkraftsdrivet fartyg ska byggas, opereras och underhållas tar alla de intervjuade personerna, se figur 2, upp som ett problem vilket måste få en lösning innan kärnkraftsdrivna fartyg kommer kunna bli till verklighet i den kommersiella sjöfarten.

Respondent 1 säger att ett regelverk kommer att behövas för att kunna implementera kärnkraftsdrift i dagens handelsflotta. Olika nationer samt aktörer behöver komma överens om olika regler, vilka inte är på plats i skrivande stund.

Två av respondenterna, som båda arbetar på ett klassificeringssällskap, nämner IMO koden *Code of Safety for Nuclear Mercant Ships* från 1981. Denna kod är en vägledning och inte en del av SOLAS konventionen, alltså är den inte obligatorisk. Enligt respondenterna lyfter denna kod de viktiga frågorna. Dock kan en del vara irrelevant i dagsläget, och därför behöva uppdateras, då den baseras på tidigare reaktor-teknologi. Vidare berättar respondenterna att Maritime and Coastguard Agency (MCA), så sent som i december 2023, givit ut egna regler för kärnkraft ombord på fartyg. I Storbritannien är därför kärnkraft ett godkänt alternativ för framdrift ombord på fartyg, vilket gör dem till den första flaggstaten i världen att ackreditera kärnkraft i den kommersiella sjöfarten.

I intervjun med respondent 7 framkommer att vissa klassificeringssällskap arbetar för att få fram ett regelverk för kärnkraftsdrift. I dagsläget finns det ett klassificeringssällskap som har ett regelverk för kärnkraft, dock är detta regelverk något tunt. Respondenten berättar även att olika projekt är i gång då man ser att kärnkraften är aktuell för en framtida marknad. Respondenten ser osäkerhet kring hur lång tid det kommer att ta innan allt är på plats.

Respondent 8 har en annan syn på det och säger att den självklara tanken är att tekniska koncept borde byggas på land innan man bygger det i ett fartyg, men eftersom regelverken är så stränga på land kan det bli svårt att få bygga och utveckla det där. Eftersom det ännu inte finns så mycket regelverk i det maritima sammanhanget kan det bli lättare att påbörja utvecklingen inom den marina sektorn.

I samband med regler diskuterades också hur det skulle gå till att gå in i en svensk hamn med ett kärndriver fartyg. Respondent 2, som är ansvarig för en hamnanläggning i Sverige uppgav att den inte ser något problem med att fartyg som upprätthåller internationella och nationella reglementsensliga krav anlöper svenska hamnanläggningar. Respondenten berättar vidare att det nu för tiden blir vanligare med olika typer av alternativa bränslen inom sjöfarten. Däribland nämndes LNG, LBG, Metanol och batteridrift. Det utreds även för nyare alternativ om kommande alternativa bränslen som vätgas och ammoniak. Respondenten nämner även att det redan idag finns kärnkraftsdrivna fartyg i drift, såsom militära fartyg.

Respondent 3 tillfrågades också om det skulle vara ett problem om ett kärnkraftsdrivet fartyg skulle göra en ansökan om att gå in i en svensk hamn. Respondenten uppgav då att hamnanläggningen måste ha en plan på plats då det gäller hamnskydd, International Ship and Port facility Security Code (ISPS). En sådan plan ska innefatta en hazid-analys för hur ett sådant fartyg skulle hanteras ifall det skulle ske en olycka eller om det skulle ske någon typ av utsläpp från fartyget som anlöper hamnen. Personen sa att denna hamnskyddsplan är hemlig och skall endast delas mellan hamnen och dess Recognized Security Organisation (RSO). RSO kan vara en myndighet eller ett klassificeringssällskap och har som uppgift att bland annat godkänna hamnskyddsplanen för en hamnanläggning.

Respondent 3 tog även upp en annan tillämpning av hamnanläggningen, vilket är nödhavn eller port of refuge. Den säger att om ett kärnkraftsdrivet fartyg skulle råka ut för en olycka nära en svensk hamn kan de bli beordrade av svensk myndighet att anlöpa den svenska hamnen för att inte miljöskador skall uppstå.

Respondent 3, som är sektionschef på en svensk myndighet för sjöfart, svarar på frågan om hur en flaggstatsinspektion på ett kärnkraftsdrivet fartyg skulle se ut. Den säger att det inte finns en teknisk kod som behandlar kärnkraftsdrift i Sverige utan bara nukleär last. Den säger att det därför antagligen skulle bli som när andra alternativa bränslen införs. En HAZID (ett sätt att göra en riskanalys) skall då göras för ny design där alla risker skall identifieras.

Respondenten tror dock att det skulle kunna bli svårt att få igenom en riskanalys idag för ett kärnkraftsdrivet civilt fartyg, då kärnkraft är väldigt kontroversiellt. Den nämner även militära fartyg och säger att de har en högre ribba för risker och det är därför de kan driva sina fartyg med kärnkraft. Respondenten menar att det blir svårare att göra en riskanalys för att använda kärnkraften till att frakta gods i fredstid på kommersiella fartyg.

Säkerhet

Respondent 1 nämner i intervjun att det kan finnas andra krav på säkerheten idag, som kan ändra förutsättningarna, jämfört med när de historiska kommersiella fartygen byggdes och var i drift. Respondenten nämner även att flera säkerhetsaspekter är samma för ett konventionellt kärnkraftverk med tryckvattenreaktorer som med en SMR. Konventionella kärnkraftsreaktorer på land konstrueras mot brand och explosioner och detsamma bör även gälla för reaktorer i fartyg. Personen säger också att de två största olyckskategorierna som alla reaktorer konstrueras för att motstå är förlust av kylning samt kriticitetsolyckor, där den senare är mer av en teoretisk karaktär. Respondent 1 säger också att förlust av kylning kan ha många olika orsaker. Det kan vara ett brott på ett kylmedelrör, bränder som förstör elsystem eller pumpar som går sönder. En normal lättvattenreaktor kan klara sig ungefär en timma utan kylning. Det beror på förutsättningarna, men om all kylkapacitet förloras tar det ungefär en halvtimme till en timme innan bränslet överhettas. Personen berättar även att resteffekt kan skapas om reaktorn stängs av. Det innebär att värme utvecklas på grund av det radioaktiva sönderfallet. Den värmen måste kylas bort. Värmen beror på hur länge reaktorn har varit avstängd. Förloras kylningen och reaktorn stängs ner momentant tar det kortare tid innan risk finns för överhettning. Om den varit avstängd längre tid tar det längre tid innan den överhettas.

Respondent 8 säger att säkerheten beror på vilken reaktor som används, då många olika reaktortyper diskuteras. Gen4 reaktorer till exempel är ett säkert koncept. Med dessa slipper man riskerna med härdsmälta som hände vid kärnkraftsolyckan i Harrisburg. Den säger att det är ett mycket säkrare koncept än alla andra tryckvattenreaktorer vilket är ett sätt att få detta koncept att fungera i ett maritimt sammanhang. Den säger dock att det än så länge inte finns någon Gen4 reaktor i kommersiell drift på land idag. Än så länge är de bara i utvecklingsstadiet, men personen spekulerar att om kanske 6-10 år så kan en provinstallation finnas och om ytterligare 6-10 år så blir det till en kommersiell installation. Allt förutsätter att riskerna kan kontrolleras. Respondenten tror att Gen4 reaktorer kan bli verklighet inom två år då det går att lösa tekniken för det. Men troligtvis blir det allmänhetens åsikter och IMO som kan göra att det blir svårt att bygga det i verkligheten.

Respondent 5 tar i upp intervjun att om kärnkraftsdrift skall kunna bli verklighet måste man kunna påvisa att allt kan göras på ett säkert sätt. Detta krävs för att få till konventioner och klassificeringsregler. Man måste även tänka på andra omständigheter som kan ha en säkerhetspåverkan, som till exempel terrorism. Även respondent 4 tar upp att det finns flera olika typer av händelser, så som cyber- och terroristattacker, som skulle kunna inträffa på ett kärnkrafts- drivet fartyg och därmed påverka säkerheten. Som tidigare nämnt är flertalet av respondenterna inne på att kärnkraft är ett bra alternativ ur ett miljöperspektiv. Men respondent 6 och 7 nämner även att man måste ha hela livscykeln i åtanke när man ser till miljön. Till exempel att det går åt mycket energi för att utvinna och lagra uran. Samt att det är ofrånkomligt med miljöföroreningar från utvinningen, även om inga utsläpp kommer att ske ifrån själva fartyget.

En annan utmaning som respondenterna tar upp är hur fartyget, i synnerhet reaktorn, skulle hanteras vid en eventuell olycka. Respondent 4 tar upp att ett fartyg som går på grund på en stenig botten oftast sjunker inom några dagar. Det första man gör när ett konventionellt fartyg går på grund är därför att tömma det på bunkerolja genom att pumpa ur den. Med ett kärnkraftsdrivet fartyg blir detta svårare, då hela reaktorn måste lyftas ut från fartyget. Ett fartyg som gått på grund ligger oftast med slagsida samt att det ofta är grunt vatten runtomkring. Detta är faktorer respondenten tar upp som

ytterligare skulle komplicera en operation där reaktorn behöver lyftas ut, för att förhindra att den går med fartyget ner i djupet.

Även respondent 5 ser en stor utmaning med att få ut reaktorn ur ett sjunket fartyg. Men också hur hanteringen av den ska gå till efteråt, vid en eventuell skrotning.

Respondent 8 tar upp ytterligare en aspekt av en eventuell olycka med ett kärnkraftsdrivet fartyg. I händelse av att ett fartyg sjunker med reaktorn kvar ombord, och att den inte går att hämta upp, skulle det kunna bli en utmaning med acceptans från allmänheten att låta en reaktor ligga kvar på botten.

Underhåll/Ekonomi

Förutom de utmaningar som ett kärnkraftsdrivet fartyg kan komma att stöta på i dess dagliga verksamhet, tar flera av respondenterna upp att denna typ av fartyg kan stöta på utmaningar även vid till exempel underhållsarbete.

Respondent 4 tar i intervjun upp att en utmaning som ett fartyg med kärnkraftsdrift kan komma att ställas inför är när de ska göra varvsbesök. Ett fartyg som drivs av en kärnreaktor kan stöta på problem i stora delar av världen, då infrastrukturen för att kunna ta hand om denna typ av fartyg saknas i flera länder.

Respondent 6, som jobbar på ett rederis teknikavdelning, nämner att ett koncept som håller på att tas fram för den så kallade "Molten Salt Reactor" är att man dränerar reaktorn på bränsle. Efter att den är dränerad utför man det planerade underhållet, innan man sedan fyller på den och startar i gång den igen. Denna typ av underhåll kommer att behöva göras på ett specifikt varv. Respondenten tänker sig att man i framtiden kommer att jobba med mer långsiktiga lösningar, för att i större utsträckning kunna undvika att behöva ta in ett fartyg i torrdocka. Exempel på detta skulle kunna vara att man använder sig av speciella bottenfärger. Man skulle också kunna sköta underhållet kontinuerligt i vattnet. Dock kommer en dockning ändå behövas någon gång, vilket respondenten tror kommer bli en stor utmaning, framför allt kostnadsmässigt, för ett kärnkraftsdrivet fartyg.

5. DISKUSSION

I följande kapitel kommer det resultat som framkommit ifrån intervjuerna att analyseras och jämföras med det tidigare presenterade teoriavsnittet. Vi ser en kluvenhet hos respondenterna i deras uppfattning om vad allmänheten tror om kärnkraftsdrivna fartyg. Anledningen till denna osäkerhet kan vara att många saknar detaljerad kunskap om kärnkraft. Denna kluvenhet speglar vår uppdelning i fördelar och nackdelar och vi ser att trots de stora riskerna som respondenterna ser med kärnkraft, så är de ändå positivt inställda till en framtid för kärnkraft i fartyg.

Det kan tänkas att vissa av respondenterna har mycket kunskap om kärnkraftsdrivna fartyg medan andra vet mindre vilket gör att deras åsikter till kärnkraft skulle skilja sig åt av den anledningen. Vi ser framför allt att respondenterna har olika uppfattningar om kärnkraft i fartyg. Det går att argumentera för osäkerhet till kärnkraftsdrivna fartyg till sjöss eftersom flera fördelar också kan ses som nackdelar. Nedan följer några faktorer som kan leda till osäkerhet och kluvenhet:

Miljöaspekter: Kärnkraftsdrivna fartyg kan ha fördelar ur ett miljöperspektiv, eftersom de inte släpper ut koldioxid eller andra växthusgaser under drift. Samtidigt kan det finnas oro för de potentiella konsekvenserna av en kärnkraftsolycka till sjöss och riskerna med hanteringen av kärnavfall.

Säkerhetsaspekter: Kärnkraftsdrivna fartyg måste upprätthålla höga säkerhetsstandarder för att minimera risken för olyckor och utsläpp av radioaktivt material. Vissa intressenter kan ha förtroende för att dessa säkerhetsåtgärder är tillräckliga, medan andra kan vara mer oroade för potentiella risker och konsekvenser vid felaktig användning eller tekniska problem.

Ekonomiska aspekter: Kärnkraftsdrivna fartyg kan vara kostnadseffektiva på lång sikt, eftersom de kan erbjuda en stabil och pålitlig kraftkälla för sjötransport. Samtidigt kan investeringskostnaderna och behovet av strikt övervakning och underhåll av kärnkraftsanläggningar vara bekymmer för vissa intressenter.

Juridiska och regleringsmässiga aspekter: Användningen av kärnkraftsdrivna fartyg kräver strikta juridiska och regleringsmässiga ramar för att säkerställa säkerhet och ansvar. Intressenter kan ha olika åsikter om tillräckligheten och effektiviteten hos dessa regleringsåtgärder.

Osäkerhet om hur dessa faktorer ska bedömas kan ändra attityden till kärnkraftsdrivna fartyg. Några osäkerhetsfaktorer som vi kan identifiera efter att ha studerat våra intervjuer är:

Motsägande information: Om det finns motägande information eller forskning om riskerna och fördelarna med kärnkraftsdrivna fartyg, kan det leda till osäkerhet. När olika källor ger motsägande åsikter eller resultat, kan det vara svårt för individer att dra en slutsats och de kan känna en osäkerhet.

Komplexitet: Bedömning av risker och fördelar med kärnkraftsdrivna fartyg kan vara en komplex uppgift som kräver teknisk och vetenskaplig kunskap. Om individer inte känner sig tillräckligt kunniga eller inte har tillgång till tillförlitlig information kan det leda till osäkerhet. Att bedöma risker och fördelar kan vara en utmaning och osäkerhet kan uppstå när det finns brist på tydliga riktlinjer.

Oförutsägbarhet: Kärnkraftsdrivna fartyg innebär vissa risker som kan vara svåra att förutse eller greppa. Osäkerhet kan uppstå på grund av t.ex. potentiella tekniska -eller mänskliga fel, och detta kan öka osäkerheten ytterligare. Individer kan vara tveksamma eftersom de inte kan förutsäga eller bedöma riskerna på ett tillförlitligt sätt.

Perspektiv och värderingar: Osäkerhet kan också uppstå på grund av olika perspektiv och värderingar som individer har. Vissa kan prioritera miljöfaktorer och vara mer benägna att vara skeptiska till kärnkraftsdrivna fartyg, medan andra kan fokusera på ekonomiska fördelar eller energieffektivitet och vara mer positiva. Den motsatta ståndpunkten är också möjlig eftersom

negativa miljöeffekter kan uppstå av kärnkraft och det kan vara mycket kostsamt att installera en kärnreaktor i ett fartyg.

Osäkerheten till kärnkraftsdrivna fartyg kan ses som en effekt av att det är svårt även för experter att bilda sig en bestämd uppfattning om riskerna med kärnkraft till sjöss. Även om kärnkraft i fasta anläggningar hos experter kanske idag anses som tillräckligt säkra för att vara positivt inställda till så tillkommer många osäkerhetsfaktorer när kärnkraftverk ska installeras i ett handelsfartyg. Omständigheterna för handelsfartyg skiljer sig så mycket att det blir svårt att se riskerna vid drift av en kärnreaktor, och konsekvenserna av eventuella olyckor uppfattas även av experter som stora. Dessutom finns oftast två sidor av varje argument som förs fram av respondenterna, dvs det som en respondent uppfattar som en fördel, t ex miljövänlighet beroende på nollutsläpp av koldioxid, har också den motsatta sidan eftersom radioaktivt utsläpp genom en olycka är katastrofalt både på kort och mycket lång sikt. Fördelen att inte behöva betala för bränsle löpande har nackdelen att i förväg behöva betala för flera års bränsle. Fördelen att slippa leta efter miljövänliga bränslen har nackdelen att kanske inte kunna bunkra över huvud taget eftersom hamnregler kanske inte tillåter kärnkraftsdrivna fartyg att anlöpa. De nackdelar som beskrivs av respondenterna är nästan uteslutande på grund av riskerna med kärnkraft. Svårigheten att bedöma hur stora dessa risker är skulle kunna förändra respondenternas åsikter om möjligheten att driva fartyg med kärnbränsle, trots att de i flera fall förutspår att tekniken kommer att utvecklas förr eller senare, som en oundviklig konsekvens av utfasningen av fossila bränslen.

5.1 Miljö

Den generella bilden är att respondenterna är positivt inställda till kärnkraftsdrift till sjöss. Likt den teori som ligger till grund för arbetet nämner de noll utsläpp, kontinuerlig drift genom att inte behöva bunkra, samt operation i avskilda världsdelar där tillgången av andra miljömässigt fördelaktiga bränslen är begränsad som en fördel för kärnkraften.

Det faktum att ett kärnkraftsdrivet fartyg inte behöver bunkra, kan hålla en högre hastighet samt att det inte släpper ut några miljöfarliga partiklar är till stor fördel för ett kärnkraftsdrivet fartyg jämfört med ett konventionellt. Alla dessa fördelar gör ett kärnkraftsdrivet fartyg konkurrenskraftigt. Bland annat då det inte behöver byta bränsle när det opererar i områden med höga miljökrav. En annan fördel är att en högre hastighet innebär att gods kan transporteras på kortare tid, utan att det ger ökade bränslekostnader. Det skulle i sin tur kunna ge en ekonomisk vinning för alla inblandade parter.

Respondenterna från klassificeringssällskapet uttryckte att risker inom sjöfartsbranschen inte är något nytt, det kommer hela tiden nya typer av bränslen så kärnkraft är ingen omöjlighet. Och precis som på N/S Savannahs tid så kan det komma att skapa en bättre bild av kärnkraften om dess användning kan komma till nytta för frakt av gods med handelsfartyg.

En stor fördel med kärnkraft påstås av respondenterna vara att man inte behöver bunkra mer än en gång samt att utsläppen, sett till enbart hur mycket själva fartyget släpper ut, är noll. När respondenterna beskriver miljöaspekten som en fördel med kärndrivna fartyg beskrivs tekniken som fri från miljörisiker, helt utan utsläpp och helt utan miljöpåverkan. Respondenterna ger en idealisk bild av kärnkraft till sjöss och förmedlar känslan av att detta skulle vara lösningen på de miljöutmaningar som hela världen just nu brottas med.

Respondenternas resonemang om miljövinsten är som om de kunde förutsätta att de tekniska hindren kan undanröjas för om risken med kärnkraft i fartyg skulle vägas in vore det svårt för dem att nämna miljö som en fördel. Ett exempel på detta är när en respondent nämner en ny typ av reaktor som kan bli säkrare än de nu existerar: ”än så länge är de bara i utvecklingsstadiet,

men personen spekulerar att om kanske 6-10 år så kan en provinstallation finnas och om ytterligare 6-10 år så blir det till en kommersiell installation. Allt förutsätter att riskerna kan kontrolleras.” Att riskerna kan kontrolleras nämns av andra respondenter vilket indikerar ett resonemang om fördelar som förutsätter en sorts idealtillstånd där reaktorer till sjöss inte kan gå sönder på ett farligt sätt.

5.2 Regelverkens betydelse för kärnkraftsdrivna fartyg

Den största utmaningen som finns för att kärnkraftsdrift skall bli till verklighet i framtiden inom den kommersiella sjöfarten är att regelverk behöver komma på plats. Det svaret är genomgående från alla respondenter i intervjuerna. Detta tror de flesta respondenterna härstammar från allmänhetens syn på kärnkraft på grund av flera olyckor som skett historiskt med kärnkraftsanläggningar iland. Ett annat problem med regelverken som flera respondenter uppgett är hur det skall uppfattas i andra världsdelar. Då fartyg ofta går mellan flera länder på olika kontinenter, som kan ha geopolitiska konflikter med varandra så kommer det bli stora utmaningar med just kärnkraften. Detta var liknande problem som de stötte på under 1960-70 talen när de experimentella fartyg som byggdes då skulle fungera i världshandeln.

Avsaknaden av normer driver också osäkerheten hos respondenterna om vilka attityder mot kärnkraft i fartyg den kan ha. Eftersom risker med kärnkraft är svårbedömda för respondenterna är det särskilt svårt för dem att ha en bestämd uppfattning om kärnkraft i fartyg och absaknaden av regelverk är därför besvärande för dem. Inte bara ur praktisk synpunkt, dvs att det för närvarande inte går att operera fartyg med kärnbränsle, utan också för deras bildande av uppfattningar om kärnkraft i fartyg som helhet. Ingen vet vad den ska tycka eftersom myndigheter inte sagt sitt.

Vår tolkning av regelverkens betydelse går alltså utöver respondenternas egna beskrivningar av dem även om det finns indikatorer i respondenternas svar att deras osäkerhet om kärnkraft i fartyg som helhet är drivet av att det inte finns internationella regulationer som avgör vad som ska finnas och inte. Regelverkets betydelse är enligt respondenterna inte isolerat till enskilda frågor som t.ex om fartygen kan gå in i en hamn utan gäller all användning av kärnbränsle till sjöss, t.ex hur försäkringen av sådana fartyg ska ske och vad som ska hända om en reaktor hamnar på havets botten. Reglering av alla dessa frågor skulle enligt vår uppfattning göra det möjligt för respondenterna att ha en endast positiv eller negativ uppfattning om kärnbränsle i fartyg. Osäkerheten hos respondenterna till kärnkraft till sjöss är sannolikt en effekt av att det saknas sådana regler för närvarande.

Frånvaron av regler ökar respondenternas osäkerhet om kärnbränsle och driver dem att uttrycka osäkerhet på en rad punkter. De beskriver genomgående att de upplever det mycket svårt att ha en uppfattning om detta. Poängterandet av osäkerhet, vilket vi anser vara en effekt av att regelverk saknas, återkommer i flera teman som respondenterna tar upp:

Sju av åtta respondenter nämner allmänhetens acceptans av kärnbränsle i fartyg som en osäkerhetsfaktor. Då kärnkraft är ett komplicerat och ett politiskt kontroversiellt ämne säger flera av respondenterna att det är svårt att inte ha en åsikt om det och veta hur positiv inställning de ska ha till det. Allmänhetens acceptans skulle kunna orsakas av att regler saknas och är i så fall uttryck för samma problem som respondenterna upplever. Respondenterna påpekar att deras uppfattning är beroende av hur andra ser på kärnkraft indikerar enligt vår tolkning att osäkerheten inte kan reduceras genom t ex enbart vetenskapliga framsteg, utan det krävs ett gemensamt ställningstagande till de oförutsedda riskerna för att det ske bli möjligt att ha en bestämd uppfattning om kärnkraftsdrivnafartyg.

Respondenternas diskussion om säkerhet går i samma riktning. En utmaning som fem av respondenterna nämner är säkerhet. Ett fartyg måste kunna motstå stora krafter från hav, väder, människan och undermåligt underhåll, vilket gör att det ibland sker olyckor då fartyg sjunker, kolliderar och går på grund. Hur säkerheten för miljön och de ombordanställda skall kunna garanteras i ett sådant olycksfall är en fråga som respondenterna tar upp. Även Adumene med flera (2022) tar upp i sin rapport att lösningar för till exempel nödavgång kommer att krävas, då det finns flera risker med kärnkraft. En av de säkerhetsrisker som de tar upp i sin rapport är tänkbara terroristattacker, riktade mot fartyget. Även respondent 4 och 5, som representerar ett försäkringsbolag, tar upp risker med terrorism. Detta tyder på att säkerheten kring denna typ av fartyg inte enbart kan vara fokuserad vid sådant som kan orsakas av reaktorn eller besättningen. Även yttre omständigheter kan bidra till ökad säkerhetsrisk. Kombinationen av faktorer som påverkar säkerheten och därmed miljöriskerna med kärnbränsle till sjöss indikerar att det inte är tillräckligt med vetenskapliga framsteg för att respondenterna ska kunna bilda sig en bestämd uppfattning om detta sätt att driva fartyg. Det behövs regler som föreskriver hur riskerna ska hanteras eller minskas internationellt av alla inblandade aktörer. Eftersom sådana regler saknas är det nödvändigt för respondenterna att ha ett klivet förhållningssätt till kärnkraft. Det går inte att med hänvisning till den tekniska utvecklingen avfärda riskerna med terrorism.

Detta understryks av hur respondenterna ser på den tekniska utvecklingen som en förutsättning för kärnbränsle till sjöss: Flera av respondenterna är överens om att det kommer att krävas många nya tekniska lösningar för att ett fartyg skall kunna drivas med kärnkraft, men de ser inte tekniken som det avgörande hindret. Som vissa respondenter tar upp, så har det funnits kärnkraftsdrivna fartyg i historien, vilket tyder på att tekniska lösningar redan finns. Även de militära fartyg som finns idag borde vara möjligt att ur ett tekniskt perspektiv använda som grund för ett kommersiellt kärnkraftsdrivet fartyg. Zhao med flera (2022) tar i sin rapport upp att en orsak till att denna typ av fartyg endast finns i den statliga sektorn är för att kärnbränsle har en högre risk än andra bränslen.

Istället för att peka på tekniken som en avgörande faktor relaterar respondenterna tekniska utmaningar till andra faktorer som tillsammans med tekniken utgör riskfaktorer som kan förändra deras uppfattning om kärndrivna fartyg. Respondenterna tar upp olika problem som hur den energi som reaktorn genererar skall driva fartyget, hur kylmedel till reaktorkärnan skall kunna garanteras i händelse av en brand ombord och hur reaktorn säkert skall kunna demonteras från ett fartyg som gått på grund eller har sjunkit.

Det finns även osäkerhet om hur ekonomi påverkar kärnkraft till sjöss: De nya tekniska lösningarna som kommer behöva skapas för att driva fartyg med kärnkraft kommer att bli dyra, det är flera av respondenterna överens om. Byggnationen av fartyget kommer att innebära att bränsle för flera år måste betalas direkt innan fartyget kommit ut i trafik.

En teknisk komplikation som respondenterna identifierar och som måste lösas i ett stort rättsligt och ekonomiskt sammanhang snarare än ett tekniskt är varvsbesök: Ett något överraskande svar från flertalet respondenter är hur stor betydelse ett varvsbesök för ett kärnkraftsdrivet fartyg skulle ha, då det skulle komma med nya utmaningar. Det hade med största sannolikhet blivit en betydligt mer kostsam procedur än för ett konventionellt fartyg. Bland annat då kravet på säkerheten hade ökat, varvsarbetarna behövt en annan typ av utbildning och avfallet hade behövt hanteras vid underhåll av reaktorn. Ett kärnkraftsdrivet fartyg hade endast kunnat genomföras på ett visst antal varv vilket kan skapa stora problem om denna typ av fartyg behövt ett akut varvsbesök.

Även till synes små problem uttrycks av respondenterna, vilket signalerar deras behov av att peka på avståndet mellan problem och möjligheter: Schøyen & Steger-Jensen (2017) tar upp att bemanning kan bli en extra kostnad för ett kärnkraftsdrivet fartyg. Respondent 1 är inne på samma spår, när den pratar om att en större besättning kan krävas på ett sådant fartyg jämfört med ett konventionellt. Även respondent 8 pratar om bemanning, då personen tror att det kan bli svårt att få kompetent bemanning till fartygen. Dock pekar respondent 7 på en framtid där autonoma lösningar blir allt vanligare. Om det i framtiden skulle bli möjligt att driva och övervaka reaktorn från land skulle man kunna dra ner de potentiella kostnaderna markant. Det skulle även kunna leda till att, med hänsyn till vad respondent 8 konstaterade, lättare få den kompetensen som krävs.

Slutligen finns en osäkerhet om miljöeffekter även utan de komplikationer det innebär att driva ett fartyg med kärnkraft: Trots att kärnkraft anses som ett "zero carbon" bränsle, vilket Zhao med flera (2022) tar upp i sin rapport, så uppkommer miljöfarliga utsläpp vid utvinning samt lagring utav uran, något som respondenterna 6 och 7 nämner. I dagsläget går det alltså inte att helt undkomma de miljöfarliga utsläppen sett till hela livscykeln. Dock skulle en ökad produktion av uran möjligtvis kunna leda till att utvecklingen går framåt, ur ett miljöperspektiv, även vid själva utvinningen. Denna aspekt skiljer sig från de övriga eftersom den gäller för all kärnkraft och således inte är knuten till fartygens bränsle. Respondenternas påpekande av denna omständighet kan ses som ett understrykande av hur osäkert det är med kärnkraft till sjöss – om vi inte ens kan vara säkra på att använda det på land, hur kan vi då vara säkra till sjöss?

5.2.1 Lösningar som kan minska osäkerheten

Vår tolkning av den stora osäkerhet som råder om kärnkraftsdrivna fartyg är därför att avsaknaden av regler och komplexiteten hos riskerna med kärnkraft gör det omöjligt för respondenterna att ha en uppfattning som är fast förankrad åt det positiva eller det negativa hållet. Deras argumentering blir därför splittrad och deras uppfattningar osäkra. Respondenterna gör flera observationer i vad som för deras del skulle kunna minska osäkerheten mellan de negativa och de positiva sidorna.

Respondenterna ger i det sammanhanget svar och förslag på olika metoder för att lösa dessa utmaningar. De pekar i första hand på reglerna. Ju striktare miljökraven blir och ju mer priserna på traditionella fossila bränslen stiger desto mindre kan det finnas någon annan lösning än att bygga fartyg med nollutsläppsbränslen. Detta kommer i sin tur leda till att det börjar forskas mer och mer inom alternativa bränslen som batteridrift, vind och kärnkraft. Det är respondenterna överens om. Vissa respondenter ser inget annat alternativ för deep sea shipping än just kärnkraft. Gemensamt är även att de är positiva till kärnkraftens sätt att kunna driva ett fartyg över många år och stora avstånd. Dessa aspekter ligger dock långt fram i tiden. Det finns inget som tyder på att respondenterna under de kommande åren skulle få stöd av sådana utvecklingar för en förankrad attityd till kärnkraft i fartyg.

Sett till miljön när det gäller livscykeln analys av de totala utsläppen från kärnbränsle kan dessa minskas. Det gäller framför allt brytning och förädling av produkten, vilket kan göras med mer miljövänliga energikällor. Återigen lyfts reglerna fram som osäkerhetsreducering: Mer strikta regler för utsläpp, både på land och till sjöss, kan leda till att utvecklingen av kärnkraftstekniken snabbare går framåt.

Respondenterna står fast vid att det är ett regelverk som behöver komma på plats och accepteras av flaggstaterna för att göra kärnkraftsdrift till ett aktuellt alternativ för den kommersiella sjöfarten. Ett kapitel finns redan i SOLAS, samt IMO koden *Code of Safety for Nuclear Mercat Ships* från 1981. Dessa hade kunnat anpassats och uppdaterats för den teknologi som finns i dag. Det faktum att både flaggstater och klassificeringssällskap har tagit fram regelverk under den senaste tiden tyder på att en lösning kan komma att vara på plats i framtiden.

Respondenterna noterar själva att de stora risker som finns med kärnkraft kräver ett gemensamt ställningstagande av hela samhället för att det ska gå att ha en uppfattning om kärnbränsle till sjöss: En annan aspekt är allmänhetens uppfattning om kärnkraft. Många anser att kärnkraft är osäkert, farligt samt politiskt. Framför allt är det många som fortfarande minns de olyckor som hänt där kärnkraft hanterats fel, vilket orsakar ytterligare otrygghet. För att lösa detta krävs, likt allt annat som är nytt, att allmänheten får kännedom, genom att till exempel informera. Som flera av respondenterna påpekar, så stöter ny teknik ofta på motstånd och rädsla från allmänheten. Respondenterna understryker alltså att det är regler och allmänhetens syn som mer än något annat som driver möjligheten att använda kärnkraft i fartyg.

5.3 Framtiden

Det faktum att kärnkraftsdrivna kommersiella fartyg har funnits tidigare och att det idag finns kärnkraftsdrivna militära fartyg är intressant ur flera perspektiv. Tekniken till att driva ett kommersiellt fartyg med kärnkraft fanns förr och enligt respondent 1, som arbetar med kärnkraft, så finns det inga tekniska förhinder till det idag. Även Hirdaris med flera (2014) tar i sin rapport upp att Gen4Energy SMR skulle fungera bra i ett fartyg med hänsyn till effekten men också sett till storleken, då den är relativt liten. Detta tyder på att det inte borde vara någon utmaning rent tekniskt att återinföra tekniken i handelssjöfarten. Däremot finns det som nämnts tidigare vissa faktorer som försvårar denna process.

Ett svar som sticker ut från mängden angående framtiden är respondent 8. I intervjun tar personen upp att avsaknaden av regelverk till sjöss kan vara det som gör att man skulle kunna utveckla nya reaktortyper direkt till en marin applikation. Detta skulle kunna vara ekonomiskt, miljö- och säkerhetsmässigt fördelaktigt, då all forskning och utveckling av den nya reaktortypen är anpassat till fartyg från grunden.

En fråga som ingen av respondenterna hade något tydligt svar på var hur förbrukat kärnbränsle från reaktorerna i kärnkraftsdrivna fartyg ska hanteras. De nämnde att en ökad användning av kärnkraft kommer att skapa större mängder avfall i form av förbrukat bränsle. Då detta är långlivat radioaktivt avfall som inte kan förvaras i sveriges nuvarande anläggning SFR kommer nya lösningar att krävas. SFL som idag är under konstruktion konstrueras för att hantera det svenska långlivade radioaktiva avfallet vilket Brodén & Olsson (2003) skriver i sin rapport.

5.4 Metoddiskussion

Vår studie använder semistrukturerade intervjuer som har genomförts med olika aktörer inom den svenska sjöfartsbranschen. Då rapportens syfte är att undersöka hela branschen, från klassificeringssällskap till rederi, anpassades intervjufrågorna efter de olika verksamheterna. Valet av semistrukturerade intervjuer ansågs passande, då det ger fria svar (Knott, m.fl., 2022). Det gav respondenterna en möjlighet att själva få berätta vad de ansåg som mest relevant, utan att bli styrda av mer distinkta frågor som vid till exempel en enkät. Dock hade ett antal frågor kunnat ställas till alla deltagande respondenter för att få mer konkreta svar och på så sätt kunnat få en ännu tydligare bild av hur de olika aktörernas intressen hänger ihop.

5.4.1 Validitet

Rapporten följer den angivna metoden. Frågeställningen är genomgående och tas i beaktande under bestämmandet av de olika teman intervjuerna formats efter. Teorin kopplas till diskussionen samt slutsatser.

5.4.2 Reabilitet

Kärnkraft är ett ämne som inte är vidare utbrett inom sjöfarten idag. De respondenter som intervjuades hade hört talas om ämnet, dock var det ingen av dem som visste om det kommer bli aktuellt eller kunde påvisa att det är dit sjöfarten är på väg. Svaren som gavs på intervjuerna var därför spekulativa i karaktär. Detta är något som kan påverka rapportens reliabilitet.

Då rapportens syfte är att undersöka sjöfartsbranschens incitament över lag har de betydande aktörerna inom sjöfarten valts ut. Det bestämdes att endast en organisation från varje led skulle intervjuas. Rapporten hade därför kunnat få ett annorlunda svar om man valt ut respondenter inom samma typ av verksamheter, med fler organisationer och rederier. Att intervjua flera respondenter från samma företag eller rederi hade även kunnat skapa en mer tillförlitlig bild av branschens syn på kärnkraft. Det faktum att undersökningen har gjorts inom den svenska sjöfartsbranschen kan också ha en påverkan på resultatet i jämförelse med om rapporten hade gjorts med aktörer utan koppling till Sverige. Denna rapport ger därför bara en bild över hur den svenska sjöfartsbranschen ställer sig till kärnkraftsdrift 2022-2023 och ingen generell världsbild.

6. SLUTSATSER

Då de kärnkraftsdrivna handelsfartygens utbreddhet är obefintlig och rapportens syfte är att undersöka den svenska sjöfartens incitament till en framtid med denna typ av fartyg, blir många av svaren från respondenterna hypotetiska. Respondenterna kan endast göra antaganden utifrån deras egen kunskap och erfarenheter. Alla respondenterna i rapporten är dock experter inom sitt område.

Trots expertkunskap finner vi att respondenterna har en tydligt tveksam ställning till kärnbränsle till sjöss. Vi finner att tveksamheten är relaterad till avsaknaden av regler för kärnbränsle i fartyg och den komplicerade riskbedömning som måste göras av kärnbränsle i fartyg. Vår tolkning av respondenternas svar är att deras attityd till kärnbränsle i fartyg är tveksam och att varje respondent väljer att betona avståndet mellan fördelar och nackdelar med kärnbränsle istället för att försöka ta ställning till den ena eller den andra sidan av frågan.

Branschen letar ständigt efter nya alternativa bränslen, framför allt ur ett miljöperspektiv, då kraven på reducerade utsläpp ökar inom sjöfarten. Flera lösningar analyseras och prövas, där kärnkraften visar sig vara en av flera möjligheter som diskuteras inom branschen. Kärnkraftsdrift anses vara ett fördelaktigt alternativ ur ett miljö- samt driftsperspektiv. Bland annat är fördelen att inte behöva bunkra fartyget vilket leder till att fartyget kan operera utan miljöfarliga utsläpp i avskilda världsdelar, trots att dessa delar av världen kan sakna infrastruktur för miljövänliga drivmedel. Men även till att skapa en ny typ av sjöfart, där man till exempel kan skapa en fördel på spotmarknaden samt minska transporttider genom ökad hastighet på fartygen. En minskad transporttid bidrar även till en utökad lastkapacitet för rederierna, utan att behöva större fartyg, eftersom fartygen då kan transportera högre lastvolym under en kortare tidsperiod. Dock finns inte möjligheten till att införa kärnkraftsdrivna fartyg i handelssjöfarten i dagsläget.

Som med alla nya tekniker som utvecklas finns även flera nackdelar och utmaningar med kärnkraftsdrift. De mest aktuella problemen som nämns är att det idag inte finns något accepterat regelverk som hanterar kärnkraftsdrift i den kommersiella sektorn samt att kärnbränslet indirekt släpper ut miljöfarliga ämnen sett till hela livscykeln. Det finns ytterligare utmaningar som till exempel bemanning, underhåll, varvsbesök och avfallshantering.

Det som krävs är ett accepterat regelverk, anpassad teknik samt en acceptans. Både av respektive länders myndigheter och av allmänheten. Utan ett accepterat regelverk kommer kärnkraftsdrivna handelsfartyg inte kunna bli verklighet. Regelverken för miljöfarliga utsläpp måste även skärpas ytterligare för att utvecklingen skall gå framåt. Kommer alla ovan nämnda aspekter på plats så finns möjligheter till en framtid med kärnkraftsdrivna fartyg inom handelssjöfarten.

6.1 Rekommendationer till fortsatt arbete

Under majoriteten av intervjuerna som ägt rum har det framkommit att diskussionen kring kärnkraft som framtida drivmedel ombord på kommersiella fartyg är ständigt pågående. Flera av respondenterna har mycket kunskap kring olika reaktorer. Detta har i sin tur resulterat i att andra typer av reaktorer diskuterats utöver SMR, som denna rapport är avgränsad till att fokusera på. Det hade därför kunnat vara intressant att forska vidare kring vilken typ av reaktor som är mest lämpad till en maritim miljö.

- Vilken typ av reaktor är bäst lämpad för drift till sjöss?

Denna rapport är avgränsad till att enbart undersöka RoRo och RoPAX segmenten. Det hade varit intressant att se inom vilken sektion av den svenska handelssjöfarten som kärnkraftsdrift hade varit lämpligast. Även frågan om längd på resor, om det är närsjöfart, europafart, eller oceanfart som kärnkraftsdrift är bäst lämpat för.

- Vilken fartygstyp och typ av resor är bäst lämpat för kärnkraftsdrift?

Om studien skulle göras igen på samma sätt som i detta fall i framtiden, kommer det fortfarande att vara liknande svar? Kommer det vara mer positivt eller negativt?

- 5-10 års uppföljning, hur är synen på kärnkraftsdrivna fartyg i framtiden?

KÄLLFÖRTECKNING

Adumene, S., Islam, R., Amin, M. T., Nitonye, S., Yazdi, M., & Johnson, K. T. (2022). Advances in nuclear power system design and fault-based condition monitoring towards safety of nuclear-powered ships. *Ocean Engineering*, 251. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.111156>

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)

Biel, A., & Dahlstrand, U. (1995). Risk perception and the location of a repository for spent nuclear fuel. *Scandinavian Journal of Psychology*, 36(1), 25–36. <https://doi.org/10.1111/J.1467-9450.1995.TB00965.X>

Braun V., Clarke V. Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*. 2006; 3(2): 77–101.

Braun, V., & Clarke, V. (2013). *Successful qualitative research: a practical guide for beginners*. Los Angeles: SAGE.

Brodén, K., & Olsson, G. (2003). Final disposal possibilities of radioactive waste components from ITER. *Fusion Engineering and Design*, 69(1-4 SPEC), 695–697. [https://doi.org/10.1016/S0920-3796\(03\)00096-6](https://doi.org/10.1016/S0920-3796(03)00096-6)

Bryman, Alan, & Bell, Emma, 2005, *Företagsekonomiska forskningsmetoder*, Liber, Malmö.

Department of Energy. (2020). *4 Key Benefits of Advanced Small Modular Reactors - Blue Wave AI Labs*.

<https://www.bluewaveailabs.com/4-key-benefits-of-advanced-small-modular-reactors/?fbclid=IwAR1tBjYsC24i67of5ytLLQomb0Lo4lvwwAQgvEMnVDb0FOvb04lmmn0STiNg>

European Parliament, & Council. (2009). EUR-Lex - 32009L0020 - EN - EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32009L0020>

Hirdaris, S. E., Cheng, Y. F., Shallcross, P., Bonafoux, J., Carlson, D., Prince, B., & Sarris, G. A. (2014). Considerations on the potential use of Nuclear Small Modular Reactor (SMR) technology for merchant marine propulsion. *Ocean Engineering*, 79, 101–130. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2013.10.015>

IMO. (1997). *Air Pollution, Energy Efficiency and Greenhouse Gas Emissions*. IMO. <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/AirPollution-Default.aspx>

International maritime organization [IMO] (1981) RESOLUTION CODE OF SAFETY FOR NUCLEAR MERCHANT SHIPS (A.491XII)

Knott, E., Rao, A. H., Summers, K., & Teeger, C. (2022). Interviews in the social sciences. *Nature Reviews Methods Primers* 2022 2:1, 2(1), 1–15.
<https://doi.org/10.1038/s43586-022-00150-6>

Liou, J. (2021). What are Small Modular Reactors (SMRs)? | IAEA.
<https://www.iaea.org/newscenter/news/what-are-small-modular-reactors-smrs>

Macrotrends. (2022). Crude Oil Prices - 70 Year Historical Chart | MacroTrends.
<https://www.macrotrends.net/1369/crude-oil-price-history-chart>

Peakman, A., Owen, H., & Abram, T. (2019). The core design of a Small Modular Pressurised Water Reactor for commercial marine propulsion. *Progress in Nuclear Energy*, 113, 175–185.
<https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2018.12.019>

Schøyen, H., & Steger-Jensen, K. (2017). Nuclear propulsion in ocean merchant shipping: The role of historical experiments to gain insight into possible future applications. *Journal of Cleaner Production*, 169, 152–160.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.163>

Ship & Bunker News Team. (2022). FEATURE: 10 Years of Bunker Prices - Ship & Bunker.
<https://shipandbunker.com/news/world/366958-feature-10-years-of-bunker-prices>

US Maritime Administration. (2019). N.S. Savannah-Lower Level of Radiation than Everyday Experiences PEOPLE ARE SURROUNDED BY RADIATION DURING THEIR DAILY LIVES. NATURALLY OCCURRING RADIOACTIVE MINERALS IN THE GROUND AND WATER CONTRIBUTE TO BACKGROUND RADIATION FOUND IN THE ENVIRONMENT.
<https://www.epa.gov/radiation/calculate-your-radiation-dose>

Zhao, F., Wang, Z., Wang, D., Han, F., Ji, Y., & Cai, W. (2022). Top level design and evaluation of advanced low/zero carbon fuel ships power technology. *Energy Reports*, 8, 336–344.
<https://doi.org/10.1016/J.EGYR.2022.10.143>

INSTITUTIONEN FÖR MEKANIK OCH MARITIMA VETENSKAPER
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2023
www.chalmers.se



CHALMERS