

Målkonflikter inom sjöfartsområdet

Författare

Erik Fridell (IVL), Tobias Gustavsson Binder (IVL), Jesper Hassellöv (Chalmers), Ida-Maja Hassellöv (Chalmers), Erik Ytreberg (Chalmers)

I samarbete med

Lighthouse programkommitté



Detta projekt har genomförts inom Trafikverkets branschprogram Hållbar sjöfart, som drivs av Lighthouse.

Summary

Maritime transport is responsible for a variety of emissions that can affect climate, human health, and the environment. To reduce maritime emissions and their impact, various control measures have been created at a global (IMO), regional (e.g., EU), or national level. In several cases, however, these control measures can indirectly create new sources of emissions, something that decision-makers have not always considered. We have chosen to call this goal conflicts in this report. The purpose of the report was to identify a number of goal conflicts within maritime transport created by new regulations aimed at solving a sustainability problem but leading to emissions and impact in another area. An additional purpose was to analyze studies/reports produced by Lighthouse (within the industry program Sustainable Shipping/ Hållbar Sjöfart) regarding whether and how goal conflicts have been treated.

In total, six different goal conflicts were selected which were studied more closely. The first goal conflict is antifouling paints which are used to reduce fouling on the hulls, which leads to lower fuel consumption, emissions to air, and reduced risk of spread of alien species, but at the same time can give large emissions of hazardous substances to the marine environment. However, there are good opportunities for shipping to reduce its emissions by using so-called silicone paints which have proven to be at least as effective against fouling as traditional copper paints, but with the advantage that they generally do not have as great a negative impact on the marine environment.

The second goal conflict concerns the purification of nitrogen oxides which can lead to increased fuel consumption. So here is a goal conflict between air pollution and climate.

The third goal conflict is about ballast water treatment which reduces the risk of spread of alien species but can lead to the spread of environmental toxins. In our analysis, we have gone through 40 different, by the International Maritime Organization, approved treatment systems and studied what marine hazard potential the different treatment systems' treated ballast water can have for the environment. The results show that the hazard potential varies greatly; where the least sustainable system has a hazard potential that is about 100,000 times higher than the system that is most sustainable.

The fourth goal conflict is about the exhaust gas cleaning technology scrubbers which some shipowners use to meet the requirements for maximum allowed content of sulphur in marine fuels. However, the process creates an acidic wash water where other substances such as polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and heavy metals are also enriched and then released into the marine environment.

The fifth goal conflict is about noise where there are propellers that emit less underwater noise. However, these lead to higher fuel consumption.

The sixth goal conflict concerns the transfer of goods from road to sea. There are several control measures to stimulate this, among other things, in order to reduce congestion on the roads. In many cases, such a transfer leads to reduced fuel consumption while emissions of air pollutants normally increase, as well as impact on the sea.

In the last part of the report, we analyze reports produced by Lighthouse (within the industry program Sustainable Shipping/Hållbar Sjöfart) regarding whether and how goal conflicts have been treated. The analysis shows that the majority of the reports in one way or another have treated goal conflicts (where these are relevant), but that emissions

to the sea are rarely addressed. This absence can partly be explained by the fact that the state of knowledge of how shipping affects the marine environment is not as well researched as emissions to air.

Sammanfattning

Sjöfart står för en rad olika utsläpp vilka kan påverka klimat, människors hälsa och miljö. För att minska sjöfartens utsläpp och påverkan har olika styrmedel skapats på global (IMO), regional (exempelvis EU) eller nationell nivå. I flera fall kan dock dessa styrmedel indirekt skapa nya utsläppskällor, något som beslutsfattare inte alltid tänkt på. Detta har vi i denna rapport valt att kalla målkonflikter. Syftet med rapporten var att identifiera ett antal målkonflikter inom sjöfart skapade av nya regelverk som inriktar sig mot att lösa ett hållbarhetsproblem med som leder till utsläpp och påverkan inom ett annat område. Ett ytterligare syfte var att analysera studier/rapporter producerade av Lighthouse (inom branschprogrammet Hållbar sjöfart) avseende om och hur målkonflikter behandlats.

Totalt valdes sex olika målkonflikter ut vilka studerades närmare. Den första målkonflikten är antifoulingfärger vilka används för att minska påväxt på skroven, vilket leder till lägre bränsleförbrukning, emissioner till luft och minskad risk för spridning av främmande arter, men samtidigt kan ge stora utsläpp av farliga ämnen till havsmiljön. Här finns dock goda möjligheter för sjöfarten att minska sina emissioner genom att använda så kallade silikonfärger vilka visat sig vara minst lika effektiva mot påväxt som traditionella kopparfärger, men med fördelen att de generellt inte har lika stor negativ påverkan på havsmiljön.

Den andra målkonflikten berör rening av kväveoxider vilket kan leda till ökad bränsleförbrukning. Här finns alltså en målkonflikt mellan luftföroreningar och klimat.

Den tredje målkonflikten handlar om barlastvattenrening, vilken minskar risk för spridning av främmande arter men som kan leda till spridning av miljögifter. I vår analys har vi gått igenom 40 olika, av International Maritime Organization (IMO), godkända reningssystem och studerat vilken marin faropotential de olika reningssystemens rena barlastvatten kan ha för miljön. Resultaten visar att faropotentialen varierar stort; där det minst hållbara systemet har en faropotential som är ca 100 000 gånger högre än det system som är mest hållbart.

Den fjärde målkonflikten handlar om rökgasreningstekniken skrubbrar vilken vissa redare använder för att uppfylla kraven på maximal tillåten halt av svavel i marina bränslen. Processen skapar dock ett försurat tvättvatten där även andra ämnen som polycykliska aromatiska kolväten (PAH'er) och tungmetaller också anrikas och sedan släpps ut i havsmiljön.

Den femte målkonflikten handlar om buller där det finns propellrar som avger mindre undervattensbuller. Dessa leder dock till högre förbrukning av bränsle.

Den sjätte målkonflikten berör överflyttning av gods från väg till sjö. Det finns flera styrmedel för att stimulera detta bland annat i syfte att minska trängsel på vägarna. I de flesta fall leder en sådan överflyttning till minskad bränsleförbrukning medan emissioner av luftföroreningar normalt ökar, liksom påverkan på havet.

I den sista delen av rapporten analyserar vi rapporter producerade av Lighthouse (inom branschprogrammet Hållbar sjöfart) avseende om och hur målkonflikter behandlats. Analysen visar att de majoriteten av rapporterna på ett eller annat sätt behandlat målkonflikter (där dessa är relevanta), men att utsläpp till haven sällan berörs. Denna avsaknad kan delvis förklaras av att kunskapsläget för hur sjöfart påverkar havsmiljön inte är lika efterforskat som utsläpp till luft.

Innehåll

Förord.....	6
1 Inledning.....	7
2 Målkonflikter inom sjöfartsområdet.....	8
2.1 Bottenfärger: minskad skrovpåväxt och bränsleförbrukning vs utsläpp av farliga ämnen till havsmiljön.....	8
2.2 Rening av kväveoxider vs ökad bränsleförbrukning.....	9
2.3 Barlastvattenrening: minskad risk för spridning av främmande arter vs spridning av miljögifter.....	12
2.4 Skrubberteknik inom sjöfarten: ett sätt att flytta föroreningar från luftutsläpp till havsmiljön.....	14
2.5 Reduktion av undervattensbuller vs ökad bränsleförbrukning.....	16
2.6 Målkonflikter rörande överflyttning av gods från vägtransport till sjöfart.....	17
3 Hur behandlar hittillsvarande projekt inom Lighthouse och Hållbar sjöfart dessa målkonflikter?.....	21
4 Referenser.....	32

Förord

Detta projekt har genomförts av IVL och Chalmers i samarbete med Lighthouse programkommitté – Andreas Bach, Rise; Björn Samuelsson, Uppsala Universitet; Per Wimby, Stena teknik; Jonas Ringsberg, Chalmers; Clas Gustafsson, Furetank; Johan Woxenius, Göteborgs Universitet; Karl Garne, KTH; Fredrik Ahlgren, Linnéuniversitetet; Fredrik Karlsson, Sjöfartsverket; Christian Finnsgård, RiSe; Pelle Andersson, Stiftelsen Sveriges Sjömanshus; Per Tunell, Wallenius Marine; Magnus Berglund, VTI; Mikael Johansson, DNV. Arbetet har innefattat två workshops med programkommittén. I den första diskuterades olika målkonflikter och vilka som är mest relevanta, samt data som kan användas vid analyserna. I den andra diskuterades hur målkonflikter behandlats i projekt inom Lighthouse.

1 Inledning

Sjöfartsnäringen är en komplex bransch som står för många olika typer av utsläpp till luft och vatten. För att minska sjöfartens negativa klimat-, miljö- och hälsoeffekter har en rad olika regelverk och andra styrmedel skapats på global (International Maritime Organization, IMO), regional (EU), och nationell nivå. Dessa regelverk leder till att tekniska och/eller operationella åtgärder används på fartygen. Det finns dock en risk att ett regelverk eller en åtgärd som kan ge positiva effekter inom ett område även orsakar negativa effekter i ett annat område.

Detta kallar vi i denna rapport för målkonflikter; situationer där antingen ett styrmedel som syftar till att lösa ett hållbarhetsproblem leder till negativa konsekvenser inom ett annat område, eller att en teknik applicerad för att lösa ett miljöproblem leder till negativa effekter på ett annat plan. Exempel på detta är användandet av skrubbrar som används för att minska utsläppen av svaveloxider (SO_x) till atmosfären, men samtidigt skapar stora volymer försurat och kraftigt förorenat tvättvatten som släpps ut till havsmiljön (Ytreberg et al. 2022). Ett annat exempel är åtgärder för minskat undervattensbuller som kan leda till ökad bränsleförbrukning. Målkonflikterna kan vara av olika natur. Ibland orsakar en teknik sekundära utsläpp, till exempel ammoniakemissioner vid användandet av katalysatorer för rening av kväveoxider (NO_x). Det är också vanligt att tekniska lösningar för att minska negativ påverkan på miljön medför ökad bränsleförbrukning. Åtgärder som enbart innebär ökade kostnader har inte behandlats som målkonflikter.

I denna rapport avhandlas tre aspekter av målkonflikter. Dels analyseras tekniska och operationella lösningar avseende målkonflikter, dels analyseras ett urval av styrmedel. I den tredje delen redovisas en genomgång av rapporter producerade inom ramen för Lighthouse och inom branschprogrammet Hållbar sjöfart avseende hur målkonflikter behandlas.

I kapitel 2 analyseras ett antal områden med potentiella målkonflikter avseende både styrmedel och tekniska lösningar samt vilka kunskapsluckor som identifierats. De områden som tas upp är: överflyttning av gods till sjö från andra transportmoder, rening av ballastvatten, bottenfärger, skrubberteknik, rening av NO_x , undervattensbuller samt energieffektivisering. I kapitel 3 beskrivs genomförda Lighthouse-projekt avseende om och hur dessa projekt behandlat/analyserat målkonflikter.

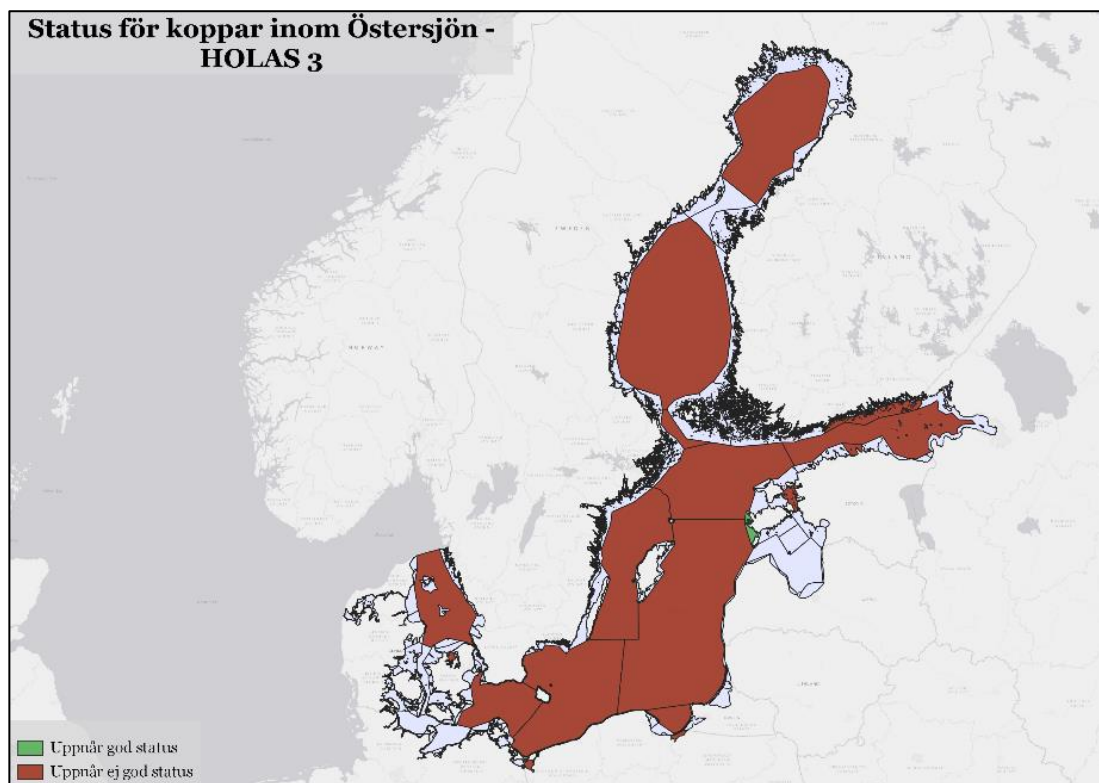
2 Målkonflikter inom sjöfartsområdet

2.1 Bottenfärger: minskad skrovpåväxt och bränsleförbrukning vs utsläpp av farliga ämnen till havsmiljön

Målkonflikten gäller avvägningen mellan att ha en effektiv bottenfärg, även kallad antifoulingfärg, (för att minska bränsleförbrukning, emissioner till luft, och risk för att arter transporteras via skrovet) där färgen samtidigt bör ha minimala utsläpp av farliga ämnen till havsmiljön.

Skrovpåväxt har länge varit ett problem för sjöfarten. Skrovpåväxt leder till ökad friktion mot vattnet, vilket innebär ökat bränslebehov och ökad kostnad för redaren. Det ökade bränslebehovet leder även generellt (men beror på val av bränsle) till ökade utsläpp av olika föroreningar, inklusive hälsovådliga ämnen och partiklar, samt växthusgaser (Oliveira et al. 2022). Skrovpåväxt innebär också en ökad risk för spridning och introduktion av invasiva främmande arter. Den vanligaste strategin för att motverka påväxt är att måla skrovet med olika giftläckande antifoulingfärger. Idag är den vanligaste typen av antifoulingfärg baserad på koppar, vilket i för höga doser är skadligt för marina organismer. Kopparhalten i båtbottnfärg är idag vanligen mellan 30 och 40% av färgens våtvikt (Jalkanen et al. 2021).

Beräkningar visar att utsläppen av koppar från båtbottnfärger är stora, även i relation till andra utsläppskällor. För år 2018 beräknas utsläppen av koppar från fartygs bottenfärger uppgå till ca 500 ton i Östersjön (Ytreberg et al. 2022). Detta motsvarar ungefär en tredjedel av de totala utsläppen av koppar till Östersjön där just sjöfart är den största antropogena utsläppskällan (Ytreberg et al., 2022). Inom EU:s havsmiljödirektiv ska den sammanlagda påverkan av farliga ämnen från mänsklig aktivitet vara i linje med vad som anses uppnå god miljöstatus, vilket regleras under Temaområde/Deskriptor 8 'koncentrationer och effekter av farliga ämnen' (2008/56/EG). I den senaste statusbedömningen från Helcom (Helsingforskonventionen - Baltic Marine Environment Protection Commission) avseende koppar i marina sediment är det endast en (1) vattenförekomst som uppnår god miljöstatus, medan resterande vattenförekomster antingen har för höga halter av koppar i sediment vilket gör att god miljöstatus inte uppnås, eller så saknas tillräcklig kunskap för att en bedömning ska kunna utföras (det senare gäller större delen av kustvattenförekomsterna i Östersjön) (Figur 1).



Figur 1. Status av koppar inom Östersjöområdet. Data hämtad från Helcom och deras bedömning HOLAS 3.

Då god miljöstatus avseende koppar inte uppnås i större delen av Östersjön samt att forskning visar att kopparbaserade antifoulingfärger står för en betydande andel av den totala belastningen av koppar till Östersjön, finns det tydliga miljöargument för användning av andra antifoulingstrategier än kopparfärger på fartyg.

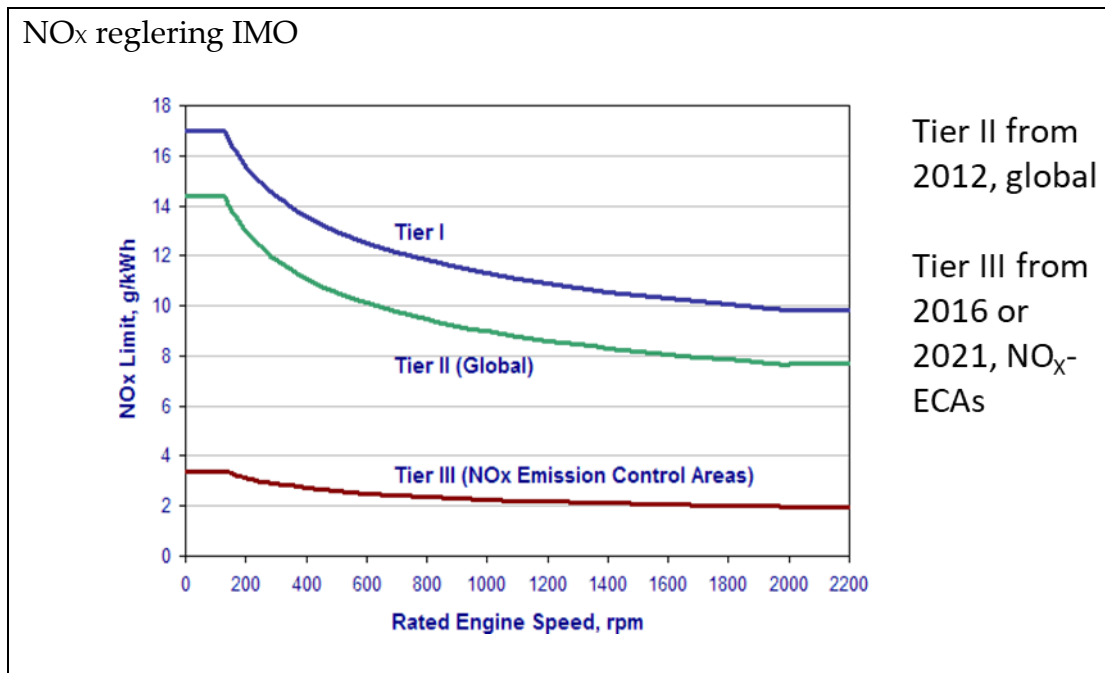
Ett av alternativen till kopparbaserade färger är silikonbaserade, så kallade foul-release, färger. Dessa färger har funnits på marknaden sedan 1990-talet men har länge ansetts som mindre effektiva än biocidläckande antifoulingfärger. Färgutvecklingen har dock gått snabbt och en ny vetenskaplig studie har visat att dagens biocidfria silikonbaserade färger kan vara minst lika effektiva som kopparfärger på att förhindra påväxt på skrovet (Lagerström et al. 2022). Dessutom har silikonbaserade färger generellt mycket lägre miljöpåverkan än de kopparbaserade färgerna (Lagerström et al. 2022).

Behov av ny kunskap

Kunskapsläget är lågt om vilka farliga ämnen som silikonbaserade färger kan innehålla och läcka till havsmiljön. I en granskning av Lagerström et al. (2022), hittades både evighetskemikalier som PFAS och reproduktionshämmande kemikalier som bisfenoler i äldre silikonbaserade färger. Majoriteten av dessa färger finns dock inte längre på marknaden, men en genomgång av dagens silikonbaserade färger kommer utföras under 2024 i det av Trafikverket finansierade projektet *Gifffria och Effektiva fartygsSkrov (GES)*.

2.2 Rening av kväveoxider vs ökad bränsleförbrukning

IMO har beslutat om regler för hur mycket kväveoxider (NO_x) fartyg får släppa ut. Utsläppsnivån är relaterad till motorens prestanda och belastning (se Figur 2). NO_x har negativ påverkan på miljö i form av försurning och övergödning och medför hälsorisker, främst genom att sekundära partiklar bildas i atmosfären.



Figur 2: Tillåten utsläppsnivå av kväveoxider relaterat till motorernas prestanda och belastning (IMO)

Målkonflikten gäller motsättningen mellan låga NO_x-emissioner och låg bränsleförbrukning (och därmed låga utsläpp av CO₂), samt även en motsättning mellan utsläpp av NO_x och utsläpp av partiklar.

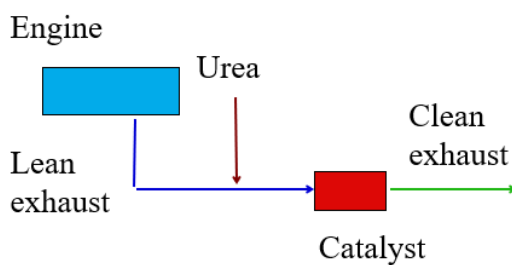
För Tier II nås utsläppsnivåerna genom motorjusteringar och i normalfallet behövs ingen efterbehandling; dessa justeringar minskar NO_x-emissionerna, men ökar bränsleförbrukning och även partikelbildning något. För Tier III används efterbehandling, vanligen SCR. I ett större perspektiv leder detta till ökade CO₂-emissioner då det konsumeras urea, vilket är energiintensivt att producera. I princip skulle en Tier III motor kunna justeras mot optimerad bränsleförbrukning och låta efterbehandlingen ta hand om NO_x-emissionerna. Men i praktiken behöver en sådan motor fungera enligt Tier II då SCRn inte används, exempelvis utanför NECA, varför det i praktiken inte är en möjlig lösning.

Enligt en tidigare sammanställning är bränslestraffet med SCR ca 0,8%, bland annat relaterat till användandet av pumpar (Winnes et al. 2020). Att den ökade bränsleförbrukningen med SCR är marginell bekräftas även i diskussioner med Wärtsilä (Toni Stojevski).

Tekniker för NO_x-rening

Selektiv katalytisk reduktion (SCR) är en mogen efterbehandlingsteknik som åstadkommer effektiv NO_x-reduktion vid rimligt höga avgastemperaturer. Användning av SCR innebär användning av urea eller ammoniak för NO_x-reduktion över en katalysator. Om urean inte doseras korrekt i förhållande till temperatur, NO_x-halt och avgasflöde kan ammoniak emitteras. SCR fungerar inte alltid bra vid låga motorbelastningar eftersom avgastemperaturerna kan vara för låga för att den katalytiska reaktionen ska vara tillräckligt snabb. Vidare kan katalysatorerna, även om de är mycket hållbara, inaktiveras genom förgiftning eller termisk nedbrytning. Det är också möjligt att tillverkarna kraftigt minskar ureadoseringen under 25 % motorlast, eftersom denna last inte är en del av E3/E2-testcykeln för utsläpp. För de flesta fartyg kommer reduktionen för att nå Tier III till stor del att uppnås genom användning SCR.

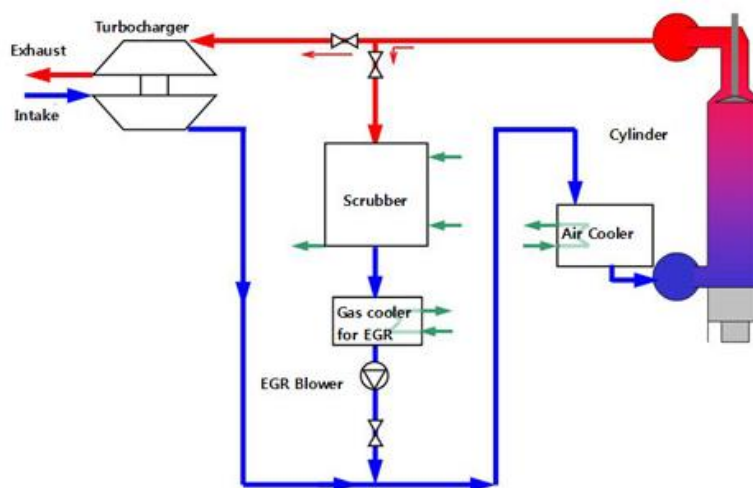
SCR



Exhaust gas recirculation, EGR

Med avgasåterföring (EGR) kyls en del av avgaserna och återcirkuleras in i motorn. Detta sänker bildningen av NO_x genom förändringar i syrekoncentration och värmekapacitiviteten. Enligt motortillverkarna kan EGR användas för att nå Tier III-nivåer för alla typer av marina motorer.

Avgaserna som återcirkuleras måste ibland renas från partiklar och SO_x för att skydda motorn från sotavlagringar och korrosion. Detta kan åstadkommas med hjälp av filter om lågsvavligt bränsle används eller med skrubbrar som kan absorbera både SO₂ och partiklar. I de fall då en skrubber används släpps en liten del av skrubbevätskan ut i havet.



Behov av ny kunskap

Det finns behov att utveckla efterbehandlingstekniker och styrmedel för att säkerställa att NO_x-reningen fungerar även vid låga motorlast. Möjligheten att optimera motorer för låg bränsleförbrukning och då hantera NO_x-emissioner med efterbehandling skulle kunna leda till minskad bränsleförbrukning, och minskade partikelutsläpp, samtidigt som NO_x-emissionerna hanteras. I detta sammanhang behöver den ökade ureaförbrukningen analyseras. Vidare är nya bränslen på väg in som ett svar på kraven på minskade CO₂-emissioner. Speciellt ammoniak som bränsle befaras leda till NO_x-emissioner vilka behöver efterbehandlas, liksom potentiella emissioner av dikväveoxid och ammoniak.

2.3 Barlastvattenrening: minskad risk för spridning av främmande arter vs spridning av miljögifter

Målkonflikten gäller avvägningen mellan effektiv barlastvattenrening (för att minska risk för att introducera främmande arter i havsmiljön) utan att reningstekniken skapar nya miljöproblem genom att miljögifter sprids till havsmiljön.

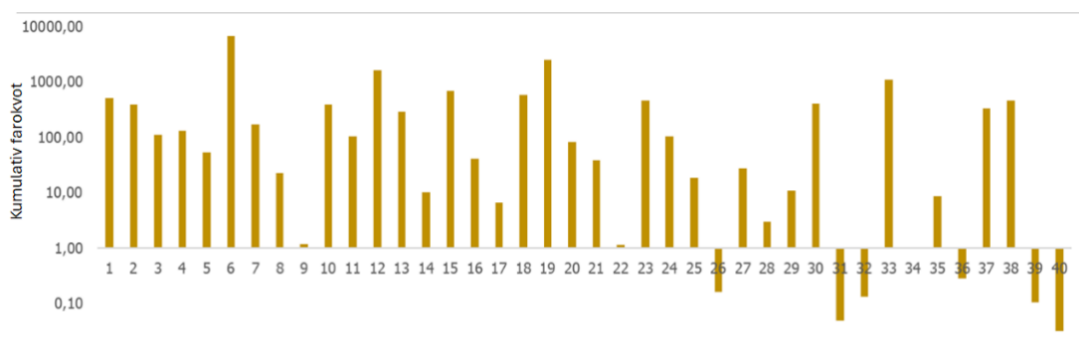
Barlastkonventionen gäller alla fartyg i internationell fart, konstruerade för att föra barlastvatten. Kraven i konventionen innebär att barlastvatten inte får släppas ut i havet såvida vattnet inte renats med en av IMO godkänd reningsutrustning. Då de flesta av reningsteknikerna antingen använder olika fysikaliska tekniker som UV-strålning och/eller tillsätter kemikalier för att döda organismer finns det en risk att det renade barlastvattnet i sig är giftigt och kan ge negativa effekter i den hamnmiljö där barlastvattnet släpps ut i. I dag finns mer än fyrtio IMO-godkända reningssystem på marknaden. Dock saknas jämförande studier över vilka substanser som bildas eller tillsätts i de olika reningsprocesserna, vilka koncentrationer som finns i reningssvatten samt hur giftiga dessa vatten kan vara för vattenlevande organismer. Därav är det svårt att ta beslut om vilka reningssystem som är mest hållbara. Med hållbara syftas i detta fall på att reningssystemen ska vara effektiva på att döda organismer i barlastvattnet men samtidigt ska det renade barlastvattnet utgöra en låg risk för negativa effekter på organismer som lever i de miljöer vattnet släpps ut i.

Vi har sammanställt till IMO inrapporterade analysdata av koncentrationer av ämnen som finns i renat barlastvatten från fyrtio olika reningssystem (hämtade från IMO GISIS databas). Koncentrationerna för varje enskilt ämne har sedan jämförts (delats) med ett effektbaserat gränsvärde som IMO tagit fram (också från IMO GISIS databas), där kvoten utgör en så kallad farokvot (från engelskan hazard quotient, HQ). Ett HQ>1 innebär att organismer som utsätts för ett intakt (100%) barlastvatten kan påverkas negativt. Om fler än ett ämne återfinns i det renade barlastvattnet adderades de olika ämnens HQ till en kumulativ farokvot, ΣHQ , vilken beskriver hela blandningens potentiella fara.

Genom denna metod kan vi jämföra de olika reningsteknikernas faropotential, som en indikation på ekologisk hållbarhet. För vissa reningssystem återfanns tester utförda i både bräckt vatten och marint vatten. I dessa fall användes den genomsnittliga koncentrationen av de olika föroreningarna vid beräkning av HQ och ΣHQ . Det bör dock poängteras att vi med denna metodik endast utför en farobedömning och inte en miljöriskbedömning, det vill säga vi bedömer inte risk för negativa effekter för organismer som blir utsatta för utsläpp av barlastvatten i havsmiljön. För en sådan

bedömning hade vi bland annat behövt ta hänsyn till vattenomsättning, volym renat barlastvatten som tillförs hamnen och hur snabbt föroreningarna bryts ned. Däremot kan metodiken användas för att jämföra de olika reningssystemens potentiella fara, där ett högre värde indikerar en högre fara och därmed en mindre hållbar produkt. I analysen förutsätter vi även att alla reningssystem renar växter och djur på ett likvärdigt vis, vilket inte alltid behöver vara fallet. Det bör dock tilläggas att det i några beslut från IMO framgår att de rekommenderar att ytterligare rening ska göras innan barlastvattnet släpps ut. Hur effektiv en sådan rening är framgår dock inte i besluten, därav har vi använt den analysdata som fanns inrapporterat i IMO GISIS utan antagande om ytterligare eventuell rening.

Resultatet visar en stor variation mellan reningsteknikernas kumulativa farokvot (ΣHQ) (Figur 3). ΣHQ för reningssystemen varierar mellan 0,03 och 6698, där värden över 1 innebär en sannolik risk att marina arter påverkas negativt om de blir direkt exponerade för det renade barlastvattnet. För reningssystem som använder elektrolys, kemisk dosering, ozon samt UV finns en stor variation i ΣHQ , både inom och mellan teknikerna, vilket visas i Tabell 1. Den kategori med lägst ΣHQ är de som grupperats som 'mixad'. Mixad innehåller två reningssystem där det första använder elektrolys, filter, ozon och kavitation medan det andra använder elektrolys, filter och kemisk dosering. Det är däremot svårt att identifiera varför dessa två system har en lägre ΣHQ .



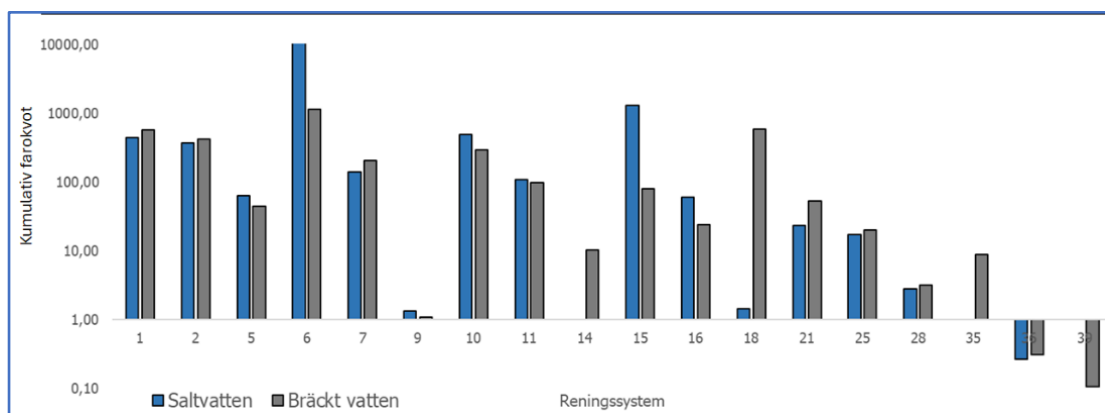
Figur 3. Den kumulativa farokvoten av de använda reningssystem, i logaritmisk skala.

Tabell 1 Sammanställning av reningstekniker och dess kumulativa farokvot

	Elektrolys med filter och Neutralisering	Kemisk dosering med filter och Neutralisering	Ozon	UV med filter	Mixad
Medelvärde	409,0	212,3	2242	77,64	0,106
Median	151,2	41,59	27,16	0,745	0,106
Std.	612,7	360,8	3859	184,3	0,080
n	18,00	8,000	3,000	6,000	2,000

För 18 av de 40 reningssystemen finns analysdata uppdelat på om reningen utförts i bräckt vatten eller i saltvatten. Därav gjordes en analys för att studera om koncentrationerna av giftiga ämnen skiljer sig beroende på om reningen sker i saltvatten eller i bräckt vatten. Resultaten (Figur 4) visade att salinitetens påverkan på den kumulativa farokvoten varierade mellan reningssystemen men ingen tydlig trend gick att påvisa. Detta kan delvis förklaras av att vissa ämnen endast har analyserats efter i saltvatten men inte i bräckt vatten, eller tvärtom. Ett exempel på detta är reningssystem 6, 15 och 18 där ämnet *dibromoacetonitrile* analyserats efter i reningssystem 6 och 15 i både saltvatten och bräckt vatten, medan reningssystem 18 endast har analysdata för

dibromoacetoneitrile i bräckt vatten. Detta får en stor påverkan på resultatet då den kumulativa farokvoten för reningssystem 18 är betydligt lägre i saltvatten än bräckt vatten men där den högre farokvoten i bräckt vatten kan förklaras av just *dibromoacetoneitrile*.



Figur 4 Den kumulativa farokvoten av de ämnen som prövat för de olika reningssystem, i saltvatten (blått) och bräckt vatten (grått), i logaritmisk skala.

Behov av kunskap

För att bedöma vilka miljörisker användandet av olika barlastvattensystem har måste även recipienten, det vill säga den omgivande miljön där vattnet släpps ut beaktas, där olika typer av spridningsmodeller kan prediktera vilka koncentrationer av föroreningar som utsläppen av barlastvatten kan medföra i hamnen och miljön utanför.

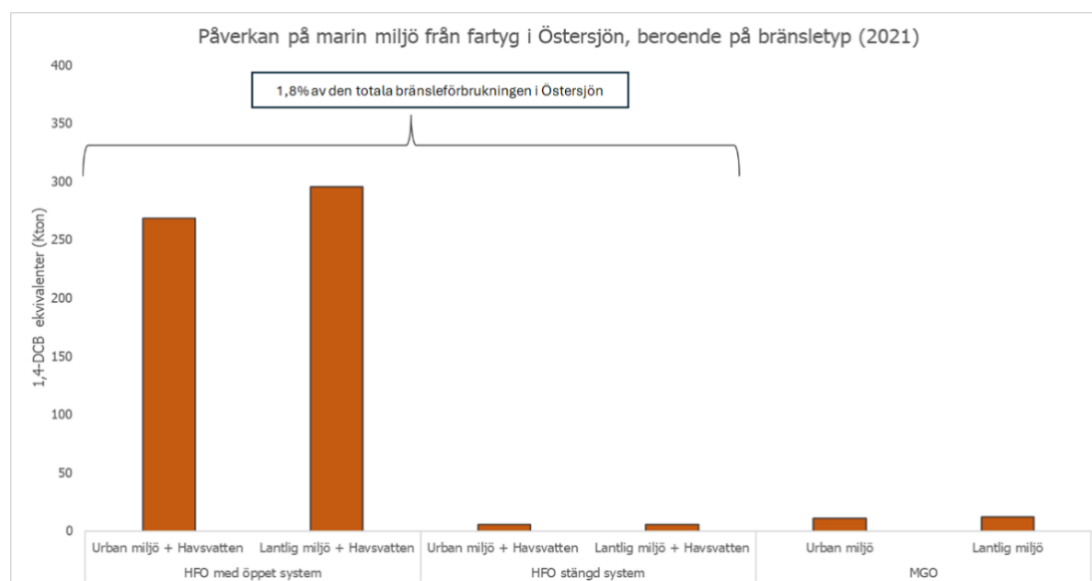
2.4 Skrubberteknik inom sjöfarten: ett sätt att flytta föroreningar från luftutsläpp till havsmiljön

År 2020 infördes globalt skarpare regelverk för svavelhalt i marina bränslen för att minska sjöfartens utsläpp av SO_x och partiklar till luft. Detta medförde att fartyg inte längre kunde fortsätta att använda högsvavliga restprodukter från raffineringprocessen som bränsle, så kallad residualolja (Heavy Fuel Oil, HFO). Men, i stället för att byta till ett dyrare bränsle med lägre svavelhalt, såsom Marine Gas Oil (MGO), har många redare valt att installera en rökgasreningsteknik kallad skrubber, vilken renar avgaserna från SO_x . Processen skapar dock ett försurat tvättvatten där även andra ämnen som polycykliska aromatiska kolväten (PAH) och tungmetaller tvättas ut. Om fartyget har ett så kallat öppet skrubbersystem töms det förorenade vattnet direkt ut i havet. Om fartyget i stället använder sig av ett slutet skrubbersystem cirkulerar vatten i ett slutet system där reningsteknik användes för att sedimentera de farliga ämnena, och där slammet sedan kan deponeras vid hamn. Utsläpp av vatten sker däremot även för stängda system, där volymen vatten är mindre än för öppna system men koncentrationen av farliga ämnen är högre.

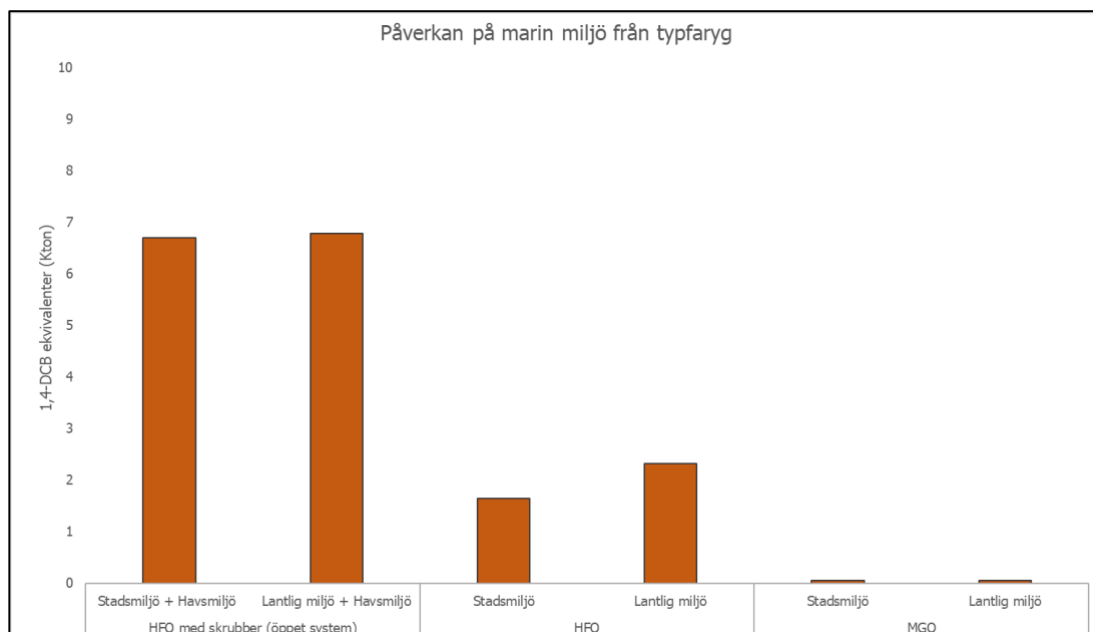
För att bedöma hur stor påverkan användandet av skrubbar har på den marina miljön utfördes en livscykelanalys, men avgränsat så att endast påverkan på marin miljö vid förbränning av bränslen inkluderades. Så kallade karakteriseringsfaktorer användes där olika föroreningars (PAH) och metallers miljöpåverkan viktas mot en referenskemikalie, uttryckt som kg 1,4 dichlorobenzene-ekvivalenter (1,4 DCB-eg). Med hjälp av bränsleförbrukning för 2021 hämtade från modellen STEAM (Jalkanen et al.

2020) för bränslena MGO, HFO+öppna skrubbers och HFO+slutna skrubbers, emissionsfaktorer av PAHer och metaller till luft respektive vatten (Lunde Hermansson et al. 2022) och karaktäriseringsfaktorer från ReCiPe (Huijbregts et al. 2016) beräknades den totala marina giftighetspotentialen (uttryckt som kton DCB-eq.) som de olika bränslenas användning gett upphov till i Östersjön, antingen som direkta utsläpp till havsmiljön eller genom luftutsläpp och deponering på havsmiljön.

Då ReCiPe har två typer av karaktäriseringsfaktorer för luftutsläpp beroende på om utsläppen sker i lantlig eller urban miljö (utsläpp på havet saknas) användes dessa två för att studera vilken påverkan dessa val har på resultaten. Då karaktäriseringsfaktorerna är högre i scenariot lantlig miljö kommer detta leda till en högre total påverkan på marin miljö, det vill säga en högre mängd DCB-eq. antas deponeras på havsmiljön än vid utsläpp i scenariot urban miljö. En ytterligare analys av de olika bränslena och skrubbersystemen gjordes med hjälp av ett typfartyg (RoRo) som finns beskrivet i Ytreberg et al. (2020). Resultaten visar att de fartyg som använde skrubber i Östersjön 2021 stod för en låg andel av den totala bränsleförbrukningen i Östersjön (1,8%) men för en betydligt högre påverkan av farliga ämnen på den marina miljön i jämförelse med fartyg som använder MGO (Figur 5). Analysen baserad på typfartygets emissioner visar att scenarierna HFO+öppna skrubbers har en betydligt högre marin giftighetspotentialen än övriga scenarier (Figur 6). Dock bör det poängteras att framför allt deponeringen av PAHer och metaller troligtvis är kraftigt underskattade i alla scenarier då karaktäriseringsfaktorerna är framtagna baserat på att utsläppen sker på land.



Figur 5 Påverkan på den marina miljön från fartyg som år 2021 gick med HFO och skrubbrar (öppna eller stängda system) eller MGI. Påverkan på den marina miljön är omvandlade till årlig belastning av 1,4 DCB ekvivalenter (kton).



Figur 6 Påverkan på den marina miljön från bränsleförbrukningen av ett typfartyg, beroende på bränsletyp och reningsteknik – omvandlade till 1,4 DCB ekvivalenter.

Kunskapsbehov

Vi bedömer att kunskapen om att skrubbevatten är den utsläppskälla från sjöfart som ger störst påverkan på havsmiljön är god. Däremot saknas fortfarande detaljerad kunskap om vad i skrubbevattnets komplexa blandning som ger upphov till giftigheten.

2.5 Reduktion av undervattensbuller vs ökad bränsleförbrukning

Undervattensbuller är en typ av miljöpåverkan som fått allt större uppmärksamhet inom havsmiljöförvaltningen, och som tillsammans med andra typer av energitillförsel ingår i temaområde elva inom havsmiljödirektivet. I november 2022 antog EU för första gången gränsvärden för bullernivåer i havet. De nya gränsvärdena innebär att för att ett havsområde skall klassas som att det har god miljöstatus med avseende på undervattensbuller, så får inte en area större än 20% av havsområdet utsättas för kontinuerligt buller (exempelvis fartygsbuller) per år. Vidare gäller för impulsiva ljud att ett habitat endast kan klassas som att det uppnår god miljöstatus ifall mindre än 20% av habitatet utsätts för impulsivt ljud under en godtyckligt vald dag, och inte mer än 10% under ett år.

För att minska buller från fartyg kan en rad olika operationella och tekniska åtgärder vidtas (Malmberg et al. 2023). En operationell åtgärd är hastighetssänkning, vilket generellt sett kan innebära minskad påverkan även från atmosfärisk deposition och skrubbevattenutsläpp om fartyget har en skrubber, eftersom ett fartyg som opererar vid lägre hastighet har lägre specifik bränsleförbrukning. En annan operationell åtgärd är att flytta farleder eller lägga om rutter för att exempelvis undvika känsliga havsområden. En sådan åtgärd kan innebära en målkonflikt om den nya sträckningen innebär längre resor, vilket i sin tur leder till ökade utsläpp från samtliga andra ombordsystem.

Bland de tekniska lösningarna finns optimering av skrovdesign för att nya fartyg skall bullra mindre. Det finns inga kända generella försämringar av andra typer av miljöprestanda för denna typ av tystare fartyg, men en begränsning är att åtgärden endast

är tillämpbar på nybyggda fartyg. En annan typ av teknisk lösning, som går att tillämpa även på befintliga fartyg, är att byta propeller till en med mindre kavitation. Här föreligger en målkonflikt då en tystare propeller generellt är mindre energieffektiv, även om det inte finns några enkla proportionella samband för hur energieffektiviteten minskar med minskad bullernivå.

Enligt diskussioner med Tobias Huuva från Berg Propulsion blir den ökade bränsleförbrukningen med en propeller med mindre kavitation 2-3%.

Kunskapsbehov

Det saknas mätdata från verklig drift kring hur mycket bränsleförbrukningen ökar med propellrar med mindre kavitation. Det finns även luckor kring påverkan av buller på organismer i havet. Det finns behov av design av propellrar som kombinerar bra bulleregenskaper med låg bränsleförbrukning.

2.6 Målkonflikter rörande överflyttning av gods från vägtransport till sjöfart

Många länder har en transportpolitisk strategi att flytta över gods från vägtransport till sjöfart och järnväg. Ett skäl som ofta uppges är att det bidrar till en minskad klimatpåverkan från godstransporterna. Forskningen visar dock att överflyttning till sjöfart inte nödvändigtvis minskar växthusgasutsläppen och att det samtidigt leder till ökad påverkan på luft och havsmiljö (Hassellöv et al. 2019). Dessa aspekter är viktiga att adressera för att överflyttning ska kunna bidra till uppfyllelse av klimat- och miljömål. Däremot kan det finnas andra skäl till att överflyttning av godstransport med lastbilar till järnväg eller sjöfart ändå är önskvärt, exempelvis att minska trängseln på vägarna, öka trafiksäkerheten och förbättra lokal luftkvalitet.

Utsläppen från tåg är mycket små i förhållande till lastbilar, särskilt om svensk elmix används. Sjöfart är generellt mer energieffektiv än vägtransporter vid långväga transport (transocean) utan krav på höga hastigheter. Bränsleförbrukningen per producerad ton-km transportarbete varierar dock kraftigt beroende på fartygets storlek och typ av fartyg, där större tank- och bulkfartyg är mest energieffektiva, och beror av fartygets fart och fyllnadsgrad. För de fartygstyper, främst RoRo och RoPax, som direkt konkurrerar med vägtransporter är bränsleeffektiviteten oftast lik den för lastbilar, och ibland högre.

Det är vanligt att länder antar mål om att öka sjöfartens (och järnvägens) andel av godstransporterna. EU har exempelvis sedan 2011 ett mål att senast 2030 flytta över 30 procent av de långvägarna transporterna (över 300 km) på väg till tåg eller fartyg (Europeiska Kommissionen, 2011). I Sverige finns inte ett kvantitativt mål, men överflyttning är utpekad som ett av tre övergripande mål i den Nationella Godstransportstrategin från 2018 (Regeringen, 2018).

Det är också vanligt med styrmedel som är tänkta att bidra till ökad överflyttning från lastbilar till sjöfart. I Sverige finns sedan 2018 en *Ekobonus* som hittills har betalats ut till rederier som startar upp nya rutter som kan bidra till överflyttning (Riksdagen, 2018). I kommande sökombgångar kommer fler aktörer kunna söka medfinansiering för flera typer av åtgärder som ska möjliggöra intermodala transporter med både sjöfart och järnväg (Trafikverket, 2022). Under 2023 och 2024 betalas också en tillfällig ”klimatkompensation” ut till sjöfarten genom anslag till Sjöfartsverket för att sänka

farledsavgifterna. Kompensationen motiveras med att det ska bidra till överflyttning (Sjöfartsverket, 2022). I EU:s *strategi för hållbar och smart mobilitet* pekas flera åtgärder ut som är tänkta att bidra till överflyttning (Europeiska Kommissionen, 2020).

Överflyttning är svårt att uppnå i praktiken

Flera studier belyser stora utmaningar och begränsningar med överflyttning. Trots att överflyttning länge varit ett mål har transportmedelsfördelningen varit mer eller mindre konstant i flera decennier (Vierth & Björk, 2021). Den förändring som märkts har snarare varit tvärtom, att lastbilarnas andel ökat (Pinchasik et al., 2020). Det tyder på att det är svårt att uppnå överflyttning i större skala. Ett skäl är enligt Vierth och Björk (2021), att gods ofta redan transporteras med det transportmedel som är ekonomiskt mest lönsamt. Här finns det dock flera andra studier som visar att inte minst strikta krav på leveranstider från transportköpare försvårar överflyttning till både sjöfart och järnväg (se Eng-Larsson & Kohn, 2012 & Jazairy, 2020). Ett annat skäl som nämns är att kostnaden för lastbilstransporter över tid minskat, bland annat på grund av östeuropeisk arbetskraft med låga lönenivåer, medan motsvarande inte skett för sjöfart eller järnväg utan snarare tvärtom (Pinchasik et al, 2020). Sammantaget visar erfarenhet och tidigare studier att överflyttning är svårt att uppnå i stor skala och sannolikt endast kan svara för en begränsad del av godstransporternas klimatomställning (Pinchasik et al, 2020).

Klimatnyttan med överflyttning till sjöfart ifrågasatt

Flera studier pekar på att klimatnyttan med överflyttning är begränsad. Det beror dels på hinder och begränsad kapacitet (särskilt för järnväg) men för sjöfart även för att energibesparingen inte nödvändigtvis är särskilt stor jämfört med lastbil. Svindland och Hjelle (2019) visar att när- och kustsjöfarten (som är det sjöfartssegment där överflyttning kan vara ett alternativ) konsekvent behöver nå höga fyllnadsgrader för att utsläppen ska vara lägre jämfört med lastbilar.

Hassellöv et al (2019) lyfter också att sjöfartens utsläpp skiljer sig mellan både individuella fartyg och fartygstyper. Medan långsamtgående tank- och bulkfartyg, med hög fyllnadsgrad, kan erbjuda relativt stora utsläppsminskningar jämfört med lastbil, kan RoRo- och RoPax-fartyg ofta ge högre utsläpp än motsvarande transport på väg. Utsläppen skiljer sig också betydande baserat på fartygens individuella egenskaper, såsom ålder, konstruktion, installerad teknik samt fyllnadsgrad och hastigheter. Fartyg som går i linjetrafik håller generellt högre hastigheter och har ofta lägre fyllnadsgrad än andra. Det är alltså viktigt att hålla i minnet att all sjöfart inte ger samma klimatpåverkan och att överflyttning till sjöfart inte nödvändigtvis är bättre ur klimatsynpunkt.

Blickar vi framåt menar Johansson et al (2021) att nyttan med överflyttning till sjöfart kommer minska ännu mer. Detta beror på att utsläppen från lastbilar är förväntade att minska genom att fler lastbilar sätts på marknaden, att vanliga lastbilar kommer släppa ut allt mindre, och att andelen biodrivmedel kan öka. Inte minst drivs detta av EU:s krav på lägre CO₂-utsläpp från nya tunga fordon. Motsvarande utveckling för nya fartyg och fartygsbränsle sker inte i samma tempo, vilket innebär att sjöfartens relativa fördel avseende klimatpåverkan successivt kommer att minska.

Överflyttning till sjöfart ökar utsläpp till luft och hav

Sjöfarten ger högre utsläpp av övergödande (och försurande) NO_x, försurande SO_x och lättflyktiga organiska föreningar, vilket ger försämrade luftkvalitet och negativa konsekvenser för miljö och mänsklig hälsa. Utsläppen av SO_x har förvisso minskat i

Östersjön och Nordsjön som en följd av SECA-direktivet men är fortfarande högre än från lastbilar. Användning av skrubbrar för att leva upp till direktivet leder också till utsläpp av kraftigt försurat och förorenat vatten.

Även fartyg som inte har en skrubber ger upphov till negativ påverkan på havsmiljön, exempelvis genom buller, kusterosion, samt utsläpp av ballastvatten, grå- och svartvatten, länsvatten och läckage av giftiga båtbottnfärger. De flesta kemtankfartyg släpper också ut tankrengöringsrester till havs. Enligt Hassellöv et al. (2019) leder överflyttning till sjöfart ofrånkomligen till ökad påverkan på havsmiljön om det innebär fler fartyg och/eller längre total avverkad distans. Det ska också tilläggas att, precis som för klimatpåverkan, styrs fartygens påverkan på luft och hav av individuella egenskaper för enskilda fartyg och skiljer sig därför åt.

Styrmedel för överflyttning tar inte hänsyn till sjöfartens verkliga klimatpåverkan

I flera studier och rapporter påpekas det att mål och styrmedel för att öka överflyttningen till sjöfart och järnväg ofta baseras på en förenklad uppfattning av sjöfartens klimat- och miljöprestanda gentemot lastbilar (se Hassellöv et al., 2019; Vierth & Björk, 2021). Detta gäller för det första antagandet att överflyttning till sjöfart per automatik leder till utsläppsminskningar. Flera studier har visat att verkligheten är mer komplex än så, och att klimatprestandan skiljer sig väsentligt mellan olika fartygstyper och specifika fartyg. När detta inte beaktas i styrmedel som ska bidra till överflyttning riskerar effekten bli att utsläppen ökar istället för att minska.

Ekobonusen, alltså det som tidigare bara varit ett stöd för nya sjöfartsrutter, är ett exempel där fartygs verkliga klimatpåverkan inte beaktats. Stödbeloppet baserades på Trafikanalys beräkning av skillnaden i externa kostnader mellan tung lastbil med släp och sjöfart (Trafikverket, 2020). Samma värde användes alltså för all typ av sjöfart. Fartyg med högre lastkapacitet kunde förvisso erhålla högre stöd eftersom de bär mer gods, men fartygens verkliga emissioner påverkade inte stödnivån. Bland de linjer som fick finansiering ingick ett RoRo-fartyg som enligt Larsson et al (2021) i praktiken gav betydligt högre CO₂-utsläpp än alternativet att lastbilarna kördes på väg. Dessutom ökade både utsläppen av SO_x, NO_x till luft, samt alla andra fartygsrelaterade utsläpp till havsmiljön.

Liknande antaganden ligger till grund för den nya klimatkompensationen.

Kompensationen, som är ett anslag till Sjöfartsverket på 300 miljoner årligen under 2023 och 2024 för att sänka farledsavgifterna med 21 procent, motiveras med att det ska främja en överflyttning av gods till sjöfart (Sjöfartsverket, 2022). Stödet premierar all sjöfart lika och tar därmed inte hänsyn till fartygens verkliga emissioner. Fartyg med låga utsläpp, som de facto kan bidra till minskade klimatutsläpp, får alltså samma stöd som fartyg med höga klimatutsläpp, som bidrar till ökade utsläpp från godstransporterna. Med tanke på att stödet kallas ”klimatkompensation” är detta en orimlig utformning.

Trots att klimatkompensationen ska bidra till överflyttning saknar stödet dessutom en direkt utformning för att bidra till det, utöver en generell avgiftsminskning för all sjöfart. Medan Ekobonus hela tiden haft krav på additionalitet, alltså att stödet bara ska gå till nya rutter som inte hade upprättats utan stödet, premierar klimatkompensationen all sjöfart lika. Det underliggande resonemanget tycks vara att all sjöfart är klimatsmart och därför är stöd till sjöfart klimatsmart. Detta är, som tidigare framförts, en kraftigt förenklad uppfattning.

Styrmedel för överflyttning tar inte hänsyn till sjöfartens påverkan på luft och hav

Det har också förts fram i flera studier att mål och styrmedel för ökad överflyttning sällan beaktar, eller kraftigt underskattar, sjöfartens negativa påverkan i form av utsläpp till luft och havsmiljö. I beräkningsgrunderna för stödbelopp i ekobonus ingick förvisso luftutsläpp i enlighet med NTM calc-metoden men metoden speglar inte tillräckligt väl verkliga emissioner. Därför har fartyg som bidrar till kraftigt ökade luftutsläpp kunnat få stöd. Påverkan på hav beaktas också i mycket liten utsträckning. Exempelvis gav utsläpp av skrubbevatten inga negativa utslag alls, vilket innebär att stödet hade kunnat gå till fartyg med skrubbrar trots mycket skadliga utsläpp och trots att stödet kallades ”ekobonus” (Hassellöv et al., 2019).

Fortsatt arbete med målkonflikter kring överflyttning av gods till sjöfart

Incitament, stöd eller krav för transportköpare att nyttja klimat- och miljöeffektiva fartyg.

Det är ovanligt att varuägare och andra transportköpare ställer särskilda krav för vilka fartyg som deras gods transporteras med. Det finns undantag, exempelvis stora företag som använder *Clean Shipping Index* (CSI) för att ställa krav på fartyg samt skogsbolag som chartrar egna fartyg. Ofta görs inte medvetna val av fartyg utan är snarare en del av ett logistikupplägg som väljs för att det är billigast eller passar behov bäst.

Eftersom det är stora skillnader mellan fartygs miljö- och klimatprestanda vore det positivt om fler transportköpande företag (både varuägare och speditörer) engagerade sig i att transportera sitt gods på fartyg med bra prestanda.

Styrmedel för överflyttning till klimat- och miljöeffektiva fartyg

Trots att många studier påpekat att en ökning av sjöfart riskerar att leda till ökad negativ påverkan på luft och hav, och i en del fall även ökad klimatpåverkan, har detta inte haft tillräcklig inverkan på de mål och styrmedel som utformas kring överflyttning. Det finns därför skäl att se över hur styrmedel kan utformas för att väga in denna kunskap, vilket kan bidra till att styrmedel för överflyttning riktar insatser mot fartyg som har tillräckligt bra miljöprestanda att överflyttningen av gods leder till minskad klimat- och miljöpåverkan på riktigt.

3 Hur behandlar hittillsvarande projekt inom Lighthouse och Hållbar sjöfart dessa målkonflikter?

I detta avsnitt redovisas kort resultaten av en genomgång av rapporter från Lighthouse och Hållbar Sjöfart. För varje rapport listas titel och författare samt vilka målkonflikter som behandlas, vilka målkonflikter som är relevanta (enligt vår bedömning) samt en kommentar. Om text saknas är punkten inte aktuell för just den rapporten.

Autonom säkerhet för fartyg. 2016

Rylander, Man.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Rapporten nämner att risk för olyckor, med påföljande påverkan på miljön, minskar med autonoma system. Det finns även en potential att minska bränsleförbrukningen för ett givet genomfört transportarbete, vilket inte diskuteras.

Hållbarhetsklassificering av fartyg. 2017

Andersson, Fridell, Lundh, Pahlm, Sköld, Ytreberg.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien: De flesta målkonflikter som behandlas i denna rapport är i princip relevanta för olika typer av index.

Kommentar: Index i sig är styrmedel som implicit behandlar målkonflikter via poängsättning. Detta är inte behandlat i studien.

Vattenvägen – den intermodala pusselbiten. 2016

Garme, Ljungberg, Tufvesson, Lantz, Woxenius, Sundberg, Arvidsson, Kihl.

Målkonflikt som behandlas explicit: Det diskuteras att inre vattenvägar kan minska utsläpp, buller, olyckor och trafikstockningar med vissa logistiska nackdelar. Det framhålls även att präm i förhållande till väg ger fördelar avseende utsläpp av växthusgaser men ökade utsläpp av luftföroreningar.

Målkonflikt relevant för studien: Fördelar för klimat, olyckor, buller mm vs luftföroreningar.

Kommentar: Rapportens fokus är att jämföra transporter på inre vattenvägar med landtransporter varvid en rad parametrar analyseras.

Transport work and emissions in MRV; methods and potential use of data. 2018

Fridell, Sköld, Bäckström, Pahlm.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Behandlar endast bränsleförbrukning och emissioner av växthusgaser.

Maritim elektrifiering – behov och möjligheter. 2018

Hägg, Pettersson, Rylander, Östling, Borgh, Broman, Daun, Ellis, Lundbäck, Santén, Wikander.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Identifierar att elektrifiering minskar emissioner men att det finns risker med batteriteknik. Även råvaruproblematiken lyfts, liksom LCA-perspektivet på batterier och elproduktion.

Low carbon marine freight. 2018

Bäckström, Fridell, Sköld, Winnes, Woxenius.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Behandlar affärsmodeller för användande av biobränslen i sjöfart. Målkonflikten berör ökade kostnader.

Vattenvägen – den intermodala pusselbiten del 2. 2018

Sundberg, Garme.

Målkonflikt som behandlas explicit: Det diskuteras att inre vattenvägar kan minska utsläpp, buller, olyckor och trafikstockningar med vissa logistiska nackdelar.

Målkonflikt relevant för studien: Fördelar för klimat, olyckor, buller mm vs luftföroreningar.

Consequences of speed reductions for ships. 2020

Jivén, Lamngård, Woxenius, Fridell.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Behandlar målkonflikten mellan bränslebesparing vid fartminskning och påverkan på logistikupplägg.

Including maritime transport in the EU Emission Trading System – addressing design and impacts. 2020

Mellin, Elkerbout, Hansson, Zetterberg, Fridell, Christodoulou, Woxenius.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Analyserar tänkbar design av ETS system med sjöfart. Minskade CO₂-emissioner mot kostnader.

Forskning och utveckling mot fossilfri fartygsdrift. 2021

Jivén, Brynolf, Fridell, Styhre.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Behandlar forsknings- och utvecklingsprojekt med fokus på fossilfri sjöfart.

Genomförbarhetsstudie – Laddning av elbilar på färjor och terminaler. 2022

Kloo, Williamsson, Carlsson.

Målkonflikt som behandlas explicit: Elbilars miljö och klimatfördelar vs risker med laddning ombord. Bekvämlighet vid laddning ombord vs emissioner från hjälpmotorer.

Målkonflikt relevant för studien: De nämnda.

Kommentar: Rapporten behandlar de målkonflikter som är relevanta.

Costs for decarbonising shipping. 2022

Jivén, Cullinane, Yang, Andersson.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien: Påverkan på andra emissioner.

Kommentar: Studien behandlar de kommande ökande kostnaderna för sjöfartsbranschen av kommande EU styrmedel för att minska utsläppen av växthusgaser och omfattar inte direkt någon målkonflikt (mer än ökade kostnader för att minska utsläppen av CO₂).

Size, specialization and flexibility – the role of ports in a sustainable transport system. 2020

Merkel, Vierth, Johansson, Gonzales-Aregall, Christodoilou, Cullinane.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien: Studien behandlar överflyttning av godstransporter från väg till sjö.

Kommentar: Studien behandlar hur ett antal styrmedel kan leda till överflyttning. Effekter på emissioner eller andra miljöparametrar redovisas inte.

On the potential of ammonia as fuel for shipping. 2020

Hansson, Fridell, Brynolf.

Målkonflikt som behandlas explicit: Minskade CO₂ emissioner från marina bränslen kontrasteras mot ökade utsläpp av en del andra ämnen som ammoniak, lustgas och NO_x samt risker vid hantering av ammoniak som bränsle. Även risken för försämrade energieffektivitet diskuteras.

Målkonflikt relevant för studien: Se ovan

Kommentar:

Fossilfri kollektivtrafik på vatten. 2020

Jivén, Mellin, Styhre, Garme.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Studien behandlar fossilfri drift av mindre personfärjor. Även nytta avseende luftföroreningar diskuteras.

Miljöpåverkan av en hamns undervattensbuller. 2020

Johansson, Hallander, Bensow, Molitor, Gustafsson, Ericsson, Jivén.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien: Mellan fartygsbuller och bränsleeffektivitet.

Kommentar: Rapporten behandlar buller, bullerkällor och styrmedel.

SHIP – Social hållbarhet i praktiken. 2020

Enander Lanner, Francsics, Hartler, Österman.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Studien uttrycker att hållbarhet inom sjöfarten oftast behandlar miljö och klimat, men detta är ingen motsättning mot social hållbarhet.

Aftertreatment of methane slip from marine gas engines. 2020

Winnes, Fridell, Ellis, Forsman, Ramsay, Westermark, Gustafsson.

Målkonflikt som behandlas explicit: Utsläpp av växthusgasen metan från LNG-motorer vs lägre utsläpp av luftföroreningar.

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Rapporten behandlar olika sätt att minska metanutsläppen.

Intressentanalys av Sveriges hamninfrastruktur. 2021

Kjellsdotter Ivert, Merkel, Kalantari, Santén, Svanberg, von Wieding.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Rapporten diskuterar hamnars miljöfrågor samt att det finns en överflyttningsstrategi. Målkonflikten analyseras inte djupare.

Carbon capture potential onboard ships. 2023

Jivén, Brynolf, Havenstein, Weidenhammer, Hansson, Hjort, Cha.

Målkonflikt som behandlas explicit: Konflikten mellan att spara koldioxid ombord och utrymme för last. Även andra aspekter som säkerhet, energiåtgång och kompatibilitet med olika bränslen analyseras.

Målkonflikt relevant för studien: Se ovan.

Kommentar:

Safe Hydrogen Installation on-board. 2022

Bach, Andersson, Forsström, Jivén, Lundström, Blidberg.

Målkonflikt som behandlas explicit: Minskade emissioner är fördelen men det finns säkerhetsrisker och systemen tar utrymme.

Målkonflikt relevant för studien: Se ovan.

Kommentar: Rapporten har ett kapitel som kontraherar för- och nackdelar med vätgas som bränsle.

BRAVE ECO – Benchmark for Reduction of Anchoring Vessels' Emissions – Enabling Change of Operation. 2021

Parsmo, Rauer, Woxenius, Gonzalez-Aregall, Malmberg, Salo.

Målkonflikt som behandlas explicit: Lägre CO₂-emissioner mot vissa kommersiella faktorer och möjlighet att byta besättning vid rätt tid.

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Slow steaming kombinerat med just-in-time arrival studeras som en möjlighet att minska bränsleförbrukning och undvika långa ankringstider.

Hållbara transportinköp för ökad sjöfart. 2023

Styhre, Flodén, Karlsson.

Målkonflikt som behandlas explicit: Överflyttning från väg till sjö leder till minskade CO₂-utsläpp och ökade utsläpp av luftföroreningar.

Målkonflikt relevant för studien: Se ovan. Även övrig påverkan från vägtrafik (buller mm) minskar vid överflyttning medan övrig påverkan från sjöfarten (undervattensbuller, påverkan på havet) ökar.

Kommentar:

Handling of hydrogen in liquid form as LOHC from a shipping perspective – a pre-study. 2023

Hjort, Hansson, Trinh, Grahn, Brynolf, Jivén.

Målkonflikt som behandlas explicit: Minskning av utsläpp av växthusgaser genom att använda väte som bränsle kontraheras mot säkerhetsaspekter miljörisker från de organiska vätebärarna.

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar:

Hållbara försörjningskedjor med eldriven sjöfart mellan Norrland och Södertälje. 2023

Rogerson, Olsson, Sjöling, Bach.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Studien analyserar ett upplägg med eldrift kombinerat med metanoldrift för transporter mellan Skellefteå och Södertälje. Ingen analys görs av alternativ som väg eller järnväg. CO₂-emissioner beräknas medan annan miljöpåverkan (luftföroreningar, emissioner till havet mm) inte diskuteras.

Hydrogen, ammonia, and battery-electric propulsion for future shipping. 2023

Brynolf, Kanchiralla, Malmgren, Ellis, Olsson, Hansson, Fridell.

Målkonflikt som behandlas explicit: Detta är en LCA studie av bränslen och framdrivningssystem. Hanterar de flesta miljöparametrar, samt säkerhetsaspekter.

Målkonflikt relevant för studien: Att väga påverkanskategorier mellan alternativen.

Kommentar: Klimat redovisas explicit medan andra miljöparametrar vägs ihop i en faktor.

Electric Light – Lätta elfartyg. 2021

Willstrand, Ramachandra, Evegren, Hägg, Ramne, Li, Thies, Ringsberg, Lluis.

Målkonflikt som behandlas explicit: Minskade emissioner mot eventuella risker som brandrisker.

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Påverkan på emissioner beräknas inte explicit. Annan påverkan diskuteras inte.

Digitalisation and automation in small and medium sized Swedish ports (SMPs) 2020

Haraldson, Lind, Karlsson, Bach, Woxenius, Gonzalez-Aregall.

Målkonflikt som behandlas explicit: Man nämner i studien målkonflikten med att många städer expanderar bostadsbyggande i närheten av havsbanden, vilket kan ge ökade exponering av både luftföroreningar och buller från sjöfart om hamnar ligger i närheten

Målkonflikt relevant för studien: se ovan.

Kommentar: Utmaningar och möjligheter relaterade till digitalisering och automatisering som identifierats av olika svenska hamnar.

Battery Fire Safety Ventilation for Fully Electrical Vessel. 2023

Ramachandra, Willstrand, Hägg, Schreuder.

Målkonflikt som behandlas explicit: Minskade emissioner mot eventuella risker som brandrisker.

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Påverkan på emissioner beräknas inte explicit. Annan påverkan diskuteras inte.

Dynamic Design of ships. 2016

Nisbet.

Målkonflikt som behandlas explicit: Mindre resurser (stål) och lägre kostnad vid skrovkonstruktion kan ge påverkan på hållfasthet, sjöegenskaper, miljö och säkerhet till sjöss

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Rapporten diskuterar lättare skrovkonstruktion för att klara kraven på hållfasthet, sjöegenskaper, miljö och säkerhet till sjöss

In-door positioning on RoRo-ships. 2017

Englund, Rylander, Duran.

Målkonflikt som behandlas explicit: ingen

Målkonflikt relevant för studien: ingen

Kommentar: Detta projekt undersöker möjligheter och lösningar som kan användas för att åstadkomma noggrann inomhuspositionering ombord på RoRo fartyg

Kompetensförsörjning inom den svenska marina och maritima näringen. 2019
Anderberg och von Elern.

Målkonflikt som behandlas explicit: ingen

Målkonflikt relevant för studien: ingen

Kommentar: Syftet med förstudien var att undersöka kompetensförsörjningen inom den marina och maritima industrin i Sverige samt att undersöka om den svenska marina och maritima näringen kan dra nytta av erfarenheter från den norska marina och maritima näringen avseende kompetensförsörjning

Gaps in Regulations, Pedagogical Needs and Human/Automation Interactions in the Shipping Industry. 2019

MacKinnon och Lundh

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien: Den sociala aspekten glöms ofta bort vid utredningar och implementeringar av automatiserade system.

Kommentar: Syftet med arbetet var att undersöka kunskapsbristerna och framtida forskningsbehov inom Smarta och autonoma fartyg och de två nyckelområden; regelutveckling och pedagogik.

VR till Sjöss. 2018

Forsström, Hägg, Praetorius, Forsman och Backman.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Studien syftar till att undersöka om och hur Virtual Reality (VR) kan användas för att förbättra nuvarande säkerhetsträning (t.ex. Grundläggande säkerhetsträning (Basic Safety) och Search and Rescue) samt identifiera andra träningsområden och särskilt riskfyllda moment där tekniken skulle kunna bidra till förhöjd säkerhetsträning inom maritima operationer.

Sjukvård ombord -Teknik och metodutveckling för akut omhändertagande. 2021
Dahlman, Sjöqvist och Dahlman.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Syftet med denna förstudie är att beskriva de förutsättningar som finns ombord idag och jämföra med de resurser som finns inom prehospital sjukvård i land.

The effects of the coronavirus pandemic on the Swedish shipping industry and its resilience capabilities. 2021

Altuntas Vural, Gonzalez-Aregall och Woxenius.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Denna förstudie syftar till att undersöka hur den svenska sjöfartsnäringen har påverkats av coronaviruspandemin och hur påverkan kan förmodas bli på medellång och lång sikt

Nyttan med svenskflaggade fartyg och betydelsen av en ökad inflaggning för Sverige. 2022

Strokirk, Klintonberg, Rogerson, Bach och Raza.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Förstudien utreder nyttan med en stark svensk sjöfartssektor

Framtida behov av sjöbefäl. 2023

Hägg, Hartler, Olindersson, Pundars, Eliasson Ljungklint.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Syftet var att kvantifiera det långsiktiga behovet av sjöbefäl genom att identifiera vilka företag/myndigheter som har behov av att anställa sjöbefäl samt hur den framtida förändringen av kompetensbehovet ser ut.

Use of port State control inspection data from the Paris MoU to assess pressure from shipping on the marine environment: A study of ships operating in the Baltic Sea region. 2020

Hassellöv, Larsson, Simopoulou, Sundblad.

Målkonflikt som behandlas explicit: Paris MoU systemet för hamnstatskontroller är ett viktigt verktyg för att förhindra föroreningar från fartyg, men ingen harmonisering mellan arbetet inom Paris MoU och marin miljöförvaltning inom EU: havsmiljödirektiv finns. Rapporten lyfter att det bör gå att anpassa nuvarande system för hamnstatskontroller och även inkludera kontroller som fokuserar på tre av havsmiljödirektivets deskriptorer; effekter på biologisk mångfald, havsbottnens integritet och undervattenbullen.

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Syftet var att undersöka förhållandet mellan Paris MoU för hamnstatskontroll och befintliga miljöamar, främst MSFD.

Utbildning for en miljömässigt hållbar sjöfart. 2021

Salo, Stave, Dahlman, Hägg, Larsson.

Målkonflikt som behandlas explicit: Flertal. T.ex. användandet av skrubbrar vilka renar rökgaser men genererar förorenat tvättvatten, och användandet av giftläckande bottenfärger som förhindrar påväxt (lägre bränsleförbrukning och luftemissioner samt minskad risk för spridning av främmande arter) men läcker gifter till miljön

Målkonflikt relevant för studien: se ovan

Kommentar: Syftet med projektet var att kartlägga befintliga sjöfartsrelaterade miljöutbildningar, identifiera ytterligare kompetensbehov hos rederier, myndigheter och andra aktörer, samt föreslå nya utbildningsinsatser. Två kompetensbehov identifierades:

tekniska kunskaper av ny teknik och nya energibärare samt allmän miljökunskap för att öka kunskap och förståelse för arbete med miljörelaterade utmaningar.

Psykisk ohälsa i sjöfarten, en prevalensstudie. 2022

Dahlman, Henriksson, Selander, Lundh.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Syftet med förstudien var att undersöka förekomsten av dom underliggande orsakerna till och hanteringen av psykisk ohälsa bland fartygspersonal i Sverige.

ReliS – Reliable Sprinkler 2022

Olofsson, Millgård, Gregersson.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Målet med projektet var att ta fram förslag på tekniska och operativa förbättringar av sprinklersystem för att undvika felfunktion och göra systemen mer tillförlitliga.

Myndigheters roll för urbanvattenburen logistik 2022

von Wieding, Woxenius, Williamsson, Browne.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien: Hur påverkar en ökad vattenburen trafik emissioner till vatten. Detta omnämns inte i rapporten eller problematiseras inte heller.

Kommentar: Trots att det finns ett stort intresse för urban vattenburen logistik (UVL) hos nationella, regionala och kommunala myndigheter, används urbana vattenvägar i Sverige mycket sparsamt. I denna rapport analyserar vi vad myndigheter kan göra för att driva på utvecklingen för ökad användning av UVL.

Gamification för vattenburen trafik i tidiga planeringsskeden 2021

Meijer, Kringos, Garme, Kihl, Raghothama.

Målkonflikt som behandlas explicit: hälsoeffekter vs miljöeffekter vid olika typer av kollektivtransporter

Målkonflikt relevant för studien: Miljöpåverkansfaktorer som ingår i jämförelsen "miljöeffekter" mellan transportslag (tåg, buss, sjöfart och bil) är CO₂, NO_x och bränsle. En ökad sjöfart ger dock även annan påverkan, t.ex. försurning (genom SO_x), farliga ämnen genom t.ex. bottenfärger och övergödning (NO_x).

Kommentar: Projektet utvärderade om "gamification" (fortsättningsvis benämnt gamifiering) kan vara en metod för samspel mellan intressenter när det gäller inkludering av vattenburen persontrafik (så kallade vattenbussar) i kollektivtrafiksystemet. Projektet tar avstamp i att klimatavtryck vid anläggning av infrastruktur inte inkluderas i kalkylerna som jämför trafikslag i kollektivtrafiken, vilket missgynnar vattenvägen vars infrastruktur redan finns på plats. Samma sak gäller klimatpåverkan från underhåll av infrastrukturen.

Kompositer för en hållbar sjöfart. 2022

Sjögren, Sandinge, Li.

Målkonflikt som behandlas explicit: Fördelar med fiberkompositer är bland annat högre styrka per viktenhet, större designfrihet, samt bättre korrosionsbeständighet, vilket i sin tur minskar behovet av underhåll. Följande målkonflikter behandlas: brandegenskaper, isegenskaper och återvinning.

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Behov att kartlägga de stötestenar som fortfarande hindrar fler och större tillämpningar av kompositmaterial inom sjöfarten.

AI-based Fire safety system using Big Data. 2022

Hägg, Schmidt, Gregersson, Sandell.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Förstudien inventerar och analyserar olika datakällor som finns ombord på moderna fartyg samt genomför en gap-analys mot ett önskat framtida läge avseende autonomt brandskydd.

Electric Hubless Rim-Driven Thrusters for Transport in Inland Waterways. 2023

Yao, Shiri, Falkman, von Elern, Karlsson.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Marinpropellrars prestanda påverkas i hög grad av kraftöverföringen genom navet och växellådan. Detta leder till effektförluster, stort utrymme, tunga vikter, buller och vibrationer. I motsats till konventionella propellrar är konceptet med elektrisk navlös thruster (RDT) en radikal design, vars blad drivs av en yttre fälg snarare än ett nav.

Sustainable ship hull maintenance strategies through the development of a decision support tool and sustainability classification of antifouling strategies. 2022

Ytreberg, Lagerström, Oliveira, Granhag, Werner and Larsson.

Målkonflikt som behandlas explicit: Ökad påväxt på skrov leder till ökade bränslekostnader för redare samt ökade emissioner till luft samt ökad risk för att påväxten på skrovet även kan medföra en introduktion av främmande arter. Användandet av biocidfärger leder dock till ökade emissioner av gifter till havet.

Målkonflikt relevant för studien: Se ovan

Kommentar:

Propeller-Hull Interaction Effects in Waves. 2022

Eslamdoost, Irannezhad, Kjellberg, Bensow.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Studien fokuserar på att förstå interaktionseffekterna propeller-skrov, inte bara i stilla vatten utan även i närvaro av vågor.

Operationalizing COLREGs in SMART ship navigation. 2022

Weber, Aylward, MacKinnon, Lundh, Hägg.

Målkonflikt som behandlas explicit: Digitalisering och automatisering kan leda till att sjöfartsyrken försvinner och det finns en oro att obemannade fartyg kan utgöra en säkerhetsrisk

Målkonflikt relevant för studien: Se ovan

Kommentar: Rapporten diskuterar det maritima sociotekniska systemets nuvarande och nära framtid, och lyfter fram fördelarna med automatisering, samtidigt som man är vaksam på de potentiella farorna.

Nya sensorer – autonom säkerhet. 2021

Rylander, Sandberg, Sjöblom.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Projektet har utvärderat sensorer som idag används för aktiv säkerhet för självkörande fordon, för att se om de även kan användas för marin navigation, manövrering och anti-kollision i en verklig marin miljö.

SailProp Even sailing vessels need an efficient propeller. 2023

Gypa, Werner, Bensow.

Målkonflikt som behandlas explicit:

Målkonflikt relevant för studien:

Kommentar: Syftet med studien är att få en förbättrad förståelse för de utmaningar som är involverade i propellerdesign för vindassisterade/-drivna fartyg, utveckla nya designmetodik för att möta dessa utmaningar och att undersöka i vilken utsträckning en ny propellerdesign kan erbjuda en betydande lägre energiförbrukning jämfört med befintlig design.

4 Referenser

- Brooks, S., & Waldock, M. (2009). The use of copper as a biocide in marine antifouling paints. *Advances in Marine Antifouling Coatings and Technologies*, 492–521. <https://doi.org/10.1533/9781845696313.3.492>
- Direktiv 2008/56/EG. Havsmiljödirektivet. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0056>
- Eng-Larsson, F., Kohn, C., (2012). Modal shift for greener logistics – the shipper's perspective. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/09600031211202463/full/html>
- Europeiska Kommissionen (2011). VITBOK – Färdplan för ett gemensamt europeiskt transportområde – ett konkurrenskraftigt och resurseffektivt transportsystem. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0144:FIN:SV:P DF>
- Europeiska Kommissionen (2020). Strategi för hållbar och smart mobilitet. https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12438-Strategi-for-hallbar-och-smart-mobilitet_sv
- Hassellöv, I-M., Larsson, K., Sundblad, E-L (2019). Effekter på havsmiljön av att flytta över godstransporter från vägtrafik till sjöfart. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1375324/FULLTEXT01.pdf>
- HELCOM. (2022). Discharges to the sea from Baltic Sea shipping in 2021.
- Holland, R., Dugdale, T. M., Wetherbee, R., Brennan, A. B., Finlay, J. A., Callow, J. A., & Callow, M. E. (2004). Adhesion and motility of fouling diatoms on a silicone elastomer. *Biofouling*, 20(6), 323–329. <https://doi.org/10.1080/08927010400029031>
- Huijbregts, M., Steinmann, Z., PMF, E., G, S., F, V., MDM, V., A, H., M, Z., R, v.Z., 2016. ReCiPe 2016 : A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level Report I: Characterization, ReCiPe 2016 : Een geharmoniseerde levenscyclus impact assessment methode op 'midpoint' en 'endpoint' niveau Rapport 1: karakterisatie. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu RIVM.
- Jalkanen, J.P., Johansson, L., Wilewska-Bien, M., Granhag, L., Ytreberg, E., Eriksson, K.M., Yngsell, D., Hassellöv, I.M., Magnusson, K., Raudsepp, U., Maljutenko, I., Winnes, H., Moldanova, J., 2021. Modelling of discharges from Baltic Sea shipping. *Ocean Sci.* 17, 699-728.
- Oliveira, D.R., Lagerstrom, M., Granhag, L., Werner, S., Larsson, A.I., Ytreberg, E., 2022. A novel tool for cost and emission reduction related to ship underwater hull maintenance. *Journal of Cleaner Production* 356.
- Jalkanen, J.P., Johansson, L., Wilewska-Bien, M., Granhag, L., Ytreberg, E., Eriksson, K.M., Yngsell, D., Hassellöv, I.M., Magnusson, K., Raudsepp, U., Maljutenko, I., Winnes, H., Moldanova, J., 2021. Modelling of discharges from Baltic Sea shipping. *Ocean Sci.* 17, 699-728.

- Jazairy, A. Engaging in green logistics: An eye on shippers, logistics service providers, and their interactions. <https://kth.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1465799&dswid=-7609>
- Johansson, M., Vierth, I., Holmgren, K. (2021). Klimat- och miljöeffekter av att flytta godstransporter från väg: beräkningar för år 2017, 2030 och 2040. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1569889/FULLTEXT01.pdf>
- Lagerström, M., Wrangle, A.-L., Oliveira, D. R., Granhag, L., Larsson, A. I., & Ytreberg, E. (2022). Are silicone foul-release coatings a viable and environmentally sustainable alternative to biocidal antifouling coatings in the Baltic Sea Region? *Marine Pollution Bulletin*, 184, 114102. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114102>
- Larsson, K., Sundblad, E.-L., Hassellöv, I.-M., Langet, D. (2021). Statligt klimatstöd till färjor kan försämra havsmiljön”. *DN Debatt* 2021-10-14. <https://www.dn.se/debatt/statligt-klimatstod-till-farjor-kan-forsamra-havsmiljon/>
- Malmberg, E.-L. Sundblad and M. Svedendahl (2023). Management Measures to Reduce Continuous Underwater Noise from Shipping. Report No. 2023:3, Swedish Institute for the Marine Environment. . 84 pp. <https://www.havsmiljoinstitutet.se/publikationer/havsmiljoinstitutets-rapportserie/atgarder-for-att-minska-undervattensbuller-fran-fartygstrafik>.
- Morrisey, D. J., Underwood, A. J., & Howitt, L. (1996). Effects of copper on the faunas of marine soft-sediments: An experimental field study. *Marine Biology*, 125(1), 199–213. <https://doi.org/10.1007/bf00350774>
- Oliveira, D.R., Lagerstrom, M., Granhag, L., Werner, S., Larsson, A.I., Ytreberg, E., 2022. A novel tool for cost and emission reduction related to ship underwater hull maintenance. *Journal of Cleaner Production* 356.
- Pinchasik, D. R., Hovi, I. B., Svendsen Mjøsund, C., Grønland, S. E., Fridell, E., Jerksjö, (2021) M. Crossing Borders and Expanding Modal Shift Measures: Effects on Mode Choice and Emissions .from Freight Transport in the Nordics. <https://www.platonklima.no/wp-content/uploads/2021/04/Daniel-Ruben-Crossing-borders.pdf>
- Regeringen (2018). Effektiva, kapacitetsstarka och hållbara godstransporter – en nationell godstransportstrategi. <https://bransch.trafikverket.se/contentassets/8615c5e8ce42434185c601a7dda31ae6/godstransportsstrategin.png.pdf>
- Rygg, B. (1985). Distribution of species along pollution-induced diversity gradients in benthic communities in Norwegian fjords. *Marine Pollution Bulletin*, 16(12), 469–474. [https://doi.org/10.1016/0025-326x\(85\)90378-9](https://doi.org/10.1016/0025-326x(85)90378-9)
- Sjöfartsverket (2022). Nu blir det billigare för sjöfarten. <https://www.sjofartsverket.se/sv/om-sjofartsverket/nyheter-och-press/nyheter/nu-blir-det-billigare-for-sjofarten/>
- Stark, J. S., Riddle, M. J., Snape, I., & Scouller, R. C. (2003). Human impacts in antarctic marine soft-sediment assemblages: Correlations between

multivariate biological patterns and environmental variables at Casey Station. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56(3–4), 717–734.
[https://doi.org/10.1016/s0272-7714\(02\)00291-3](https://doi.org/10.1016/s0272-7714(02)00291-3)

Svindland, H., Hjelle, H. M., (2019) The comparative CO2 efficiency of short sea container transport.

Trafikverket (2020). Miljökompensation för överflyttning av godstransporter från väg till sjöfart (Eko-bonus). <https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1395788/FULLTEXT01.pdf>

Trafikverket (2022). Förlängd och breddad ekobonus.
<https://www.regeringen.se/contentassets/1bf7b725c85c4017a331cce4db5e2dc8/trafikverkets-forslag-forlangd-och-breddad-ekobonus/>

Vierth, I, Björk, L. (2021). Modal shift for an environmental lift? <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1720454/FULLTEXT01.pdf>

[Winnes, H., Fridell, E., Ntziachristos, L., Grigoriadis, A., and Jalkanen, J.-P. \(2020\) Summary and analysis of available abatement methods for SOX, NOX and PM, together with data on emissions, waste streams, costs and applicability. EMERGE D1.1.](#)

Ytreberg, E., Hansson, K., Hermansson, A. L., Parsmo, R., Lagerström, M., Jalkanen, J.-P., & Hassellöv, I.-M. (2022). Metal and PAH loads from ships and boats, relative other sources, in the Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 182, 113904. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113904>