

Sjöfartens användning av alternativa bränslen

Trender och förutsättningar

Kristina Holmgren
Magnus Johansson
Maria Polukarova

vti



VTI rapport 1093
Utgivningsår 2021
vti.se/publikationer

VTI rapport 1093

Sjöfartens användning av alternativa bränslen

Trender och förutsättningar

Kristina Holmgren

Magnus Johansson

Maria Polukarova

Författare: Kristina Holmgren (VTI/RISE), Magnus Johansson (VTI), Maria Polukarova (VTI)
Diarienummer: 2020/0202-7.2
Publikation: VTI rapport 1093
Utgiven av VTI 2021

Publikationsuppgifter – Publication Information

Titel/Title

Sjöfartens användning av alternativa bränslen – trender och förutsättningar / Utilisation of alternative fuels in shipping - trends and conditions

Författare/Author

Kristina Holmgren (RISE, <http://orcid.org/0000-0003-2080-7947>)

Magnus Johansson (VTI, www.orcid.org/0000-0001-6520-3253)

Maria Polukarova (VTI, <http://orcid.org/0000-0003-0491-1365>)

Utgivare/Publisher

VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut
Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI)
www.vti.se/

Serie och nr/Publication No.

VTI rapport 1093

Utgivningsår/Published

2021

VTI:s diarienum/Reg. No., VTI

2020/0202-7.2

ISSN

0347-6030

Projektnamn/Project

Potential och förutsättningar för svensk sjöfarts omställning till fossilfri framdrift. / Potential and conditions for the transition of Swedish shipping to fossil-free propulsion.

Uppdragsgivare/Commissioned by

Trafikverkets Sjöfartsportfölj. / The Swedish Transport Administration – Shipping portfolio.

Språk/Language

Svenska /Swedish

Antal sidor inkl. bilagor/No. of pages incl. appendices

84

Kort sammanfattning

I rapporten sammanställs information om användningen av alternativa bränslen inom inrikes sjöfart och utrikes linjesjöfart. Med alternativa bränslen avses bränslen som inte är konventionella bränslen för maritima ändamål, vilket innefattar biobränslen, men också el, LNG och metanol. De sistnämnda bränslena är idag i varierande omfattning fossila men kan i framtiden produceras fossilfritt och bidra till minskade utsläpp av växthusgaser och luftföroreningar från sjöfartssektorn. Studien inkluderar inrikes sjöfart i Sverige samt utrikes linjesjöfart, med särskilt fokus på de fartygskategorier som står för den största andelen av bränsleanvändningen.

Utöver att beskriva användningen av alternativa bränslen samt trender för förändring av bränsleanvändningen har syftet också varit att beskriva egenskaper för sjöfarten så som rörelsemönster, längd och frekvens på rutter, för att i fortsatta studier kunna analysera potentialen till omställning till olika typer av fossilfri framdrift. Inom ramen för studien har de framtagna dataseten använts för att göra en grov uppskattning av potentialen att ersätta bränsleförbrukningen inom de fartygskategorier med högsta andelen linjesjöfart med el.

Följande datainsamlingsdelar har ingått:

- Litteratur och annan rapportering från forskningen, myndigheter och branschen kring användning av alternativa bränslen.
- Enkäter till aktörer som bedriver inrikes sjöfart samt utrikes linjesjöfart för faktisk användning av alternativa bränslen.
- Två dataset baserade på rörelsedata (AIS-data) under 2019 för fartyg inom Östersjöområdet, inklusive Skagerrak och Kattegatt, samt Shipair-modellen har tagits fram av SMHI.
- Information kring hur branschen jobbar med omställning till fossilfrihet. Detta har sammanställts baserat på en digital workshop som arrangerats inom ramen för projektet.

Resultaten visar att både för inrikes och internationell sjöfart (från Sverige till Östersjön och Västerhavet) är det ropax, tankfartyg och general cargo-fartyg som står för den största andelen av bränsleförbrukningen.

Ropax och passagerarfärjor är de fartygskategorier som enligt vår analys har störst andel linjesjöfart. Även kryssningsfartyg och biltransportfartyg har en viss andel sådan trafik.

Nyckelord

Sjöfart, alternativa bränslen, fossilfri framdrift, växthusgasutsläpp

Abstract

This study assesses information of the utilisation of alternative fuels within shipping. Alternative fuels for shipping, refers to fuels not conventionally used for maritime purposes and include biofuels, as well as electricity, LNG, and methanol. Alternative fuels are today (to varying degree) fossil-based but could, in the future, be produced from fossil free feedstocks and contribute to reducing greenhouse gas emissions and other air pollutants from shipping. This study includes Swedish domestic shipping and international (departing or arriving in Swedish ports) liner shipping.

In addition to describing the utilisation of alternative fuels and the trends in the fuel utilisation the objective is also to describe properties of the shipping, including patterns of ship movement, distances and frequency for routes, velocities etc, to be used in future studies to analyse the potential for transition to fossil free propulsion. The established datasets have also been used for making a rough estimate of the potential to replace fuel consumption by electricity within the ship categories with the highest estimated share of liner shipping.

The study includes the following data collection:

- Literature and other information from researchers, authorities and the shipping industry concerning the use of alternative fuels.
- Questionnaires to shipping companies conducting domestic shipping and international liner shipping.
- Two datasets based on ship-movement data (AIS-data) during 2019 for ships within the Baltic Sea, including Skagerrak and Kattegat, and the Shipair-model, assessed by SMHI.
- Information on how the shipping industry works with the transition towards fossil free conditions based on the summary of a digital workshop organized within the project.

The results show that for domestic and international shipping it is ropax, tanker and general cargo ships that stands for the largest shares of the fuel consumption.

According to our analysis ropaxes and passenger ferries have the highest share of liner shipping. Also, passenger cruises and vehicle carriers' categories have a certain amount of such liner shipping.

Keywords

Shipping, alternative fuels, fossil free propulsion, greenhouse gas emissions

Förord

Arbetet som presenteras i denna rapport är utfört inom ramen för projektet *Potential och förutsättningar för svensk sjöfarts omställning till fossilfri framdrift*. I rapporten redovisas resultat från arbetspaket 1 *Nulägesbeskrivning*. Kristina Holmgren (VTI, sedan 1 april 2021 RISE) är huvudförfattare och har författat merparten av rapporten. Magnus Johansson (VTI) har i huvudsak bidragit i arbetet med analyserna av dataseten som Fredrik Windmark (SMHI) har tagit fram på uppdrag av VTI. SMHI:s rapport finns i Bilaga 1. Maria Polukarova (VTI) har ansvarat för utskick och insamling av enkätsvar samt delar av litteraturgenomgången.

Resultaten har tagits fram tillsammans med projektgruppen och referensgruppen. I projektgruppen ingick utöver rapportförfattarna Lina Trosvik och Inge Vierth (VTI), Maria Grahn, Selma Brynolf, Julia Hansson och Elin Malmgren (Chalmers), Björn Andreasson och Albert Hagander (Sjöfartsverket), Fredrik Almlöv och Peter Jansson Peterberg (Färjerederiet). I referensgruppen ingick Jonas Nilsson (Kustbevakningen), Anders Werner (Skärgårdsredarna), Åsa Gren Tivelius (Trafikförvaltningen Stockholms läns landsting), Hanna Björk (Västrafik), Karin Bergenås (Trafikverket/Upphandling av Gotlandstrafik) samt Carl Fagergren (Wallenius Marine).

Ett stort tack till aktörerna som svarade på enkäten som skickades ut (se bilaga 2) och deltagarna i workshopen som projektet anordnade 22 april 2021 (se bilaga 3) samt Energimyndigheten som tillhandahöll delar av den detaljerade bränslestatistiken innan den publicerades.

Stockholm, juni 2021

Inge Vierth
Projektledare

Granskare/Examiner

Axel Merkel, VTI

De slutsatser och rekommendationer som uttrycks är författarens/författarnas egna och speglar inte nödvändigtvis myndigheten VTI:s uppfattning./The conclusions and recommendations in the report are those of the author(s) and do not necessarily reflect the views of VTI as a government agency.

Innehållsförteckning

Publikationsuppgifter – Publication Information	5
Kort sammanfattning.....	6
Abstract.....	7
Förord.....	8
Innehållsförteckning	9
1. Introduktion.....	10
1.1. Bakgrund.....	10
1.2. Syfte	10
1.3. Mål	11
1.4. Sjöfartens segment	12
1.4.1. Godstrafik	12
1.4.2. Passagerartrafik.....	12
2. Metod.....	14
2.1. Litteraturgenomgång.....	15
2.2. Enkäter kring bränsleförbrukning och mål för omställning	15
2.3. Dataset för svensk sjöfart 2019	15
2.3.1. Bränsledata och andra parametrar för olika fartygskategorier indelade i storleksklasser baserat på huvudmotorers kapacitet	16
2.3.2. Ruttdataset	19
3. Bränsleanvändning inom svensk sjöfart	23
3.1. Beskrivning av segment och bränsleanvändning inom inrikes sjöfart.....	23
3.2. Användning av alternativa bränslen i svensk sjöfart.....	24
3.2.1. Status och omställning inom inrikes sjöburen passagerartrafik.....	25
3.2.2. Omställning inom statlig sjöfart.....	28
3.2.3. Utrikes linjesjöfart	29
3.3. Alternativa bränslen enligt officiell statistik och datainsamling	30
3.3.1. Bränsleanvändningen enligt den officiella statistiken.....	31
3.3.2. Användning av alternativa bränslen baserat på enkäter.....	33
4. Beskrivning av svensk sjöfart med hjälp av AIS-data och Shipair	36
4.1. Bränsleanvändning inom olika delar och segment av svensk sjöfart – resultat och analys av bränsledataset.....	36
4.2. Specifik information för fartyg i linjetrafik – analys av ruttdataset.....	40
4.2.1. Exempelanalys - potential för helelektrifiering inom ropax och passagerarfärjor.....	44
5. Slutsatser och diskussion	49
Referenser	51
Bilaga 1 Beskrivning av den svenska fartygsflottan 2019.....	55
Bilaga 2 Enkäter till rederier	75
Bilaga 3 Sammanfattning av digital workshop 22 april 2021.....	77

1. Introduktion

För att ha möjlighet att nå det globala klimatmålet som världen enades om genom Parisavtalet, d.v.s. att ökningen av jordens medeltemperatur ska hållas klart under två grader Celsius, måste växthusgasutsläppen minskas radikalt. Detta innebär en stor utmaning för många sektorer, inte minst energisystemet och transportsektorn som domineras av fossila bränslen.

Sjöfarten transporterar ca 90 % av allt gods i den internationella handeln (Havs och vattenmyndigheten, 2018) och står idag för knappt tre procent av de globala utsläppen av växthusgaser (IMO, 2020). Sjöfartens transportarbete förväntas emellertid öka och uppskattningar i IMO:s senaste växthusgasutsläppsstudie (IMO, 2020) pekar mot att utsläppen från sjöfarten år 2050 kan komma att öka med upp till 30 procent jämfört med utsläppsnivån år 2008. I Sverige stod inrikes sjöfart år 2019 för drygt fyra procent av växthusgasutsläppen från inrikes transporter, men de utsläpp som rapporteras som internationell sjöfart från Sverige är ca 10 ggr så höga (Energimyndigheten, 2021).

Sjöfarten styrs i hög utsträckning av internationella regler och IMO, den internationella sjöfartsorganisationen, har satt som mål att sjöfarten globalt skall minska utsläppen med minst 50 procent till 2050 jämfört med nivån 2008 (IMO MEPC, 2018). På svensk nivå finns mål om att minska utsläppen av växthusgaser från inrikes transporter med 70 % till 2030.

Energieffektivisering, både genom tekniska och operationella åtgärder, kan bidra stort till att minska sjöfartens utsläpp, men att ersätta den fossila oljan som till allra största delen står för sektorns energiförsörjning kommer också att vara nödvändigt.

Denna rapport är en del i ett större projekt, med namn ”*Potential och förutsättningar för svensk sjöfarts omställning till fossilfri framdrift*” där huvudsyftet är att analysera vilka förutsättningar som finns i olika segment av den inrikes sjöfarten och utrikes linjesjöfart att ställa om till fossilfri framdrift.

Rapporten behandlar faktisk användning av alternativa bränslen för inrikes sjöfart i Sverige samt utrikes linjesjöfart och behandlar potentialen för elektrifiering för ett par segment inom inrikes sjöfart och utrikes linjesjöfart baserat på AIS-data och Shipair-modellering.

1.1. Bakgrund

I den officiella statistiken över bränslen använda inom den svenska sjöfarten angavs fram till 2019 endast tre bränslekategorier; eldningsolja 1, eldningsolja 2–5 samt diesel. Dock används också andra bränslen/energislag så som flytande naturgas (liquefied natural gas, LNG), hydrerad vegetabilisk olja (HVO), metanol, el etc., men i den tidigare statistiken framgick inte omfattningen av dessa bränslen. I den statistik som publicerades av Energimyndigheten i december 2020 (Energimyndigheten, 2020) har antalet redovisade bränslekategorier utökats och inkluderar numera för inrikes sjöfart: fossil bensen, fossil diesel, HVO, fettsyrametylestrar (fatty acid methyl esters, FAME), eldningsolja 1, eldningsolja 2–6 samt LNG. Mängden HVO, Fame och LNG anges endast för år 2019. För utrikes sjöfart ingår förutom eldningsolja 1 och eldningsolja 2–6, även LNG, dock endast för år 2019.

Inom ramen för detta projekt hade en insamling av data om bränsleanvändning från framför allt rederier med linjesjöfart (passagerartrafik i först hand) påbörjats. Till följd av den förbättrade statistiken inriktades dock insamlingen av data mot att fånga rederiers och aktörers målsättningar och mindre fokus lades vid att nå ytterligare aktörer och att få in svar på redan utskickade enkäter.

1.2. Syfte

Syftet med denna studie är att genom bättre dataunderlag kunna förstå vilka trender som finns inom sjöfartssegmentet i Sverige när det gäller övergång från traditionella fossila sjöfartsbränslen till alternativa och framför allt fossilfria bränslen. Ett syfte är också att kunna säga något om vilka

segment som har varit/är de första att ställa om, eller om det finns särskilda bränslen som är flitigt använda i vissa segment.

Utöver detta har projektet haft som syfte att ta fram data som kan ligga till grund för en uppskattning av förutsättningarna för olika segment av sjöfarten att ställa om till olika fossilfria framdrivningstekniker. Sådan data inkluderar information om bränsleförbrukning, rörelsemönster, hastigheter och rutter för olika fartygstyper. Tanken är att datamaterialet ska kunna svara på frågor som exempelvis: I vilken utsträckning rör sig fartyg efter en fast rutt eller ett fåtal urskiljbara rutter? Hur många hamnar anlöper fartyg? I vilken utsträckning går fartyg i linjetrafik? I vilken hastighet rör sig fartygen? Hur länge ligger fartyg i hamn?

Själva analysen av förutsättningarna, för användning av olika framdrivningstekniker samt andra tekniska och ekonomiska förutsättningar, kommer att göras i senare arbetspaket inom projektet och ligger inte inom ramen för denna rapport.

1.3. Mål

Målet med studien som presenteras i denna rapport är att ta fram data för användning av alternativa bränslen i inrikes sjöfart och utrikes linjesjöfart. I målet ingår att ta fram en beskrivning av trender avseende användningen och omställningen till alternativa bränslen inom dessa segment av sjöfarten.

Med alternativa bränslen avses bränslen som inte är konventionella bränslen för maritima ändamål, vilket innefattar biobränslen, men också el, LNG och metanol. De sistnämnda bränslena är idag i varierande omfattning fossila men kan i framtiden produceras fossilfritt och bidra till minskade utsläpp av växthusgaser och luftföroreningar från sjöfarten. Det ingår inte att i detalj beskriva användning av andra fossila bränslen så som olika kvaliteter (exempelvis olika svavelhalter) av HFO (tung eldningsolja), MGO (marin gasolja), gasol etcetera.

Det finns tydliga kopplingar mellan bränsleanvändning för framdrift och bränsleanvändning i hamn och ibland är det inte möjligt att skilja dessa bägge åt. Analyserna i projektet gör dock inga särskilda analyser för bränsleanvändning i hamn eller till exempel landströmsanslutning utan har fokus på bränsleanvändning för framdrift.

Med utrikes linjesjöfart avses trafik som avgår från eller ankommer till svensk hamn och som med regelbundenhet återkommer till samma hamnar och därmed går på bestämda rutter.

Följande datainsamlingsdelar ingår:

- Litteraturgenomgång – för att samla in de uppgifter som finns i litteraturen som beskriver olika aktörers övergång till alternativa bränslen samt jämförelse med officiell statistik.
- Enkäter - aktörer som bedriver inrikes sjöfart och utrikes sjöfart tillfrågas kring deras faktiska bränsleanvändning samt mål för övergång till alternativa bränslen.
- Med hjälp av rörelsebaserad information (AIS-data) och modeller (Shipair) ta fram dataset som innehåller beskrivningar av fartygskategoriernas egenskaper och bränsleförbrukning.
- Sammanställa information kring hur branschen jobbar med omställning till fossilfrihet. Detta görs genom en digital workshop som arrangeras inom ramen för projektet.

Ett mål inom projektet som inkluderats i denna rapport är att testa hur de framtagna dataseten kan användas för att uppskatta potentialen för elektrifiering inom de segment med största andelen linjetrafik. Dataseten har dock ett betydligt bredare syfte och fortsatta analyser kommer att göras inom senare delar av projektet.

1.4. Sjöfartens segment

Nedan följer en kort beskrivning om sjöfartens olika segment och specifika förutsättningar i ett svenskt perspektiv.

Sjöfarten kan delas in i segment utifrån olika kriterier; storlek på fartyg, geografisk operation (närsjöfart, oceangående sjöfart etc.), eller beroende på vad som transporteras eller i vilket syfte som fartygen används, till exempel passagerare eller gods. Under 2019 anlöpte 80 900 fartyg till svenska hamnar varav 74 % utgjordes av passagerarfartyg, färjor och kryssningsfartyg. Av de totala anlöpen kom nästan 90 % från utlandet och 10 % från annan inrikes hamn (Trafikanalys, 2020). Enligt Johansson and Jalkanen, (2016) stod ropax-fartyg (som transporterar både gods och passagerare) för 26,3 % av utsläppen, renodlade passagerarfartyg (inklusive kryssningsfartyg) för 3,3 % medan resterande fartyg (mestadels handelsfartyg) stod för 70,4 % av koldioxidutsläppen (varav tankfartyg 22,0 %, general cargo 17,4 % och containerfartyg 15,3 %) från sjöfarten i Östersjön¹.

1.4.1. Godstrafik

För den sjöfart som transporterar gods finns framför allt tre segment på den svenska marknaden; linje, tramp och industrisjöfart.

Linjetrafiken består främst av ro-ro och ropax-fartyg, färjor och containerfartyg som går på bestämda rutter enligt fast tidtabell och vanligen med samlastningsfunktion. Det som enligt Energimyndigheten (2017) skiljer ut linjesjöfarten är att den ofta är resultatet av samarbete mellan hamn och rederi och fartygen har ofta fasta kajplatser. För linjesjöfarten finns också ofta en varaktighet och långsiktighet och det är inte ovanligt att både godsägare och större transportörer är involverade i planeringen. Detta medför att en del åtgärder (inte alla) för övergång till fossilfrihet kan vara lättare att införa, till exempel blir det lättare att införa landanslutning då fartygen återkommer med hög frekvens och till samma kajplats. Även möjligheten att erbjuda alternativa bränslen till fartyg som ofta anlöper samma hamn är lättare då efterfrågan är lättare att förutse än för annan trafik och också lättare att anpassa bunkringen till specifika fartyg då lösningar inte alltid är standardiserade (Energimyndigheten, 2017).

Trampsjöfart har inte fasta rutter utan körs efter kontrakt för enskilda resor. Fartyg i trampsjöfart kan visserligen kontrakteras under längre tid men oftast går de utan tidtabell och anlöper olika hamnar.

Energimyndigheten (2017) skiljer också ut industrisjöfart som ett segment på den svenska marknaden för sjöfartsburen godstrafik. Den utgörs av fartyg som kontrolleras av lastägaren eller transportörer.

Det som vi i denna rapport har valt att definiera som linjesjöfart är sjöfart som med en minimifrekvens om 10 ggr per år går på bestämda rutter (förutbestämda hamnar) mellan ett fåtal hamnar. Detta innebär att både det som enligt Energimyndigheten (2017) definieras som linjesjöfart och det som anges som industrisjöfart kan inkluderas i linjesjöfarten. Även en viss andel av trampsjöfart (om den är kontrakterad under en längre tid och därmed går med frekvens mellan fåtal specifika hamnar) skulle kunna hamna inom ramen för linjesjöfart i detta projekt. Det viktiga i denna inledande rapport kring förutsättningar är inte den ekonomiska uppgörelseformen för sjöfarten utan de fysiska förutsättningarna. Den ekonomiska uppgörelseformen är visserligen inte obetydlig och i rapporten gör vi åtskillnad mellan kollektivtrafik, statligt ägda fartyg och statligt upphandlad sjöfart, se även avsnittet om passagerartrafik.

1.4.2. Passagerartrafik

Inom passagerartrafiken återfinns allt från stora ropax och kryssningsfartyg till mindre båtar i kollektivtrafik samt fritidsbåtar (alla fartyg med fler än tolv passagerare är enligt lagens (SFS 2019)

¹ I Östersjön inkluderas här: Egentliga Östersjön, Kattegatt, Finska viken, Bottniska Viken samt Rigabukten.

definition passagerarfartyg). Kryssningsfartyg kommer sällan (med låg frekvens) till Sverige och går inte heller alltid på samma rutter. Ropax-fartygen går oftast på linjetrafik.

Kollektivtrafiken upphandlas och i Sverige domineras den sjöburna kollektivtrafiken av den trafik som upphandlas av Region Stockholm (Waxholmsbolaget) och Västra Götalandsregionen (Västtrafik). Kollektivtrafik på vatten finns också i andra län/regioner runt om i landet, se avsnitt 3.2.1.

Staten ansvarar för färjetrafiken till och från Gotland, men också den upphandlas (av Trafikverket) och drivs i nuläget av Destination Gotland. Gotlandstrafiken utgör en stor andel av bränsleanvändningen inom inrikes sjöfart, se avsnitt 3.1.

2. Metod

För att ta fram en sammanställning över vilka alternativa bränslen som används inom inrikes sjöfart och utrikes linjesjöfart har följande metoder använts:

i) **en litteraturgenomgång** har genomförts för att se vilka alternativa bränslen som används inom svensk sjöfart och utrikes linjesjöfart och vad som finns dokumenterat. Dessutom har information hämtats från den officiella statistiken. Resultatet av detta redovisas i kapitel 3.2

ii) **enkäter med frågor kring bränsleförbrukning och mål för omställning till fossilfrihet och alternativa bränslen** skickades ut via e-post till rederier och aktörer som bedriver eller upphandlar sjöfart. Målet var att få en så bra bild av användningen av alternativa bränslen som möjligt. Urvalet gjordes enligt följande principer: täck in de segment/aktörer som har påbörjat omställningen (baserat på vad som framkommit i litteraturen), fokusera på de aktörer med störst användning först. I enkäterna efterfrågades bränsleanvändningen inom inrikes respektive utrikes trafik samt om de olika rederierna eller verksamhetsutövarna har satt upp mål för övergången till fossilfrihet. Resultaten redovisas i form av data för inrikes sjöfart respektive utrikes linjesjöfart i avsnitt 3.3.2. Mer detaljer kring urvalet och urvalets påverkan på resultatet finns i avsnitt 2.2.

iii) Enkäterna har också kompletterats med information om användning av alternativa bränslen från andra källor, till exempel rapporter och hemsidor.

För att få en uppskattning av hur bränsleförbrukningen (totala) inom inrikes sjöfart och utrikes linjesjöfart fördelar sig mellan olika fartygskategorier samt för att få en uppskattning av potentialen för elektrifiering av fartygen samt i viss utsträckning förutsättningar för annan användning av alternativa bränslen har följande metod använts:

Med hjälp av Shipair-modellen, som baseras på AIS-data från fartygstrafiken i Östersjöområdet, samt information om fartygsdatabaser har två dataset som beskriver sjötrafiken tagits fram:

- a) I det **första datasetet har bränsleförbrukningen för olika fartygstyper och storleksklasser (indelad efter huvudmotorernas kapacitet)** för inrikes sjöfart samt sjöfart som berör Sverige (d.v.s. ankommer eller avgår från svenska hamnar) beräknats. Den trafik som går utanför Sverige begränsas av Shipairs modellområde som omfattar inlandssjöfart samt Östersjön och Västerhavet (se *Figur 1*). Detta dataset utgör en uppdatering av tidigare framtaget material (Windmark 2019) som omfattade trafik i samma område under 2015. Det nu framtagna datasetet baseras på rörelsedata för år 2019.
- b) Det andra **datasetet beskriver individuella fartygs rörelser till/från svenska hamnar**. Datasetet innehåller rörelser mellan svenska hamnar och mellan svenska hamnar och utländska hamnar inom Östersjöområdet och Västerhavet. Rörelser mellan utländska hamnar ingår inte. I datasetet anges hur stor andel av ett fartygs totala trafikarbete som en rutt utgör. Detta dataset har också tagits fram med hjälp av Shipairs AIS- och fartygsdatabaser. Dataunderlaget har vidare analyserats och delats in i samma fartygskategorier och storleksklasser som dataunderlaget avseende bränsleförbrukningen. En analys av i hur stor grad linjesjöfart förekommer inom varje segment har också gjorts genom att gruppera fartygens rörelser till rörelser mellan hamnar. Även längden på fartygens rörelser har till viss del analyseras. Resultaten redovisas i avsnitt 0.

Dataseten har tagits fram av SMHI som är dem som har utvecklat SHIPAIR-modellen. I metodavsnittet 2.3 beskrivs modellen och dataseten, medan resultaten och mer detaljer återfinns i kapitel 4 och Bilaga 1. Vidare analys av dataunderlaget presenteras i denna rapport i kapitel 4, där också ett räkneexempel som uppskattar potentialen för att ersätta bränsle inom ett par fartygskategorier till 2030 genom helektrifiering. Exemplet är baserat på grova uppskattningar om vad som är tekniskt möjligt och tar inte hänsyn till specifika förutsättningar geografiskt, fartygsmässigt eller ekonomiskt.



Figur 1 Shipairs modellområde. Området inkluderar inlandssjöfart samt trafik inom Östersjön och Västerhavet (Skagerrak och Kattegatt). Källa Windmark (2021), bilaga 1 till denna rapport.

2.1. Litteraturgenomgång

Den senaste litteraturen, framför allt rapporter från myndigheter och forskare, som beskriver användning av alternativa bränslen inom svensk inrikes sjöfart och sjöfart som berör Sverige har gått igenom. Detta för att få en bild av vilken användning som finns idag och vad som kan komma att ske i det kortare tidsperspektivet.

2.2. Enkäter kring bränsleförbrukning och mål för omställning

Enkäter skickades ut via e-post till rederier och följdes upp via e-post och telefon. Urvalet av aktörer gjordes enligt principen av att vi ville täcka in de aktörer och segment av sjöfarten där vi baserat på till exempel litteraturen kände till att en viss omställning redan skett och därmed där alternativa bränslen används. Fokus riktades också mot de aktörer med största bränsleförbrukningen. Inom kollektivtrafiken inriktade vi oss på upphandlande aktörer, dels för att det potentiellt skulle få med en stor andel av bränsleförbrukningen genom ett fåtal respondenter, dels för att undvika dubbelräkning (då de rederier som bedriver den upphandlade trafiken i annat fall behöver särredovisa den del av trafiken som de bedriver på basis av upphandling). Bland de statliga aktörerna (statligt ägda fartyg eller aktörer som bedriver statligt upphandlad sjöfart) har vi täckt in de som står för den största andelen av bränsleförbrukningen (se avsnitt 3.1). Bland ropax-rederierna var tanken att skicka till samtliga av de ca 15 aktörer som bedriver färjetrafik (ropax) mellan Sverige och våra närmsta grannländer, men hann inte få ut alla innan vi fick kännedom om Energimyndighetens redan genomförda enkät och förbättrade statistik. Även för övriga rederier med tank, biltransport och annan godstrafik hann vi inte få ut alla enkäter innan vi fick kännedom om Energimyndighetens förbättrade statistik. Att göra urvalet på detta sätt kan självklart påverka utfallet så att vi missar någon aktör som nyligen gått över till annat bränsle och som inte dykt upp i litteraturen. Att vi valde att inte fullfölja enkätutskicket har framför allt påverkat täckningen inom ropax och andra godstrafik (tank, biltransporter och general cargo) och då främst i det internationella segmentet. Där är täckningen av vår enkätstudie mycket liten.

Den svenska versionen av enkäten återfinns i bilaga 2.

2.3. Dataset för svensk sjöfart 2019

SMHI har tagit fram två dataset för beskrivning av svensk sjöfart. Övergripande tillvägagångssätt beskrivs nedan. Mer detaljer återfinns i Bilaga 1.

2.3.1. Bränsledata och andra parametrar för olika fartygskategorier indelade i storleksklasser baserat på huvudmotorers kapacitet

Detta dataset, härefter benämnt som bränsledatasetet, utgör i stort sett en uppdatering av ett nästan identiskt dataset som SMHI tagit fram med hjälp av Shipair-modellen och baserat på rörelsedata (AIS-data) för år 2015 som ligger till grund för analyser i Trosvik m.fl. (2020). Det dataset som presenteras i den här föreliggande rapporten är baserat på rörelsedata för år 2019.

Om Shipair

Shipair-modellen har tagits fram och utvecklats av SMHI för att förbättra statistiken över bränsleförbrukning och utsläpp från sjöfarten i Sverige (Windmark m.fl. 2017).

Shipair-modellen baseras på AIS-data, vilket är ett globalt system som identifierar fartyg och dess rörelser. Användning av AIS är sedan 2007 obligatoriskt för fartyg i internationell trafik med en bruttodräktighet över 300 GT samt för samtliga passagerarfartyg. Shipair har sedan 2009 kontinuerligt samlat in AIS-data för Östersjön och Västerhavet genom HELCOM-samarbetet via Sjöfartsverket. Shipairs modellområde innehåller årligen ca 20 000 fartyg och mer än 10 000 fritidsbåtar.

AIS-datan består av både dynamiska data, såsom fartygens position och hastighet, samt statiska parametrar, såsom fartygens identitet, storlek och ålder. De statiska parametrarna är dock inte kvalitetssäkrade då dessa läggs in manuellt av fartygsoperatörer. Shipair använder därför primärt den dynamiska datan ifrån AIS-systemet, samt AIS-transponderns unika MMSI²-nummer och, i den mån det går, det angivna IMO-numret för att slå upp fartygs-egenskaper i externa tekniska databaser. Till dessa egenskaper hör parametrar som motorstyrka hos huvud- och hjälpmotorer, storlek och fartygstyp, designhastighet och fartygsålder. Det senaste uttaget ifrån den viktigaste tekniska databasen, IHS Fairplay, gjordes av SMHI år 2016. För fartyg som tillkommit efter det finns generellt färre kända parametrar.

Då de tekniska fartygsdatabaserna ofta kan sakna en eller flera viktiga egenskaper för ett fartyg fylls sådana i efter fartygsmallar baserade på statistik som tas fram från liknande fartyg (i samma eller liknande fartygskategori) med kända egenskaper. Vissa parametrar, som motorstyrka, skalas efter fartygets storlek, som är den parameter tillsammans med fartygskategorin som oftast är känd. Generellt kan man säga att ju större ett fartyg är, desto större är sannolikheten att dess egenskaper är kända.

För att kunna beräkna ett fartygs energibehov används fartygets hastighet (som beräknas genom avståndet som ett fartyg förflyttat sig mellan två tidssteg) i kombination med dess geografiska position; huruvida ett fartyg befinner sig i en hamn, i ett hamninlopp eller ute till havs. Ifrån detta beräknar Shipair huvudmotorernas bränsleförbrukning (som driver fartyget framåt) (Jalkanen m.fl., 2009), hjälpmotorernas bränsleförbrukning (som driver fartygets elsystem) samt bränsleförbrukningen i eventuella värmepannor (som värmer upp fartyget). Användningsgraden av huvud- och hjälpmotorer baseras på Whall m.fl. (2002) samt Dalsøren m.fl. (2009) och användningen av värmepannor baseras på Port of Los Angeles (2010) och US EPA (1999).

Shipair är i dagsläget inte anpassat för att hantera alternativa bränslen som LNG eller eldrift. Beräkningarna som presenteras i det här projektet är därför baserade på antagandet att samtliga fartyget drivs av eldningsolja. Under 2019 var det fortfarande bara ett fåtal fartyg som drevs på alternativa bränslen, men påverkan kan vara signifikant på enskilda fartygs- och motorstyrkekategorier.

² MMSI står för ”maritime mobile service identity” och är ett niosiffrigt nummer som identifierar varje fartyg vid kommunikation, till exempel i AIS.

Beräkningar med Shipair

I datasetet som beskriver bränsleförbrukning har fartygen delats in efter fartygskategori och motorstyrka. Shipair-systemet klassificerar fartyg efter StatCode5 (IHS Markit, 2017), som har använts för att dela in fartygen i kategorier enligt Tabell 1. StatCode5 beskriver varje fartyg i fem progressivt mer detaljerade nivåer; exempelvis beskriver A13A2TW en Crude/Oil Products Tanker, där A anger att fartyget är cargo carrying, A1 anger att fartyget är en tanker, A13 anger att det är en oljetanker, osv. Detta fartyg skulle därför tillhöra kategorin ”Tanker ships” (tankfartyg), som inkluderar alla StatCodes som börjar med A1. Fartygsklassificeringen är en av parametrarna som oftast är kända från de externa fartygsdatabaserna, så denna kategorisering bedöms hålla god kvalitet³.

Åtta intervall har definierats efter huvudmotorernas styrka ifrån < 1000 kW som det lägsta intervallet till > 55000 kW som det högsta. Huvudmotorernas styrka är direkt kända för ungefär 60 % av fartygen i Shipair-databasen, men fartyg inom samma StatCode5-klassificering följer ofta en tydlig relation mellan motorstyrka och gross tonnage (bruttodräktighet). Bruttodräktighet, som är känd för över 90 % av fartygen, kan därför användas för att ansätta rimliga motorstyrkor för ytterligare 30 % av fartygen. För de resterande fartygen ansätts gross tonnage ifrån statistik baserad på kända fartyg i samma fartygskategori, och därifrån sätts motorstyrkan.

Tabell 1. Fartygskategorier baserat på StatCode 5. Källa: Bearbetning av (Windmark, 2021).

Fartygstyp	Förkortning	StatCode 5	Beskrivning (enligt Statcode5)
Tankfartyg	TA	A1	Inkluderar fartyg som fraktar förvätskad gas, kemikalier, olja och andra vätskor.
Bulkfartyg	BU	A2	Inkluderar fartyg som fraktar torr bulk, torr/olja bulk, självavlastande bulk och annan torr bulk.
General cargo	CA	A31, A32, A34, A38	Inkluderar fartyg som fraktar styckegods-, passagerare/styckegods, kyllast-, och övrig torrlast.
Containerfartyg	CO	A33	Inkluderar fartyg som fraktar containers
Ropax	RP	A36	Inkluderar fordonsbärande och passagerarbärande Ro-Ro cargo
Kryssnings-fartyg	PC	A37A	Inkluderar kryssningsfartyg (Passenger cruise)
Passagerar-färjor	PF	A37B	Inkluderar passagerarfärjor (Passenger ferry)
Fiskefartyg	FI	B1	Inkluderar fartyg som fångar fisk eller annat fiske.
Servicefartyg	SS	B2, B3	Inkluderar fartyg för offshore leveranser (t.ex. supply-fartyg och kabelläggande fartyg) samt blandat (t.ex. forskningsfartyg, bogserfartyg, isbrytare och muddringsfartyg)
Biltransport-fartyg	VE	A35	Med biltransportfartyg avses de som går under beteckningen vehicle carrier och som avser ro-ro-fartyg med flera däck konstruerade för transport av tomma bilar och lastbilar.
Övriga	OT	W, X, Y, Z	Inkluderar alla övriga fartyg W (Inland waterways, X (Non-merchant ships), Y (Non-propelled ships) samt Z (Icke fartygsstrukturer)
Icke klassificerbara fartyg	Rest	-	Fartyg med okänd StatCode

Fritidsbåtar har inte varit inkluderade i analyserna eller dataunderlaget.

I Shipair delas också fartygens rörelser in i rutter (Windmark m.fl., 2017). En rutt i Shipair används för att identifiera mellan vilka länder som ett fartyg rört sig. För att en rutt ska startas eller avslutas krävs det att fartyget ligger still, för ankar eller vid kaj, inuti en så kallad destinationspolygon som finns definierad för varje land runt Östersjön. Detta betyder att ett fartyg inte nödvändigtvis behöver

³ För vissa fartygstyper kan det dock förekomma otydligheter över vilken StatCode5-kategori de tillhör. Exempelvis Trafikverkets vägfärjor klassificeras både som W12D Passenger/Ro-Ro Cargo (Inland Waterways) och som A36A Passenger/Ro-Ro Cargo (Cargo Carrying), och hamnar därför delvis under kategori Övrigt och delvis under Ropax.

stanna till i en hamn för att det ska definieras som att det besökt ett land, utan fartyg som ligger för ankar strax utanför en hamn och exempelvis bunkrar registreras också. Destinationspolygonerna är definierade relativt snävt utmed varje lands kust för att inte felaktigt fånga upp fartygstafrik som ligger till ankar utan att interagera med ett land.

Bränsledatasetet som SMHI har tagit fram anger två beräkningar för två typer av trafik:

- dels för trafik som berör Sverige⁴, som inkluderar fartyg som antingen ankommer till eller avgår från en svensk hamn, samt
- dels för inrikes trafik som inkluderar fartyg som både avgår och ankommer svensk hamn

Notera att inrikes trafiken utgör en delmängd av den nationella trafiken. Tabell 2 beskriver variablerna i datasetet som inkluderar bränsleförbrukningen från Shipair-modellen.

I studien genomförs analyser på vad vi har valt att kalla ”*internationell sjöfart*” som utgörs av trafik som antingen avgår från svensk hamn eller som ankommer till svensk hamn men som exkluderar inrikes trafik (den som både avgår och ankommer svensk hamn) och som endast rör sig inom Shipairområdet⁵. Data har då tagits fram genom att subtrahera det dataset som inkluderar inrikes trafik från datasetet med trafik som berör Sverige. Resultaten av dessa analyser samt en del andra viktiga beskrivningar redovisas i avsnitt 4.1.

Tabell 2. Beskrivning av variablerna i datasetet med bränsleförbrukning (från Shipair-modellen).

Variabel	Enhet	Beskrivning
Motorstyrka	kW	Hämtad från Shipair's fartygsdatabas. Denna variabel har delats in i åtta storleksklasser med fixa intervaller. Genomsnittligt värde inom varje klass anges.
Antal fartyg		Uppskattat med hjälp av Shipair-modellen. Totalt antal inom varje storleksklass anges.
Gross tonnage (GT)		Hämtad från Shipair's fartygsdatabas. Genomsnittligt värde inom varje storleksklass anges.
Dead weight tonnage (DWT)	long ton	Hämtad från Shipair's fartygsdatabas. Genomsnittligt värde inom varje storleksklass anges.
Ålder	år	Hämtad från Shipair's fartygsdatabas. Genomsnittligt värde inom varje storleksklass anges.
Motorstyrka huvudmotor	kW	Hämtad från Shipair's fartygsdatabas. Genomsnittligt värde inom varje storleksklass anges.
Motorstyrka hjälpmotor	kW	Hämtad från Shipair's fartygsdatabas. Genomsnittligt värde inom varje storleksklass anges.
Designhastighet	Knop	Hämtad från Shipair's fartygsdatabas. Genomsnittligt värde inom varje storleksklass anges.
Medelhastighet för cruise ^a	Knop	Uppskattad med hjälp av Shipair-modellen
Distans (seglad sträcka)	Km per år	Uppskattad med hjälp av Shipair-modellen. Totalt seglad sträcka inom Shipair-området för varje storleksklass anges
Total bränsleförbrukning (total) ^b	Ton per år	Uppskattad/beräknad med hjälp av Shipair-modellen (inkluderar bränsleförbrukning i hamn). Inkluderar all bränsleförbrukning; under färd och i hamn.
Bränsleförbrukning i hamn	Ton per år	Uppskattad/beräknad med hjälp av Shipair-modellen. Total bränsleförbrukning i hamn.
Tid i hamn	Timmar per år	Uppskattad med hjälp av Shipair-modellen. Total tid i hamn för samtliga fartyg.

^a Fartygens rörelser delas in i cruise, manövrering samt i hamn (vid kaj).

^b Total bränsleförbrukning inkluderar också bränsleförbrukningen i hamn.

För mer utförlig beskrivning hänvisas till bilaga 1 där datasetet också inkluderas i tabellform.

⁴ I bilaga 1 kallas denna trafik för nationell trafik.

⁵ Detta har vi gjort för att särskilja det från det som i statistiken kallas för utrikes sjöfart och som har en helt annan definition.

2.3.2. Ruttdataset

För att kunna identifiera fartyg i linjetrafik och för att få fram information om dessa fartygs rörelsemönster, ruttlängder etcetera, har ytterligare ett dataset tagits fram av SMHI baserat på AIS-data och fartygsdatabaser. Syftet med detta var att få beskrivningar av fartygens rörelsemönster i syfte att senare kunna göra analyser kring potentialen för att använda olika alternativa framdrivningstekniker (till exempel elektrifiering) och bränslen. Information i datasetet inkluderar längd på rutter, frekvens för rutter, hastigheter etc. I detta dataset beskrivs varje fartyg individuellt utifrån de rutter fartyget gör. Nedan beskrivs tillvägagångssättet för framtagandet av det dataset, som vi här efter benämner ruttdatasetet:

För att identifiera fartyg i linjetrafik behövs möjlighet att registrera anlöp i specifika hamnar. En sådan möjlighet, liknande den som finns för anlöp till specifika länder, finns inte i Shipair idag. Det går med modellen att avgöra om ett fartyg anlöpt hamn, men inte att urskilja individuella hamnar. Det går därför heller inte att i Shipair göra specifika beräkningar av bränsleförbrukningen för linjetrafiken.

För att få fram ett dataset med ruttspecifik information har en ny funktion utanför systemet, men fortfarande baserat på Shipairs AIS- och fartygsdatabaser, utvecklats. Med hjälp av denna funktion har ruttinformation på fartygsnivå för år 2019 tagits fram. I listan anges för varje fartyg dess egenskaper, vilka rörelser fartyget gjort där ett stopp i svensk hamn finns med och statistik för varje rutt.

I den nya metodiken extraheras för varje fartyg en tidsserie ifrån Shipair-databasen av dess rörelser under 2019 med fem-minuters-upplösning. Tidsserien innehåller information om fartygets position, dess driftstatus (cruise, manövrering, still vid kaj, för ankar) och start- och slutland för den aktuella ruten.

Baserat på ovanstående data delas sedan tidsserien in i rutter som avgränsas av när fartygen antingen legat still i en hamn (vilka finns definierade i Shipair för hela modellområdet) eller om signalen bryts eller dyker upp utanför någon hamn. Dessa positioner kategoriseras sedan för varje enskilt fartyg enligt en hierarkisk klustringsmetod. För hamnbesök görs klustringen inom ett avstånd på 1 000 meter, och för fallen utanför hamnområden görs det inom ett avstånd på 10 000 meter. Varje sådant kluster representeras av medelkoordinater bland alla dess anlöpspositioner. Eftersom den här indelningen görs fartygsvis går det inte att ta fram gemensamma medelkoordinater för varje hamn, utan två fartyg som besöker samma hamn kan få olika medelkoordinater beroende på vilka kajer de besökt.

För kluster utanför hamnar görs en indelning i sådana som dyker upp eller försvinner vid modellområdets utkant (vilket markerar fartyg som kommer ifrån eller är på väg till destinationer utanför Östersjön och Västerhavet – kallas ”ext” i datasetet) eller sådana som uppträder inom modellområdet (vilket betecknar fartyg där AIS-signalen gått förlorad, och där vi då inte har all information om hur fartygets rutt ska klassificeras – kallas ”lost” i datasetet).

Genom den här metodiken går det därmed att för exempelvis ett fartyg i regelbunden trafik mellan Stockholm, Mariehamn och Helsingfors dela in dess rörelser i rutterna Stockholm-Mariehamn, Mariehamn- Helsingfors, Helsingfors-Stockholm, osv. Ovanstående rutter kan sedan beskrivas genom exempelvis antalet resor, ruttens medellängd, medelrestid, medelhastighet och ruttens geografiska sträckning (Sverige-utrikes, utrikesutrikes, utrikes-Sverige, osv.). För en beskrivning av alla parametrar som tas fram i listan, se Tabell 3 och Tabell 4.

Tabell 3. Statiska parametrar i ruttdatasetet (från AIS- eller andra databaser), hämtat från Windmark (2021) (bilaga 1 i denna rapport).

Variabel	Beskrivning
Mmsi-nummer	Specifikt nummer kopplat till AIS-sändaren ² .
IMO-nummer	Fartygsspecifikt nummer. Fartyget kan byta namn, men IMO-numret byts inte
Name	Fartygsnamn
Owner	Fartygsägare
StatCode5	Klassificeringskod
Gross tonnage	Bruttodräktighet
Dead weight	Dödviktstonnage
Main engine power	Huvudmotorstyrka [kW]
Design speed	Designhastighet, fartygets teoretiska hastighet vid motorns maximala effekt [knop]

Tabell 4 Beräknade parametrar i ruttdatasetet, hämtat från Windmark (2021) (bilaga 1 i denna rapport)

Variabel	Enhet	Beskrivning
Median speed_c	Knop	Fartygets medianhastighet i cruise sett över dess totala rörelser över hela året.
Travelled distance	km	Fartygets totala seglade distans i Shipair-området (se Figur 1) under hela året (för alla rutter, även de som inte inkluderar Sverige).
Frac travelled dom	km	Andelen av fartygets totala seglade distans (inom Shipair-området) under hela året som gjorts i inrikestrafik.
Type		Ruttens geografiska sträckning, och anger geografisk belägenhet på starthamn-sluthamn. "Swe" är svensk hamn, "baltic" är utländsk hamn i modellområdet (även Västerhavet) och "ext" är när fartyget har lämnat modellområdet och slutdestinationen är okänd. Type är riktningsberoende, åtskillnad görs mellan "swe-baltic" och "baltic-swe". Notera att det finns ett tillägg med "Lost" som betecknar de gånger som AIS-signalen tappats bort och fartygets rörelser inte kunnat interpoleras.
Route distance	km	Medelavståndet som fartyget färdats mellan under ruttan. Det är riktningsberoende, så rutterna "1_2" och "2_1" skulle kunna ha olika avstånd om färdsträckningen är annorlunda
Travel time	timmar	Är fartygets genomsnittliga restid för ruttan (tid i hamn ej inräknad).
Vmax_c	Knop	Är 99-percentilen på hastigheten i cruise för den specifika ruttan, d.v.s. den hastighet som 99 % av de observerade hastigheterna ligger i under cruise-delen av fartygens färd.
Vperc90_c	Knop	90-percentilen på hastigheten i cruise för den specifika ruttan, d.v.s. den hastighet som 90 % av de observerade hastigheterna i cruise ligger under.
Vmedian_c	Knop	Är fartygets medianhastighet i cruise för den specifika ruttan
Vmean_c	Knop	Är fartygets medelhastighet i cruise för den specifika ruttan. Notera att cruise-delen inkluderar den del då fartyget precis lämnat hamnen och navigerar/accelererar mot marschhastigheten.
Vmean_m	Knop	Fartygets medelhastighet i manövreringsläge (som görs i områden i och omkring hamnar som manuellt markerats ut i Shipair-systemet)
Port time	timmar	I ruttdatasetet är port time mediantiden i hamn för en specifik rutt. Tiden i hamn inkluderar tiden i avgångshamnen.

Notera att tekniken för ruttindelning skiljer sig något mellan Shipair-systemet och den nya metodiken. Den nya metodiken är i vissa avseenden något striktare för att undvika påverkan ifrån felaktigheter i AIS-data, och i vissa avseenden något mer inkluderande för att kunna fånga upp fartyg som lämnar modellområdet. Listan med ruttinformation är inte heller komplett och inkluderar bara de viktigaste rutterna för varje fartyg (se avgränsning i nästa stycke), så om ett fartyg bara gör en enstaka inrikes rutt är det möjligt att den inte tagits med i listan. Detta leder till att antalet fartyg skiljer sig något åt mellan listan med ruttinformation på fartygsnivå jämfört med tabellerna ifrån Shipair-beräkningarna i bränsledatasetet. På grund av att Shipairs definition av rutter och svenska anlöp skiljer sig åt mot andra metoder så kan det också skilja sig åt mot exempelvis Trafikanalys hamnstatistik.

I ruttdatasetet finns rutter A till J sorterade efter `frac_travelled` som är totala seglade sträckan på en viss rutt delat på fartygets totala seglade sträcka inom Shipair-området (*Figur 1*). Rutterna är sorterade efter totala seglade sträckan på varje rutt, och i listan inkluderas rutter upp tills den ackumulerade distansen överstiger 90 % av totala seglade sträckan eller max 10 rutter. Det är därför möjligt att fartyg som bara gjort en eller ett fåtal rutter i inrikes trafik inte registreras som inrikes eftersom andelen seglad sträcka inte varit tillräckligt betydelsefull. ”1_2” innebär att rutten gått från hamn 1 till hamn 2. Det framgår inte vilka hamnar det gäller, men koordinater för varje hamn redovisas. För varje fartyg har alla rutter som inte involverat svensk hamn sorterats bort.

Flera anlöp har `type = "1_1"`. Det kommer sig av att en del fartyg, oftast vägfärjor och små passagerarfärjor, gör så korta stopp att modellen inte registrerar dessa som stopp. Shipair sparar tiden med femminuters-intervall, så om ett fartyg kommer och går inom tio minuter är det möjligt att stoppet inte blir registrerat. Detta påverkar alla parametrar för rutten, som *route distance*, *travel time*, *port time*, etc.

Vidare analyser av ruttdatasetet

De bearbetningar och analyser av ruttdatasetet som har gjorts i den inledande fasen av detta projekt och som redovisas i denna rapport har i första hand försökt besvara frågan om hur vanligt det är det inom olika fartygskategorier att man kör på linjetrafik? Det är vanligt inom kategorierna ropax och passagerarfärjor, men hur vanligt är det inom andra kategorier?

Med linjetrafik avses i detta projekt att en eller ett par sträckor dominerar fartygets rörelsemönster och att man kör dessa med en minimifrekvens om 10 ggr per år. Ett sådant rörelsemönster kan underlätta till exempel elektrifiering med laddning in hamn., men kan även underlätta bunkring av alternativa bränslen.

Följande analyser och bearbetningar av det ruttdataset som SMHI tagit fram har genomförts:

Datasetet som var givet för varje specifikt fartyg delades in med hjälp av StatCode 5 i samma fartygskategorier som bränsledatasetet, se Tabell 1.

Indelningen i fartygskategorier krävde en del handpåläggning då det fanns en del fartyg i datasetet där StatCode 5 saknades eller var ofullständig. Eftersom fartygen är identifierade med IMO-nummer eller MMSI-nummer går det oftast att söka reda på dem individuellt och få mer information om vilken typ av fartyg det är. Detta blir ändock i vissa fall godtyckligt då kategoriseringen ibland gjorts på basis av en bild av fartyget.

För att kunna analysera linjetrafiken i de olika fartygskategorierna aggregerades också rutterna till **linjer**, d.v.s. rörelser i bägge riktningar mellan två ”stopp-positioner”. I det ursprungliga datamaterialet är informationen uppdelad i rörelser mellan en startkoordinat och en målkoordinat som indelats i ej namngivna hamnområden som numreras som hamn 1, hamn 2, etc. Ett skäl för att aggregera rutterna till linjer är att delar av datamaterialet skiljer ut kajplatser inom ett hamnområde (hamn 1 och hamn 2 kan egentligen vara två kajplatser inom samma hamn), så att en rörelse mellan två hamnar i materialet kan bli uppdelat i flera relationer (kaj 1 i hamn A till kaj 1 i hamn B, kaj 1 i

hamn A till kaj 2 i hamn B etc.). Genom att aggregera rutterna till linjer som innefattar flöden i båda riktningarna mellan två stoppositioner reduceras riskerna med detta problem.

Ett alternativt tillvägagångssätt för att hantera problem detta problem skulle vara att koppla de medföljande koordinaterna till hamnar, vilket tyvärr inte hunnits med under denna inledande fas av projektet. För en studie av linjetrafik, med ovan beskrivna tillvägagångssätt, bedömdes också vinsterna av en sådan process som små.

När rutterna var aggregerade till linjer gjordes ett urval i datasetet för att analysera hur vanligt linjetrafik är. Initialt satte vi gränsen för urvalet vid att linjen måste utgöra minst 30 procent av fartygets totalt seglade kilometer (inom Shipairområdet) och antalet rörelser längs linjen fler än 10 per år. Begränsningen om en frekvens på minst 10 ggr per år sattes för att undvika att få med ett stort antal fartyg som endast kör ett fåtal gånger och väldigt lite i Shipair-området. Valet att sätta en gräns vid 30 % baserades på att fartyget skulle rör sig i huvudsak längs ett fåtal linjer. En känslighetsanalys gjordes också där gränsen sattes vid 20 respektive 25 procent.

Den utvalda delmängden har sedan studerats mer i detalj: vi har analyserat hur linjerna fördelar sig mellan de olika fartygskategorierna. För de kategorier med det största antalet utvalda linjer har vi också gjort en analys av hur det fördelar sig mellan de olika storleksklasserna (avseende motorstyrka). Resultaten av de vidare analyserna av urvalen redovisas i avsnitt 0.

Exempelberäkning för mängd bränsle som skulle kunna ersättas genom helelektrifiering till 2030

Genom att jämföra informationen om den seglade sträckan på linjerna och av de utsorterade fartygen för de olika storleksklasserna för respektive fartygskategori med data i bränsledatasetet har vi också gjort en grov uppskattning av hur stor andel (potentiellt) av bränsleförbrukningen som skulle kunna ersättas genom el som laddas i hamn. Detta skall dock endast ses som ett exempel på vad man skulle kunna använda datasetet för och inte som ett väl underbyggt resultat.

3. Bränsleanvändning inom svensk sjöfart

I detta kapitel beskrivs olika aspekter och data angående bränsleanvändningen i svensk inrikes sjöfart samt utrikes sjöfart med fokus på utrikes linjesjöfart. Kapitlet inleds med en sammanfattning av vad som i litteraturen är beskrivet kring användningen av alternativa bränslen inom svensk inrikes sjöfart och utrikes linjesjöfart. I beskrivningen ingår till viss del också planer för ökad användning av alternativa bränslen som beskrivs i litteraturen. Därefter följer en sammanfattning av vad som finns i den officiella statistiken samt resultat från den datainsamling som har gjorts i projektet via enkäter och resultat från AIS-data och Shipairmodellen. Kapitlet inleds av en mycket kort beskrivning av användningen av alternativa bränslen inom sjöfarten internationellt sett.

Användning av alternativa bränslen inom sjöfarten i ett internationellt perspektiv

Enligt Chryssakis, (2021) går mindre än en procent av världens fartyg på alternativa bränslen. Under 2020 utgjordes dock fartyg med drift baserat på alternativa bränslen 22 % av alla beställningar på nya fartyg. I Tabell 5 anges andelen alternativa bränslen som används inom sjöfarten idag och i hur stor utsträckning nya fartyg byggs för alternativa bränslen.

Tabell 5 Användning av alternativa bränslen inom sjöfarten globalt under 2019 (andel av totala antalet fartyg) samt för beställda fartyg under första halvåret 2020. Källa: (Chryssakis, 2021)

Alternativt sjöfartsbränsle	Andel av fartygen i drift 2019 [%]	Andel av beställda fartyg (data för första halvåret 2020) [%]
LNG	0,16	4,52
Batterier	0,22	3,99
Metanol	0,01	0,47
Ammoniak		0,02
Vätgas		0,06
LPG		0,67
Totalt	0,39	9,74

Chryssakis, (2021) anger att största andelen av de fartyg som idag använder LNG utgörs av passagerarfärjor/ropax men bland nybeställningar är ökningen klart störst bland oljetankers och andra tankfartyg samt containerfartyg. Även bland kryssningsfartyg finns många nybeställningar med LNG som bränsle. Bland de batteridrivna fartygen finns både de som är hybrider, plugin-hybrider samt helelektriska. Den klart största andelen (51 %) är hybrider, medan plugin-hybrider och helelektriska utgör drygt 20 % vardera av fartygen med batterier (Chryssakis, 2020). Enligt JRC och DG Mobility and Transport, (2020) var över 50 % av fartygen med batteriinstallationer år 2019 passagerarfärjor. Minst en tredjedel av alla fartyg med batteriinstallationer seglar på norska farvatten.

DNV GL visar också i sin analys att ett fartygs lönsamhet sett över hela livstiden verkar öka om man vid beställningen lägger mer pengar på energieffektivitet och minskade koldioxidutsläpp än vad som är standard (Endresen m.fl. 2018).

3.1. Beskrivning av segment och bränsleanvändning inom inrikes sjöfart

Enligt Trosvik m.fl. (2020) domineras bränsleanvändningen inom både inrikes och utrikes sjöfart av Ropax-segmentet d.v.s. fartyg som tar både passagerare och gods och som oftast går i linjesjöfart. I den inrikes sjöfarten uppges ropax och passagerarfärjor stå för 48 % av bränsleförbrukningen i den inrikes trafiken, följt av tankfartyg som står för 18 %. Även i den internationella trafiken är det dessa fartygskategorier som enligt Trosvik m.fl. (2020) stod för den största andelen av bränsleförbrukningen. Trosviks uppgifter baseras på det tidigare datasetet framtaget av Windmark (2019) enligt samma principer som beskrivits här, men för år 2015.

De inrikes ropax-fartygens bränsleförbrukning är starkt dominerad av Gotlandstrafiken, som till största delen är statligt upphandlad trafik mellan fastlandet och Gotland (Region Gotland, 2021). För den internationella trafiken är det dominerat av (med bränsleförbrukningen som basis) linjesjöfart mellan Sverige och våra närmsta grannländer; Danmark, Finland, Tyskland, Estland, Lettland, Polen och Norge.

I den officiella statistiken över sjöfartens bränsleanvändning fanns fram till slutet av år 2020 inga uppgifter om användning av alternativa bränslen. De bränslekategorier som inkluderades i statistiken omfattade diesel, eldningsolja 1 samt eldningsolja 2–6. I den senaste uppdateringen av bränslestatistiken för år 2019 (Energimyndigheten, 2021, 2020) inkluderas nu fler bränslekategorier, se kapitel 3.3.1 för en detaljerad beskrivning av den officiella statistiken.

Baserat på vår sammanställning utgörs bränsleanvändningen i den inrikes sjöfarten till nästan 50 % (se avsnitt 3.3.2) av statligt drivna eller upphandlade fartyg. Gotlandstrafiken som upphandlas av Trafikverket utgör den enskilt största andelen och svarar för ca 35 % av den inrikes sjöfartens bränsleanvändningen. Andra stora statliga aktörer är Trafikverket Färjerederiet, Sjöfartsverket, och Kustbevakningen. Kollektivtrafik till sjöss svarar för ca 7 % av bränsleförbrukningen inom den inrikes sjöfarten och domineras stort av två upphandlande aktörer; Västtrafik och Region Stockholm.

3.2. Användning av alternativa bränslen i svensk sjöfart

Under 2017 togs en myndighetsgemensam strategisk plan för omställning till fossilfri transportsektor fram. I en underlagsrapport till den myndighetsgemensamma planen kring sjöfartens omställning till fossilfrihet (Energimyndigheten 2017) anger Jivén m.fl., (2016) att de alternativa bränslen som används inom sjöfarten då (2016) utgjordes av LNG och i liten utsträckning av metanol och el. Som drivkraft för övergången till LNG skriver man att det främst är de nya SECA-reglerna (utsläppsbegränsningar för svavel från sjöfarten) som gjort lågsvavlig olja till ett bränsle som är dyrare än LNG samt den norska NOx-fonden⁶. som bidragit till konvertering till LNG-drift och nybyggnation av fartyg. Man ser en stark trend för LNG som drivmedel för sjöfarten framöver där bränslepris och hårdare miljökrav (NOx och svavel) också bidrar. När det gäller användning av metanol anger Jivén m.fl. (2016) att det då (2016) pågick försöksverksamhet och att Stena Germanica (ropaxfartyg som trafikerar Göteborg-Kiel) har konverterats till delvis metanoldrift. Än idag (2021) går Stena Germanica på denna rutt och använder metanol för framdrift. Metanoldrift har också testats av Sjöfartsverket för användning i en för ändamålet konverterad lotsbåt med ottomotor. Sjöfartsverket planerar ytterligare tester med metanol i fartygsmotorer, men nu i dieselmotorer (Andreasson m.fl. 2021). Energimyndigheten (2017) nämner också att det pågår konvertering av två färjor till batterielektrisk drift. Detta utgörs av Forseas fartyg Aurora och Tycho Brahe som går på sträckan Helsingborg – Helsingör och som sedan november 2018 körs med batterielektrisk drift.

I övrigt anger Energimyndigheten (2017) att användningen av förnybara drivmedel inom sjöfarten är mycket begränsad och tillgång på förnybara drivmedel för internationell sjöfart förväntas förbli låg även inom en överskådlig framtid, om inte kraftfulla åtgärder vidtas.

I Hägg m.fl. (2018) beskrivs nuläget för elektrifiering inom sjöfarten och de segment där man infört elektrifiering är sådana där fartyg opererar med mycket varierande effektbehov. Liksom JRC (2020) pekar man mot att det är passagerarfartyg, framför allt i Norge, men också några exempel i Sverige som har elektrifierats. Andra segment med inslag av elektrifiering inkluderar off-shore industrin, bogserbåtar där batterihybridisering gör att moment som dynamisk positionering mer effektiv. Hägg m.fl. (2018) ser också att det pågår flertalet projekt där elektrifieringen breddas till att inkludera ropax-färjor, inlands-sjöfart och containertrafik.

⁶ Fonden startade 2008 som ett frivilligt alternativ till den obligatoriska NOx-skatt som infördes i Norge 2007.

Bakhtov (2019) beskriver förutsättningar och initiativ för användning av alternativa sjöfartsbränslen inom Östersjöregionen, och anger särskilt att det finns ett stort intresse för LNG från svensk sjöfart och svensk industri. Bunkringsmöjligheter för LNG utvecklas enligt Bakhtov (2019) i följande *core ports* i Sverige: Göteborg, Luleå, Stockholm, Malmö/Köpenhamn och Trelleborg, i enlighet med Direktiv 2014/94/EU (Directive 2014/94/EU (2014)). Bakhtov (2019) sammanställer också de svenska hamnar som har möjlighet till landanslutning för anlöpande fartyg. Utöver redan nämnda initiativ till användning av alternativa bränslen i svensk sjöfart nämner Bakhtov (2019) att det finns flertalet svenska rederier (Furetank rederi AB, Rederi AB Älvtank och Thuntanks som har flertalet beställda LNG-fartyg att ta i bruk under 2018–2019 och framöver.

Winnes m.fl. (2019) har med fokus på tanksjöfarten undersökt möjligheten att använda biobränslen inom sjöfarten. Man kommer fram till att det endast finns mindre tekniska och logistiska hinder för att använda HVO och LBG, men de ekonomiska hindren är större (högre kostnader). Kostnaderna för övergång till Fame är inte lika stora som för HVO och LBG, men där har användningen hittills varit förknippad med tekniska problem. Man påpekar också att produktionen av biobränslen måste öka avsevärt för att kunna täcka sjöfartens behov. Studien visar också, för tankfartygen, att de kvantifierade ökade transportkostnaderna är mindre än de undvikta externa kostnaderna till följd av minskade utsläpp av växthusgaser, kväveoxider (NO_x), svavel (SO_x) och partiklar (Winnes m.fl., 2019).

3.2.1. Status och omställning inom inrikes sjöburen passagerartrafik

Enligt Transportstyrelsens kartläggning av kollektivtrafik på vatten (Schagerström Melin och Tersmeden, 2015) är Stockholms län, Västra Götalands län och Gotlands län de aktörer som bedriver den mest omfattande trafiken, mätt i körd sträcka på vatten, i Sverige. Tittar man på använd mängd bränsle dominerar Gotlandstrafiken överlägset. Även Trafikverket Färjerederiet bedriver sjöburen passagerartrafik i form av vägfärjor.

Gotlandstrafiken

På uppdrag av svenska staten bedriver Destination Gotland färjetrafik mellan Visby, Nynäshamn och Oskarshamn. Nuvarande avtal med Trafikverket gäller fram till 31 januari 2027 (Destination Gotland, 2021). Baserat på underlaget (bränsledatasetet) från SMHI står Gotlandstrafiken för 37 % av den totala bränsleförbrukningen från inrikes sjöfarten i Sverige och baserat på rapporterade data kring bränsleförbrukning till MRV⁷ samt jämfört med den officiella statistiken svarar Gotlandstrafiken för ca 35 % av bränsleanvändningen i inrikes sjöfart.

Enligt Jonsson m.fl. (2019) har Destination Gotland inte satt upp egna mål gällande framtida bränsleförbrukning, men de kommer troligen att påverkas av Trafikverkets mål om fossilfrihet till 2030 med tanke på att merparten av trafiken är upphandlad av Trafikverket. Jonsson m.fl. (2019) uppger även att Trafikverket på kort sikt ser HVO och LNG som de mest troliga bränslealternativen att använda inom Gotlandstrafiken. HVO ses dock inte som en långsiktig lösning, delvis på grund av osäkerheterna kring tillgången. På längre sikt ser de metanol och etanol som mer troliga bränslen. Att övergå till eldrift anses som högst osannolikt, då kapaciteten på dagens batterier är för låg (Jonsson m.fl., 2019).

Även Energimyndigheten (2019) uppmärksammar att Gotlandstrafiken står för en stor andel av koldioxidutsläppen i inrikes sjöfart. I och med att den upphandlas av staten menar Energimyndigheten, (2019) att det kan finnas möjlighet att påverka fartygens miljöprestanda i större utsträckning än för fartyg i kommersiell drift.

⁷ MRV står för Monitoring Reporting and verification of CO₂ from marine transport och är en EU-förordning enligt vilken alla fartyg inom EU med som är större än 5000 GT (gross tonnage) skall rapportera bland annat bränsleförbrukning och koldioxidutsläpp.

Under 2019 hade Destination Gotland tre fartygstyper i Gotlandstrafiken, de två nyaste fartygen (M/S Gotland (f.d. Thjelvar)⁸ och M/S Visborg) drivs med naturgas (LNG). Under våren 2020 har även biogas (LBG) börjat blandas in i liten skala (1 %) för att minska klimatavtrycket. Från och med februari 2021 blandas 10 % LBG in i de bägge fartygens LNG-tankar.

Trafikverket Färjerederiet

Färjerederiet är det bolag som driver Trafikverkets vägfärjor. År 2017 ansvarade man för 41 färjeleder, hade 70 fartyg och gjorde ca 1 miljon anlöp (Färjerederiet, 2017). Färjerederiet har tagit fram en arbetsplan, Vision 45, för hur man skall nå målet med fossilfri drift till 2045. Planen uppdateras årligen och har som främsta syfte att säkerställa tillgång på effektiva och miljövänliga vägtrafikfärjor fram till år 2045 (Pöldma, 2019). Enligt Pöldma (2018) är målet att nå en reduktion av utsläppen av växthusgaser om 90–100 % till år 2045 (oklart vilket jämförelseår man har, troligtvis dock 2010 som är det som finns i klimatomålen) och man har satt upp ett antal delmål under vägen. I planen ingår nybyggnationer, konverteringar av fartygens drivlinor, byte till miljövänligt bränsle samt utfasning av fartyg. Huvudinriktningen för omställningen är att Färjerederiets färjor ska förses med elektrisk framdrivning med batterier, eller för linfärjor helelektrisk drift med kabel. Andra alternativ är laddhybrid, etanol, biometanol, biogas, bränsleceller och HVO. Ett annat förslag i Vision 45 är att ersätta frigående färjor med linfärjor där så är möjligt (linfärjor minskar generellt energibehovet med cirka 50 procent jämfört med en frigående färja) (Eklöf och Edling Hansson, 2019).

Jonsson m.fl. (2019) uppskattar att Trafikverkets färjor förbrukar totalt 117 540 MWh diesel med viss inblandning av HVO. Enligt (Hjalmarsson, 2018) körs Hönöleden, som är Färjerederiets största färjeled (står för drygt 16 % av bränsleförbrukningen för Färjerederiets trafik (Hjalmarsson, 2018) sedan september 2017 på 100 procent HVO. Inom ramen för Vision 45 har linjefärjor byggts om till elektrisk drift på 7 färjeleder (Färjerederiet, 2020a); Hamburgsundsleden, Malöleden, Kornhallsleden, Lyrleden, Ängöleden, Kastelletleden och Stegeborgsleden. Enligt Färjerederiet (2020) och Trafikverket (2018) planeras fler av Trafikverkets färjor att uppgraderas till HVO/eldrift. Elektrifiering av Ljusteröleden och Värmdöleden pågår (Färjerederiet, 2020b). År 2019 togs den första frigående laddhybridfärjan Tellus i drift av Färjerederiet på Gullmarsleden.

I sin inriktningsplan (Pöldma, 2018) har Färjerederiet också gjort en bedömning av olika alternativ för omställning av sina fartyg till fossilfrihet där flera olika parametrar inkluderas, så som hur mycket utsläppen av andra luftföroreningar samt buller minskar, tillgång på bränslen, kostnader etc. Enligt denna bedömning är batteri eller hybridelektrisk drift samt eldrift med landkabel de alternativ som resulterar i störst positiv miljöeffekt samtidigt som det genererar minst andra problem eller osäkerheter.

Kollektivtrafik på vatten

När det gäller att analysera potentialen för omställning till fossilfrihet för kollektivtrafik på vatten finns en del studier och initiativ, t.ex. *Fossilfri kollektivtrafik på vatten – Förstudie kring hinder och möjligheter för färjor med hög miljöprestanda*” Jivén m.fl. (2020). Jivén m.fl. (2020) drar slutsatsen att för kortare sträckor är det inte drivmedlet/framdriften som utgör den avgörande delen för totalkostnaden för ett fartyg – utan snarare kapitalkostnaden för fartyget samt personalkostnaden. Man kommer också fram till att möjligheten till snabbbladdning är mycket viktigt då detta kan medföra ett betydligt lägre behov av batterikapacitet, vilket minskar både investeringskostnaden och vikten på fartygen.

⁸ Enligt rapporterade data till MRV gick Thjelvar inte i trafik under 2019. Enligt uppgift byggdes fartyget under 2019 och levererades i december 2019.

Man har också kommit fram till att det finns betydande svårigheter att få till laddinfrastruktur på grund av att det är andra aktörer än de som driver fartygen som äger bryggor och mark och kanske inte har samma prioritet för omställning. För snabbbladdning har begränsningar legat i vilken teknik som finns tillgänglig, men utbudet ökar (Jivén m.fl. 2020).

Enligt vår egen sammanställning (se 3.3.2) svarar kollektivtrafiken på vatten för ca 7 procent av bränsleanvändningen i inrikes sjöfart. De största aktörerna är Region Stockholm och Västtrafik, men kollektivtrafik på vatten bedrivs även i andra län såsom: Blekinge län, Norrbottens län, Östergötlands län, Södermanlands län, Jönköpings län, Kalmar län och Skåne län, men den totala körsträckan för fartyg som opererar passagerartrafik i dessa län är liten (Schagerström-Melin och Tersmeden 2015) De två regioner med omfattande vattenburen kollektivtrafik Västra Götaland och Region Stockholm har strategier för hur en omställning skall ske (Stockholms Hamn, 2017).

Nedan följer en kortare sammanställning över kollektivtrafik på vatten i som upphandlas av Region Stockholm och Västra Götalands län.

Kollektiv trafik på vatten i Region Stockholm

Region Stockholm (tidigare Stockholms läns landsting) ansvarar för den kollektiva landstings-subventionerade sjötrafiken i Stockholms skärgård. Enligt (Jonsson m.fl. 2019) bedrivs trafiken genom Waxholmsbolaget (Waxholms Ångfartyg AB, WÅAB) som ägs av Region Stockholm.

Trafikentreprenörer för WÅAB år 2019 var Blidöundsbolaget AB, Skärgårdsbolaget, Utö Rederi AB, Ressel Rederi AB och Strömme Kanalbolag (Jonsson m.fl. 2019). Numera körs WÅABs båtar av Blidöundsbolaget, Madam Rederi, SeaCab, Ingmarsö Sjötjänst, SvischAir och Ressel Rederi (Waxholmsbolaget, 2021). Den totala genomsnittliga årliga bränsleförbrukningen för skärgårdstrafik och pendelbåtar i Stockholm under perioden 2011–2017 uppskattades till mellan 77 181 och 76 795 MWh, där mellan 4 och 16 procent utgjordes av förnybara bränslen RME och HVO (Trafikförvaltningen, 2020). År 2016–2017 övergick Region Stockholms sjötrafik från RME till HVO, vilket har möjliggjort en ökning av sjötrafikens användning av förnybara drivmedel från 4 till 17 procent. Enligt (Trafikförvaltningen, 2020) användes ingen el (för framdrift) inom skärgårdstrafik och pendelbåtar före år 2018.

Region Stockholm har satt som mål att 50 procent av sjötrafiken år 2020 ska drivas med förnybara drivmedel. Detta mål uppnåddes under sommaren 2020. För år 2030 är regionens mål att all sjötrafik skall drivas fossilfritt (Region Stockholm, 2021). På kort sikt satsar WÅAB på HVO och elektrifiering av vissa sträckor. Enligt den information som WÅAB presenterade vid workshopen (arrangerad inom ramen för detta projekt) den 22 april (se bilaga 3) så är målet att under 2021 kunna köra på 50 % HVO, och att till 2022 kunna utöka till hela 90 % HVO för sjötrafiken.

Kollektivtrafik på vatten i Västra Götalands län

Västtrafik upphandlar merparten av skärgårdstrafiken och annan trafik på vatten i Göteborg. År 2018 utfördes den av Västtrafik upphandlade kollektivtrafiken av åtta företag (Styrsöbolaget, Öckerö, Gunnar båttrafik, Kärringö-trafiken, Tjörn, Dejlig Cruise, Koster Marin och Dyngö sjötaxi). Styrsöbolaget stod för den största delen av trafiken, 59 procent av timmarna och 74 procent av bränsleförbrukningen (WSP, 2018). Enligt Jonsson m.fl. (2019) var den totala bränsleförbrukningen för de fartyg som var registrerade i Västtrafiks databas år 2017 ca 43 800 MWh. Enligt WSP (2018) utgjordes merparten av detta av fossil dieselolja. Enligt Jonsson m.fl. (2019) drivs Styrsöbolagets båtar med diesel med 10 % inblandning av HVO. Sedan 2015 hyr Styrsöbolaget två fartyg (Älveli och Älvfrida) som har dieselelektrisk drift och som går i trafik över Göta Älv. Sedan 2019 kör även en elhybridfärja (Elvy) över Göta älv. Denna färja är utrustad med ett batteri på 1,008 MWh (SSPA, 2019).

Västtrafik har som mål att enbart förnybar energi användas ska inom kollektivtrafiken 2030, oavsett trafikslag (Västra Götalandsregionen, 2018). Omställningen planeras bland annat att genomföras genom elektrifiering, och man har satt ett mål om minst 25 % elektrifiering till 2025. Enligt Björk (pers. kom 2019-09-30) innebär en övergång till eldrift en högre investeringskostnad, men lägre kostnader för energi och underhåll. Båttrafik som inte kan elektrifieras ska drivas på flytande biodrivmedel (Västtrafik, 2019). Västtrafik jobbar också (tillsammans med andra berörda aktörer) specifikt med projektet ElectriCity Göteborg (<https://www.electricitygoteborg.se/>) som startats med målet att främja en elektrifiering av kollektivtrafiken. Nu pågår inom projektet också arbete med att ta fram en demonstrationsarena för test av eldrift i färjor för pendeltrafik. Västtrafiks nu gällande upphandlingsavtal går ut i december 2021, och kan som längst förlängas till 2025. I nästa upphandling kan skarpa krav på eldrift ställas.

Västtrafik har låtit göra en utredning om potentialen för elektrifiering av färjetrafiken där samtliga sträckor har analyserats i detalj. Analysen pekar ut vilka linjer som bäst lämpar sig för elektrifiering och hur det kan hanteras i upphandling av trafik. En potentialskattning för elektrifiering pekar på ca 40 % av fartygsflottan skulle kunna elektrifieras (WSP, 2018).

Enligt uppgifter från Västtrafik var andelen förnybara bränslen i deras upphandlade sjötrafik ca 8 % under 2019 (mestadels HVO och biodiesel/RME).

Förutom Västtrafik bedriver även andra aktörer trafik i Göteborgs skärgård (Jonsson m.fl., 2019). Dessa aktörer bedriver dock kommersiell verksamhet och deras trafik sker i betydligt mindre omfattning än Västra trafikens passagerartrafik. Enligt den beskrivning av dessa aktörer som ges av Jonsson m.fl. (2019) används HVO och RME i liten skala.

3.2.2. Omställning inom statlig sjöfart

Under 2018 fick Trafikverket i uppgift att analysera förutsättningarna för en omställning till fossilfrihet för statligt ägda fartyg och lämna förslag till en strategi. Resultatet av uppdraget presenteras i Hjalmarsson (2018) och inkluderar fartyg som ägs av Sjöfartsverket (med undantag av isbrytarna), SGU, Kustbevakningen, Polismyndigheten, Trafikverket, Göteborgs Universitet, Stockholms universitet, Sveriges Lantbruksuniversitet och Umeå universitet. Undantagna är museifartyg samt Försvarmaktens fartyg. Enligt (Hjalmarsson, 2018) står Trafikverket Färjerederiet, Kustbevakningen och Sjöfartsverket för över 96 % av utsläppen från den statliga fartygsflottan (ej Försvarmakten inkluderat).

I rapporten ingår en beskrivning av lämpliga alternativa drivmedel och deras egenskaper och förutsättningar, inklusive kostnader. Den strategi som Hjalmarsson (2018) beskriver går ut på att i första hand elektrifiera eller att använda förnybar diesel. Andra drivmedel som av Hjalmarsson (2018) ses som lämpliga för de statligt ägda fartygen inkluderar etanol, metanol och biogas. Hjalmarsson (2018) ger konkreta åtgärdsförslag för tre fartygskategorier; frigående vägfärjor, kombinationsfartyg och lotsfartyg. I övrigt anges en generell strategi, men med rådet att varje fartygsägare skall få i uppdrag att ta fram en detaljerad handlingsplan, eftersom man behöver ta hänsyn till fartygsspecifika förhållanden. De energikällor som föreslås är följande: elektrisk framdrift genom batterier och/eller generator; Förnybar diesel (HVO, FAME/RME); metanol; etanol; biogas. Man påpekar att vilket som passar bäst beror på fartygsspecifika förutsättningar och driftsprofiler. I övrigt innehåller den generella strategin punkter om att: arbetet med att ställa om behöver starta omgående, energieffektivisering behöver göras i så stor utsträckning som möjligt, drop-in bränslen kan användas direkt, men bör inte vara den enda åtgärden, andra biodrivmedel kan också användas.

Sjöfartsverket och Kustbevakningens omställning till fossilfrihet

Både Sjöfartsverket och Kustbevakningen har fått i uppdrag att analysera och föreslå hur respektive myndighets båt och fartygsflotta skall kunna bli fossilfria. Dessa uppdrag rapporterades i början av 2021 i Andreasson m.fl. (2021) för Sjöfartsverket och i Nilsson (2021) för Kustbevakningen.

Sjöfartsverkets bränsleanvändning under 2019 inkluderar inga förnybara bränslen alls. Man har dock tidigare använt HVO. Redan 2010 var nästan hälften av Sjöfartsverkets bränsleanvändning HVO. Användningen har dock minskat och under 2019 användes ingen HVO i Sjöfartsverket fartyg. Sjöfartsverket har också utfört teser med metanol för drift av fartyg.

Sjöfartsverket anger att energieffektivisering är en viktig del i deras omställning till fossilfrihet. De uppskattar att energieffektiviseringsåtgärder och operationella åtgärder kan minska energibehovet i fartygen med ca 50 % till 2045. Dock kan nya isbrytare med bredare rännor motverka detta till viss del. Vidare påpekar Sjöfartsverket att det i dagsläget inte finns några andra färdiga lösningar för fossilfri framdrift av deras fartyg än att använda biodiesel. De analyserar dock olika alternativa framdriftstekniker och bränslen, men eftersom lösningarna inte finns framme på marknaden föreslår de att man utifrån befintlig omsättningsplan gör bedömningar av vilken lösning som ger bäst effekt avseende växthusgasutsläpp vid varje aktuellt tillfälle. För fartyg med planerad omsättning i närtid ses plugin-hybrid vara ett rimligt alternativ. Vidare anger man att HVO kommer att vara en viktig del av deras omställning och uppskattar också merkostnader för detta (Andreasson m.fl., 2021).

Sjöfartsverket har också i tidigare uppdrag (Garberg, 2016) konstaterat att lösningar för fartyg, kajer, drivmedel och energieffektivitet behöver utvecklas med en helhetssyn.

Kustbevakningen

Kustbevakningen använde inte några förnybara eller alternativa bränslen för sina fartyg under 2019. I sin analys av hur de skall nå fossilfrihet föreslår de en kombination av energieffektiviseringsåtgärder, hybridisering, landanslutning samt byte till fossilfria drivmedel. De anger att en halvering av bränslebehovet i deras fartygsflotta bör kunna åstadkommas till 2045 genom de tre förstnämnda åtgärderna. För det återstående bränslebehovet föreslår man först en övergång till HVO100 och att man senast 2040 övergår till e-MGO⁹. Kustbevakningen påpekar att deras roll inom totalförsvaret och bränsleförsörjningen i händelse av kris, förhöjd beredskap samt krig gör att samtliga fartyg behöver kunna drivas av dieselbränsle, därav faller valen på HVO100 och e-MGO. Man ser också ett behov av att påbörja en omställning omgående och ser att man under 2021 behöver köpa in HVO100 i en mängd motsvarande 63 % av deras bränsleförbrukning.

3.2.3. Utrikes linjesjöfart

Bränsleanvändningen inom utrikes linjesjöfart som tagits fram genom enkäter och AIS-data samt modellering med Shipair beskrivs i kapitel 4. Den utrikes linjesjöfarten domineras av färjetrafiken (ropax och passagerarfärjor) till våra grannländer. I detta avsnitt beskrivs vad som beskrivits inom litteraturen kring denna sjöfarts användning av alternativa bränslen. Detta avsnitt beskriver också målsättningar kring omställningen som olika aktörer inom dessa segment har beskrivit genom olika kanaler, inklusive enkätsvar etcetera.

I sammanställningen här har vi endast inkluderat utrikes linjesjöfart i form av passagerartrafik som bedrivs med fasta linjer och tidtabeller. Totalt sett bedriver ett 15-tal aktörer färjetrafik till våra grannländer. I beskrivningen nedan inkluderas användning av alternativa bränslen för dessa aktörer på sträckor som berör Sverige samt kända planerade omställningar för dessa sträckor. Notera att flera av

⁹ E-MGO (elektro-MGO) är ett bränsle som i princip skulle ha samma egenskaper som MGO, men produceras med hjälp av vätgas (producerad genom elektrolys av vatten med hjälp av förnybar el) samt koldioxid från förnybar källa (biobränslen eller atmosfären) och olika syntessteg.

rederierna bedriver trafik även på andra sträckor (som inte berör Sverige) och kan där ha ytterligare fartyg som drivs med alternativa bränslen.

Hjalmarsson (2018) beskriver allmänt de initiativ till omställning som har tagits av sjöfart med svenska intressen. Här nämns bland annat Stena Lines konvertering av Stena Germanica till metanoldrift, Forseas konvertering av två fartyg till batterielektrisk framdrift, Viking Lines installation av vindkraft (Flettner-rotorer) samt flera svenska tankrederiers beställningar av fartyg med LNG-drift.

Utöver detta kan nämnas att Colorline, som kör färjor mellan Strömstad och Sandefjord, har en ny hybrid-färja med batterikapacitet som tillåter drift under en timma av den totalt 2,5 timmars långa färden enbart baserat på batterier. Färjan laddas i hamn i Sandefjord och man hoppas kunna ladda även i Strömstad på sikt.

Stena Line har tagit ytterligare initiativ och har nu en målsättning som att helelektrifiera en färja som skall trafikera sträckan mellan Göteborg och Fredrikshamn till 2030. De gör det stegvis och ett första steg är utökad batterikapacitet för att kunna sköta manövrering i hamn med hjälp av batterier i stället för med hjälpmaskiner. Nästa steg är att utöka batterikapaciteten så att man kan segla ut och in i hamnen helt på batteridrift. Detta presenterades bland annat vid workshopen som anordnades inom ramen för detta projekt och som sammanfattas i bilaga 3 till denna rapport.

Viking Line, TT-Line och Wasa Line har alla beställt nya LNG-fartyg som kommer att tas i drift inom de närmsta åren. Bornholmslinjen har också beställt ett nytt fartyg med dual fuel-motorer som potentiellt skulle kunna köras på LNG. Stena Line planerar för ökad elektrifiering och vill nå sitt mål om att minska växthusgasutsläppen med 30 % (jämfört med 2019) genom att elektrifiera fartyg på ruten Göteborg – Fredrikshamn till 2030. De kommer att göra det stegvis och ett första steg är att ha batterikapacitet för att kunna köra på el under manövrering och i hamninlopp.

Foresea som har två konverterade helelektriska fartyg mellan Helsingborg och Helsingör köper sedan 2019 endast grön el och har som mål att ha helt utsläppsfri drift senast 2030. DFDS Seaways har som mål att minska sina utsläpp med 45 % under de kommande 10 åren och att nå klimatneutralitet 2050. De jobbar i projekt kring *power-to-ammonia*¹⁰ samt bränslecellsfartyg med vätgas. De planerar för en bränslecellsfärja som kan tas i drift till 2027 på sträckan Oslo-Köpenhamn.

Flera av aktörerna har dessutom landanslutning för flera av sina färjor.

Det finns också annan sjöfart som går på linjetrafik eller som trampsjöfart och där omställning har börjat. Ett exempel är Thunbolagen som under den digitala workshopen som sammanfattas i bilaga 3 till denna rapport har investerat i LNG-drivna fartyg och som även har introducerat viss användning av LBG. Thunbolagen analyserar också möjligheten att byta till nya och mindre förorenande bränslen och energislag så som grön ammoniak, grön vätgas, vind, batterier etc. De analyserar också möjligheten till CCS (carbon capture and storage, koldioxidinfångning).

3.3. Alternativa bränslen enligt officiell statistik och datainsamling

I detta avsnitt beskrivs dels den officiella statistiken över bränsleanvändning inom sjöfarten, dels den kompletterande data avseende användning av alternativa bränslen som har samlats in inom projektet via enkäter och andra aktörsspecifika källor. Fokus är, som rubriken antyder, på användningen av alternativa bränslen, men för helhetens skull redovisas även den totala bränsleförbrukningen enligt officiell statistik.

¹⁰ Ammoniakproduktion med hjälp av el.

3.3.1. Bränsleanvändningen enligt den officiella statistiken

I den officiella statistiken är bränsleförbrukning för inrikes sjöfart definierat som bränslen som sålts i Sverige och som används för transporter som både avgår från och ankommer till svenska hamnar. Bränsleförbrukning för utrikes sjöfart (som även kallas för ”internationell bunkring”) är definierat som bränslen som sålts i Sverige till svenska eller utlandsregistrerade fartyg och som används för transporter som avgår från en svensk hamn och ankommer i en utländsk hamn.

Bränsleanvändning för sjöfarten baserat på det som rapporterats för transportsektorn (publicerat i februari 2021)

I december 2020 publicerades ny statistik avseende användningen av bränslen inom sjöfarten (detta i publikationen Årlig Energibalans (Energimyndigheten, 2020)). Data för 2018 och 2019 hämtad från denna publicering presenteras i Tabell 6 och Tabell 7. I denna publicering har man kompletterat statistiken med fler bränsleslag; fossil bensin, diesel, HVO, Fame och LNG. Uppgifter om dessa alternativa bränslen bygger på en enkät som skickats ut till aktörer som bedriver passagerartrafik. Den stora andelen LNG förklaras till stor del av Gotlandstrafikens övergång till LNG.

I februari 2021 publicerades också ny officiell statistik för transportsektorn (detta i publikationen Energianvändning i transportsektorn (Energimyndigheten, 2021). Tabell 8 och Tabell 9 visar de siffror som anges för sjöfarten (inrikes och utrikes). Skillnaden mellan siffrorna i Årlig Energibalans (Energimyndigheten, 2020) och för Transportsektorn (Energimyndigheten, 2021) är liten.

Tabell 6 Bränslemix för inrikes i MWh, källa Energimyndigheten (2020). De andelar som anges är framräknade och ej hämtade från statistikdatabasen.

Inrikes sjöfart	2018		2019	
	MWh	andel (%)	MWh	andel (%)
Fossil bensin	473	0,02	1,474	0,08
Fossil diesel	293 833	15,30	270 549	14,40
HVO	..		43 849	2,33
FAME	..		330	0,02
Eldningsolja 1	494 744	25,77	441 312	23,48
Eldningsolja 2–6	1 130 991	58,90	941 726	50,11
LNG	..		179 936	9,58
EI	
Totalt	1 920 041	100,0	1 879 176	100,0

Tabell 7 Bränslemix för utrikes sjöfart i MWh, källa Energimyndigheten (2020). De andelar som anges är framräknade och ej hämtade från statistikdatabasen

Utrikes sjöfart	2018		2019	
	MWh	andel (%)	MWh	andel (%)
Eldningsolja 1	5 167 025	25,97	5 639 998	23,32
Eldningsolja 2–6	14 732 311	74,03	18 291 000	75,63
LNG	..		253 806	1,05
Totalt	19 899 336	100,0	24 184 804	100,0

Tabell 8 Bränslemix för inrikes sjöfart enligt (Energimyndigheten, 2021) i MWh. Andelarna är framräknade och ej hämtade från statistikdatabasen.

Inrikes sjöfart	2018		2019	
	MWh	andel (%)	MWh	andel (%)
Fossil bensin	0	0,0	0	0,0
Fossil diesel	296 250	15,4	276 500	14,7
HVO	-		37 800	2,0
FAME	-		0	0,0
Eldningsolja 1	497 500	25,9	437 800	23,3
Eldningsolja 2–6	1 132 060	59,0	941 620	50,1
LNG	-		180 963	9,6
EI		0		0
Totalt	1 925 810	100	1 874 683	100

Tabell 9 Bränslemix för utrikes sjöfart enligt (Energimyndigheten, 2021) i MWh. Andelarna är framräknade och ej hämtade från statistikdatabasen

Utrikes sjöfart	2018		2019	
	MWh	andel (%)	MWh	andel (%)
Eldningsolja 1	5 164 050	26,0	5 641 650	23,3
Eldningsolja 2–6	14 727 360	74,0	18 292 820	75,6
LNG	-		255 478	1,1
EI	-		-	
Totalt	19 891 410	100	24 189 948	100

3.3.2. Användning av alternativa bränslen baserat på enkäter

Enkäter skickades ut till totalt 29 aktörer. Av dessa var 10 st kollektivtrafikaktörer (flertalet regioner) eller bedrev annan passagerartrafik (ej ropax), 4 st var statliga aktörer eller bedrev statligt upphandlad trafik (Gotlandstrafiken, Färjerederiet, Sjöfartsverket, Kustbevakningen)¹¹, 8 st bedriver främst ropax-trafik (utrikes), 7 st bedriver godstransporter (rederier som har tankfartyg, biltransportfartyg, andra fartyg som transporterar gods).

Vi fick svar från 16 respondenter, varav två avböjde att delta och 14 har skickat data. Vi fick svar från tre av de statliga aktörerna, men inte från Destination Gotland. Vi fick svar från åtta kollektivtrafikaktörer, av fem av de som bedriver utrikes ropax-trafik samt av fyra bland övriga som bedriver godstransporter. Eftersom Destination Gotlands andel av den inrikes sjöfarten är mycket stor och vi kände till att de använder LNG (ett av de alternativa bränslen som vi studerar) valde vi att komplettera enkätsvaren i just detta fall med data från MRV-databasen (EMSA-THETIS MRV). I det som är offentligt från MRV-databasen denna finns bränsleförbrukning och CO₂-utsläpp från samtliga fartyg i Europa med bruttodräktighet över 5000 GT för år 2019. För Destination Gotland rör det sig om ett fartyg (M/S Visborg) som var i drift under 2019 och som går på LNG och vi har antagit att den bränsleförbrukning som är rapporterad för M/S Visborg i MRV-databasen är 100 % LNG och att allt har förbrukats i svensk inrikes trafik. Detta kan vara en överskattning och en anledning till att vi har en högre siffra för LNG-användning i inrikestrafiken jämfört med Energimyndigheten (jämför Tabell 6 och Tabell 8 med Tabell 10).

I statistiken (Tabell 6–Tabell 9) inkluderas endast de nya bränsleslagen i redovisningen för år 2019, inte för tidigare år. Resultaten av vår enkätstudie (som inriktat sig på alternativa bränslen och ej inkluderar de konventionella fossila bränslena) presenteras i Tabell 10 (inrikes) och Tabell 11 (utrikes). Enkätstudien, som dock inte kan anses vara heltäckande (14 svarande aktörer), visar att det för en del av de alternativa bränslena fanns en viss användning även under 2018 och 2017. För inrikestrafiken, Tabell 10, ser man att HVO-användningen backat något under 2019, ett resultat av den osäkra tillgången och variationen i pris enligt vad som framkommit vid kontakt med verksamhetsutövare.

¹¹ Notera att Färjerederiet och Sjöfartsverket ingår i projektgruppen och Kustbevakningen ingår i projektets referensgrupp.

Tabell 10 Användning av alternativa bränslen i svensk inrikes sjöfart (baserat på enkätsvar i detta projekt). Andelen (längst till höger) är andel jämfört med den totala bränsleanvändningen i sjöfarten enligt den officiella statistiken. Notera att endast elanvändning för framdrift är inkluderad.

Inrikes sjöfart	Energianvändning [MWh]			Andel av total bränsleanvändning [%]	
	2017	2018	2019	2018	2019
Bränsle					
HVO	30 177	53 256	36 315	2,8	1,9
RME (FAME)	1 845	603	670	0,03	0,04
LNG	1 149	7 554	201 617 ^a	0,39	10,8
LBG	0	0	0	0,00	0,0
EI	327	507	590	0,03	0,03
Totalt (varav fossilfritt)	33 498 (32 349)	61 920 (54 366)	239 191 (37 574)	3,2 (2,8)	12,8 (2,0)

^a Notera att LNG användningen innehåller kompletterande data från MRV-databasen avseende Destination Gotlands LNG-fartyg. Vårt antagande om att 100 % av rapporterad bränsleförbrukning utgörs av LNG och att fartyget endast seglat i inrikestrafik kan vara en anledning till överskattning av LNG användningen i inrikestrafiken.

Tabell 11 Användning av alternativa bränslen i utrikes sjöfart (baserat på enkätsvar i detta projekt). Andelen (längst till höger) är andel jämfört med den totala bränsleanvändningen i sjöfarten enligt den officiella statistiken. Endast el för framdrift är inkluderad.

Utrikes sjöfart	Energianvändning [MWh]			Andel av total bränsleanvändning [%]	
	2017	2018	2019	2018	2019
Bränsle					
HVO	0	0	0	0,00	0,00
RME (FAME)	0	0	0	0,00	0,00
LNG	3 776	27 655	56 070	0,14	0,23
LBG	0	0	0	0,00	0,00
EI	414	6 990	20 776	0,04	0,09
Metanol	6 463	8 877	10 984	0,04	0,05
Totalt (varav fossilfritt)	10 652 (414)	43 222 (6 690)	87 829 (20 776)	0,22 (0,03)	0,4 (0,1)

Det finns också en inte helt obetydlig användning av landström (el i hamn). Denna bidrar till att utsläppen från sjöfarten minskar då det innebär att motorer ombord kan stängas av. För utrikestrafiken (utrikes linjefärjor) har vi en siffra på 17 464 MWh för år 2018 respektive 14 814 MWh för år 2019. Den är inte heller heltäckande eftersom vi vet att det finns fler av utrikes linjefärjor som har landelanslutning (och som vi inte har fått svar ifrån). Av Tabell 10 och Tabell 11 ser man att det sker en förändring i vilka bränslen som används, HVO verkar ha använts en tid, medan el och LNG är bränslen med en starkt ökande trend under de senaste åren. Dock är LNG ett fossilt bränsle, så även om andra luftemissioner minskar kraftigt (svavel, partiklar och NO_x) så är det inte vad som krävs för att minska växthusgasutsläppen. Metanol minskar också luftutsläpp, men än så länge är den metanol som används fossil. LNG kan ersättas av LBG (förvätskad biogas) men är ett dyrare bränsle.

I vårt dataunderlag kan man också säga något om vilka aktörer det är som ställer om. Vi har fått svar från de flesta kollektivtrafikaktörer och tillsammans står de för drygt 7 procent av energianvändningen i inrikes sjöfart. Av dessa 7 procent utgörs ca 14 procent av förnybara bränslen (främst HVO och el).

Sammanfattningsvis står tre statliga aktörer för över 96 % av utsläppen från den statliga fartygsflottan (ej Försvarmakten inkluderat), nämligen Trafikverket Färjerederiet, Kustbevakningen och Sjöfartsverket (Hjalmarsson 2018). I vår sammanställning har vi summerat dessa tre aktörer samt även inkluderat Gotlandstrafiken, som visserligen inte ägs av staten men som upphandlas av Trafikverket och tillsammans står dessa fyra aktörer för ca 50 % av energianvändningen i inrikes sjöfart. För dessa aktörer var det under 2019 endast Trafikverket Färjerederiet som använde förnybara drivmedel (el och

HVO) motsvarande ca 15 % av deras bränsleförbrukning. Destination Gotland har sedan 2020 börjat blanda in en mindre mängd biogas i de fartyg som drivs av LNG, sedan februari är andelen inblandad biogas 10 % (P4 Gotland, 2021).

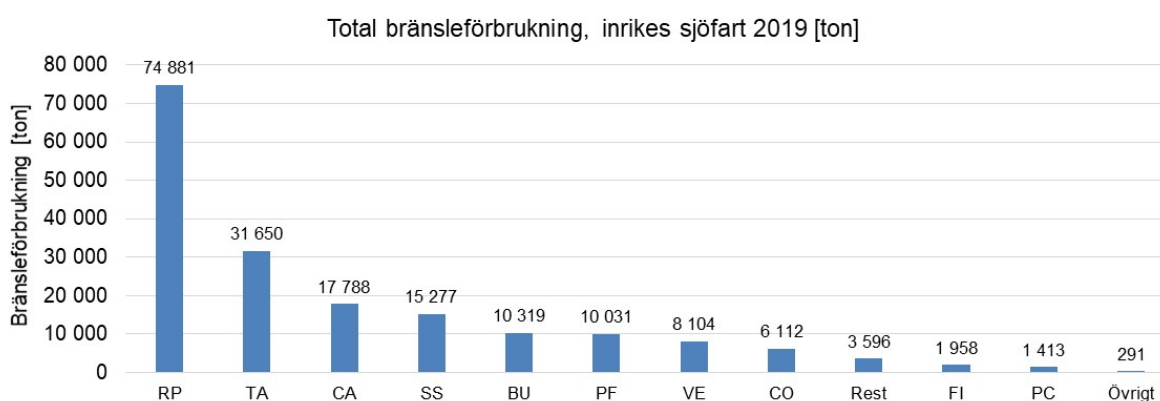
4. Beskrivning av svensk sjöfart med hjälp av AIS-data och Shipair

I detta kapitel beskrivs de dataset som tagits fram baserat på AIS-data och efterföljande analyser av dessa dataset.

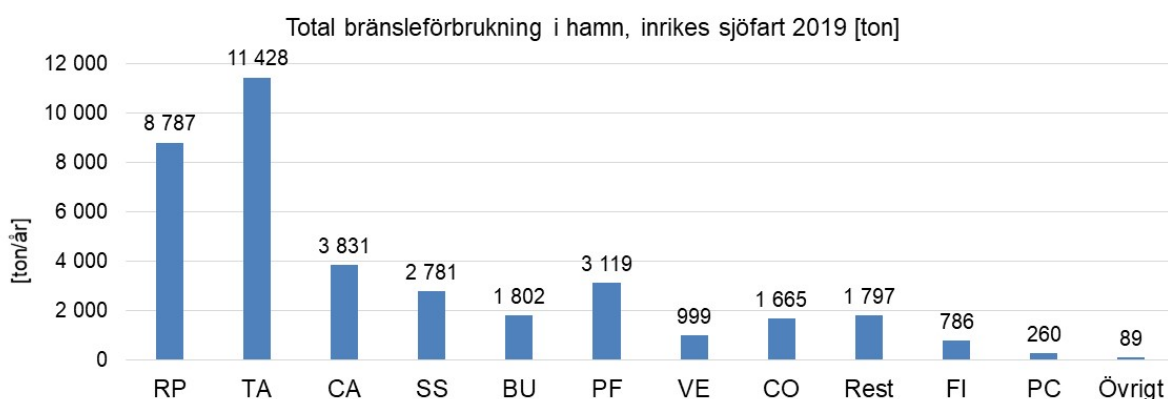
4.1. Bränsleanvändning inom olika delar och segment av svensk sjöfart – resultat och analys av bränsledataset

I detta avsnitt redovisas några resultatbilder och sammanställningar från datasetet som beskriver bränsleförbrukningen fördelat på fartygstyper och storleksklasser avseende huvudmotorernas kapacitet.

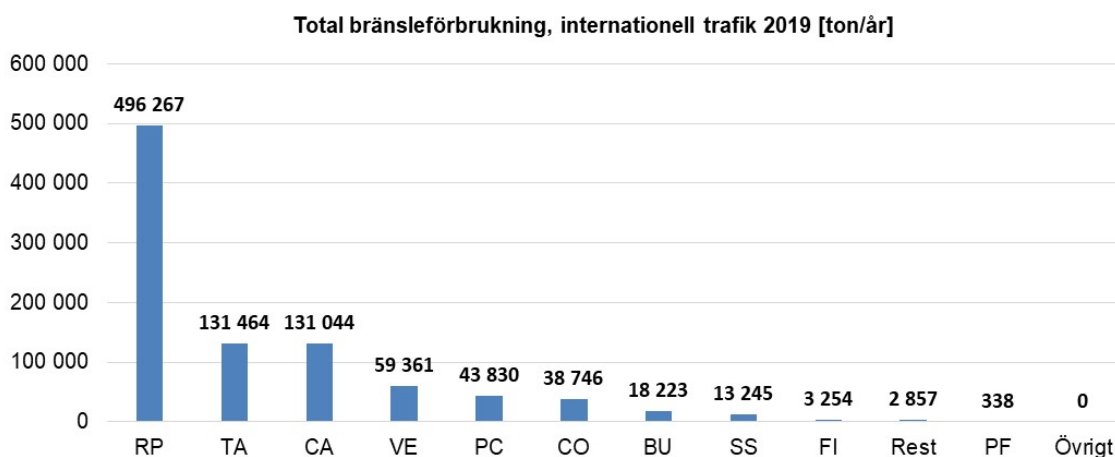
Figur 2 och Figur 4 visar bränsleförbrukningen per fartygstyp för inrikes sjöfart respektive internationell sjöfart år 2019 (beteckningarna för fartygskategorierna är i enlighet med Tabell 1). Inrikes sjöfart inkluderar alla resor som både avgår från och ankommer till en svensk hamn medan internationell sjöfart inkluderar alla resor som avgår från eller ankommer till en svensk hamn, men som exkluderar inrikessjöfarten. Som figurerna visar är det ropax-fartyg följt av tankfartyg och general cargo som har högst total bränsleförbrukning, både för inrikes och internationell sjöfart.



Figur 2. Bränsleförbrukning per fartygstyp för inrikes sjöfart år 2019. Baserat på dataset från Windmark (2021). Förkortningarna för respektive fartygskategori anges i Tabell 1.



Figur 3. Bränsleförbrukning i hamn per fartygstyp för inrikes sjöfart år 2019. Källa baserat på dataset från Windmark (2021). Förkortningarna för respektive fartygskategori anges i Tabell 1.



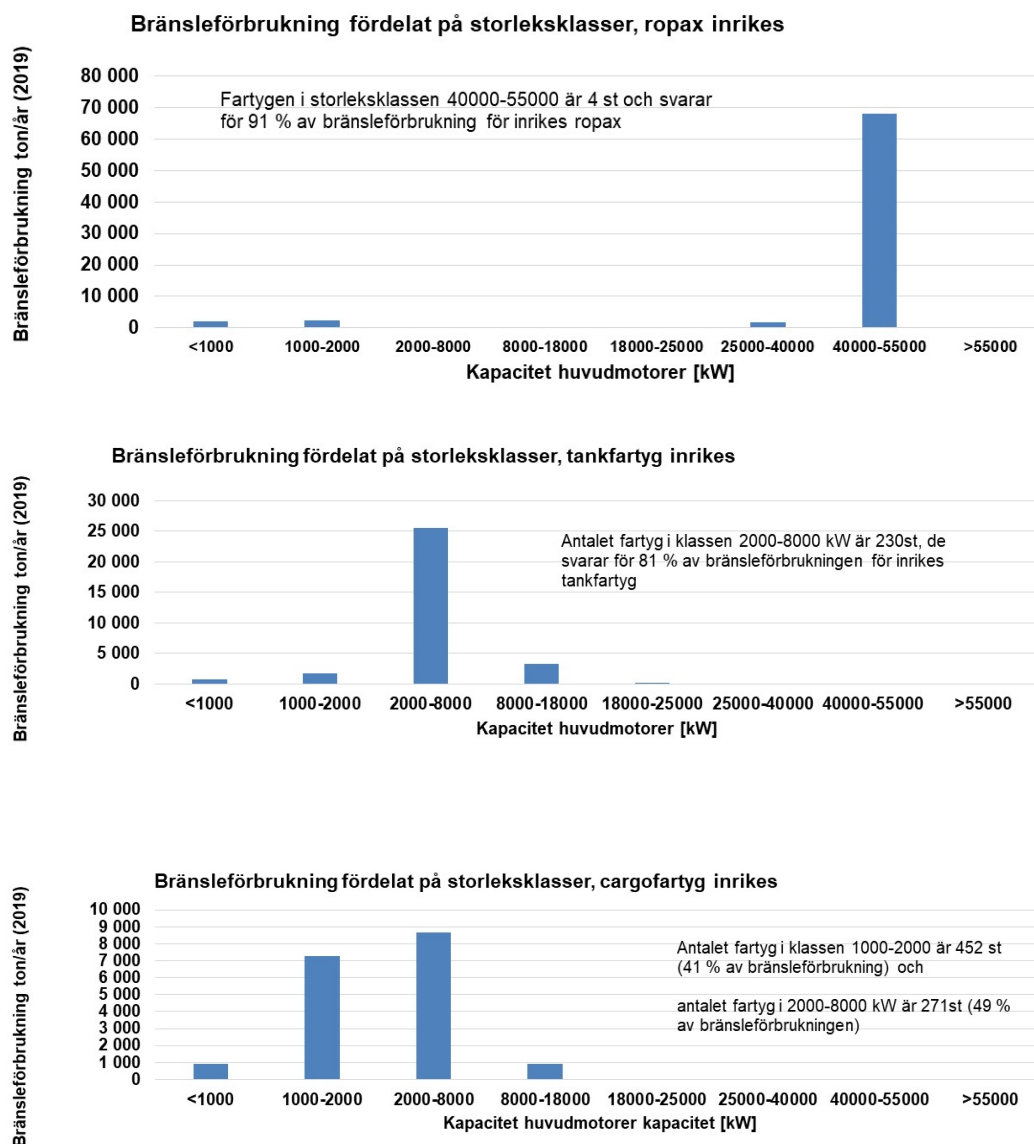
Figur 4. Bränsleförbrukning per fartygstyp för internationell sjöfart år 2019. Källa: Baserat på dataset från Windmark (2021) (utgör bilaga 1 i denna rapport). Förklaring till förkortningarna för fartygskategorierna återfinns i Tabell 1.

I Figur 3 visas den del av bränsleförbrukningen för inrikes sjöfart som sker när fartygen är i hamn. Denna bränsleförbrukning är resultat av tid i hamn (baserat på AIS-data) samt antaganden i Shipair-modellen om användning av huvudmotorer, hjälpmotorer och värmepannor under tiden i hamn, (se Bilaga 1 för mer exakta referenser). Shipair har ingen utvecklad metod för att veta i hur hög grad motorer används under tid i hamn, eller om det finns landanslutning utan baserar beräkningarna på fasta antaganden för de olika fartygskategorierna. Notera också att bränsleförbrukningsberäkningarna i Shipair är baserade på att samtliga fartyg använder eldningsolja. En jämförelse mellan totala mängden använt bränsle i inrikestrafiken för år 2019 med den officiella statistiken (se Tabell 8) visar att det skiljer ca 11–15 % mellan uppskattningarna av den totala bränsleanvändningen för inrikes sjöfart mellan Shipair och den officiella statistiken. Shipair står för den högre uppskattningen. Notera att det som kallas utrikes sjöfart i den officiella statistiken inte är detsamma som det som här kallas internationellt och därmed är dessa siffror inte jämförbara.

Tabell 12 Andel av bränsleförbrukningen fördelad på respektive fartygskategori baserat på Shipairbaserade beräkningar för år 2019.

Fartygstyp, förkortning	Andel av totala bränsleförbrukningen	
	Inrikes [%]	Internationellt [%]
RP (ropax)	41,3	52,9
TA (tankfartyg)	17,4	14,0
CA (general cargo)	9,8	14,0
VE (biltransportfartyg)	4,5	6,3
PC (kryssningsfartyg)	0,8	4,7
CO (containerfartyg)	3,4	4,1
BU (bulkfartyg)	5,7	1,9
SS (servicefartyg)	8,4	1,4
FI (fiskefartyg)	1,1	0,3
Rest	2,0	0,3
PF (passagerarfärjor)	5,5	0,0
Övrigt	0,2	0,0

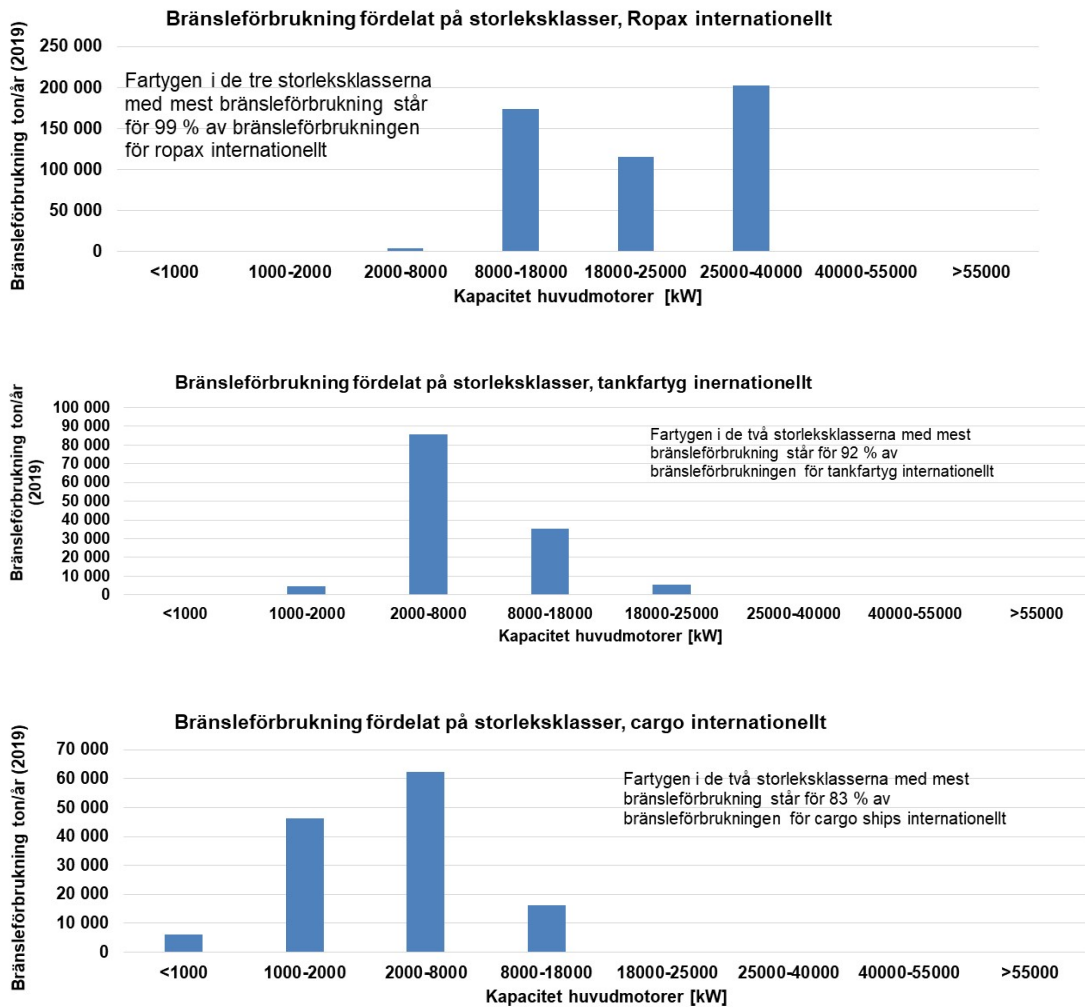
I Figur 5 visas hur bränsleförbrukningen fördelas mellan storleksklasserna i de tre fartygskategorier som står för den största bränsleförbrukningen för inrikes transporter. Figur 6 visar hur det ser ut för motsvarande fartygskategorier i den internationella sjöfarten.



Figur 5. Bränsleförbrukning per storleksklass för inrikes trafik av fartyg i kategorierna ropax, tankfartyg samt general cargo.

I inrikestrafiken domineras ropaxsjöfarten av färjetrafiken till Gotland. Detta gör att endast fyra fartyg i kategorin med motorstyrka på 40 000–55 000 kW står för 91 % av bränsleförbrukningen inom ropax-segmentet enligt beräkningar med Shipair. Trafiken med dessa fartyg står för cirka 36 % av den totala bränsleanvändningen i inrikes sjöfarten.

Även i den internationella sjöfarten dominerar ropax- tank- och general cargo-fartygen och där fördelas bränsleförbrukningen i de olika storleksklasserna i enlighet med Figur 6. Den storleksmässiga fördelningen känns igen i från inrikestrafiken, med undantag för ropax-fartygen, där den internationella trafiken fördelas på betydligt fler storleksklasser. Generellt sett är det också fler storleksklasser som står för en större andel av bränsleförbrukningen.



Figur 6. Bränsleförbrukning fördelat på storleksklasser för ropax, tankfartyg och general cargo internationellt.

Exakt hur många fartyg det rör sig om för de internationella fartygen går inte att fastställa från bränsledatasetet (då det kan finnas fartyg som gör både inrikes och internationella turer). Dock är det sannolikt att det finns ett liknande mönster som för den inrikes sjöfarten, att det i ropax-kategorin rör sig om färre antal fartyg, medan det för tankfartyg och general cargo-fartyg rör sig om betydligt fler. För ropax kan man dock utläsa att i det inte är många fartyg som både gör inrikes och utrikes transporter. I de tre storleksklasserna som står för merparten av bränsleförbrukningen i den internationella sjöfarten registreras nästan ingen förbrukning från inrikes trafik (jämför bilderna för ropax i Figur 5 och Figur 6). Se även Tabell 15 för antal fartyg inom de olika storleksklasserna för ropaxfartygen.

För fler parametrar för de olika fartygs och storlekskategorierna hänvisas till det dataset som redovisas i Bilaga 1.

4.2. Specifik information för fartyg i linjetrafik – analys av ruttdataset

I detta avsnitt beskrivs de analyser som gjorts på ruttdatasetet inklusive den exemplifierande analys där ruttdatasetet använts tillsammans med bränsledatasetet för att uppskatta hur stor andel av bränsleförbrukningen inom ropax och passagerarfartygs-segmenten som skulle kunna ersättas av helelektrifiering till 2030.

I datasetet som SMHI levererade med fartygsspecifik ruttinformation kodades fartygen om till fartygskategorier enligt Statcode5 med samma indelning som i bränsledatasetet, se Tabell 1. Rörelseinformation aggregerades till linjer genom att rutter som gick mellan samma start- och stoppositioner, men i olika riktningar, kombinerades (se beskrivning i avsnitt 2.3.2). Som linjetrafik studeras sedan, i huvudsak alla linjer som 2019 stod för minst 30 % av den totala seglade sträckan för ett fartyg. Alla rörelser som slutade som ”lost”, d.v.s. där GPS-positionen förlorats, sorterades bort. Samtliga linjer som seglades mer sällan än 10 ggr per år exkluderades också. Kvar blev då ett urval med totalt 262 linjer som skall representera fartyg som med regelbundenhet verkar gå på en specificerad sträcka eller ett par specificerade sträckor. De fördelade sig på de olika fartygskategorierna enligt Tabell 13. I Tabell 13 framgår också vart utsorterade linjer går (geografisk sträckning) samt längd på linjerna.

De fartygskategorier som med ovan nämnda definition får störst antal utvalda linjer är ropax och passagerarfärjor. Notera att de linjer som börjar eller slutar som ”externt”, det vill säga startar eller slutar utanför Shipairområdet, har behandlats separat då längden på dessa linjer är okänd.

Tabell 13. Antal linjer som utgör mer än 30 % av fartygens totala seglade sträcka (inom Östersjöområdet) och som genomförs minst 10 ggr per år fördelat på fartygskategorier samt geografisk sträckning för linjerna.

Fartygskategori	Antal linjer	Antal unika fartyg ^a	Linjer med längd			Antal linjer med geografisk sträckning		
			<10 km	<50 km	<100 km	Inrikes	Östersjön	Extern
Ropax	89	82	23	28	45	27	56	6
Passagerarfärjor	72	70	18	62	72	69	3	0
Biltransportfartyg	22	20	0	0	14	0	4	18
Cargo-fartyg	20	18	4	4	11	5	7	8
Servicefartygs	16	16	7	12	14	14	2	0
Tankfartyg	10	9	1	2	2	3	3	4
Kryssningsfartyg	6	6	0	2	3	1	3	2
Containerfartyg	5	5	0	0	0	0	4	1
Bulkfartyg	3	3	0	1	1	2	1	0
Övrigt	1	1	0	1	1	1	0	0
Totalt	262	248						

^a Ett fartyg kan ha flera linjer som inkluderas i urvalet, vilket gör att antalet unika fartyg är lägre än antalet linjer.

Urvalet av linjer och den totala seglade sträckan på de utsorterade linjerna (och fartygen) jämförs i Tabell 14 med data från bränsledatasetet för att få en uppfattning om hur stor andel inom varje kategori som verkar gå på linjesjöfart. Ropax och passagerarfärjor är de fartygskategorier som får största andelen av seglad distans inkluderad i urvalet. För ropax fångas drygt 70 procent av de totalt seglade kilometrarna upp i urvalet. Även kryssningsfartyg och biltransportfartyg får en relativt hög andel av seglade kilometer på utvalda linjer. Biltransportfartygens linjer slutar dock i väldigt hög grad utanför modellområdet vilket innebär att den exakta längden på linjerna är okända, de är i själva verket längre än vad som anges i ruttdatasetet. Kryssningsfartygen utgörs av ett fåtal linjer.

Tabell 14 De utsorterade linjerna respektive fartygens totala seglade distans i förhållande till den totalt seglade distansen inom fartygskategorin samt andelen av linjernas längd i två längdklasser.

Fartygskategori	Totalt seglad distans enligt bränsledataset (berör Sverige)	Andel av kategorins totalt seglade distans av utsorterade linjer som står för > 30% av fartygets seglade distans [%]	Andelen av totalt seglad distans av utsorterade linjer med längd som är		Andel av kategorins totalt seglade distans av utsorterade fartyg med en linje som står för > 30% av fartygets seglade distans [%]	Andelen av totalt seglad distans som för fartyg vars dominerande linje går på en sträcka som är	
			< 100 km [%]	< 10 km [%]		< 100 km [%]	< 10 km [%]
Ropax	8 056 018	70,3	18,0	3,9	91,0	27,9	6,9
Passagerarfärjor	1 595 369	33,7	33,7	6,3	71,1	33,7	10,5
Kryssningsfartyg	474 075	25,2	3,7	0	36,4	4,5	0,0
Biltransportfartyg^b	1 565 309	15,5	4,3	0	32,8	7,2	0,0
Servicefartyg (berör Sverige)	2 443 198	6,0	6,0	2,3	10,3	5,2	2,7
Servicefartyg (inrikes)^c	1705 005	5,1	8,6	3,4	14,4	7,1	3,9
Containerfartyg	1 155 103	5,7	0	0	18,2	0	0
Tankfartyg	4 462 499	2,2	0,1	0,0	5,7	0,14	0,09
General cargo-fartyg	10 095 007	2,7	0,3	0,0	5,3	0,44	0,09
Bulkfartyg	768 683	8,0	0,8	0	25,0	2,5	0

^a ”Berör Sverige” inkluderar både inrikestrafiken samt det vi har valt att kalla internationellt.

^b Av linjerna för biltransportfartygen utgör de flesta sådana som slutar utanför modellområdet, vilket medför att vi inte känner till den verkliga längden för linjerna. Därmed kan merparten av dessa linjer räknas bort från elektrifieringspotentialen.

^c Eftersom merparten av dessa linjer går på inrikestrafik, har vi jämfört dem med den totalt seglade sträckan för inrikestrafik för kategorin (hämtat från bränsledatasetet).

Inom ropax-kategorin är det endast ett fåtal av linjerna som slutar utanför området. Dessa linjer utgörs av färjorna som går på sträckan Strömstad – Sandefjord, en sträcka som är ca 35 nautiska mil (~65 km). I kategorin passagerarfärjor är det inga av linjerna som kommit med i urvalet och som är kortare än 100 km som slutar utanför området. Nästan alla är inrikes linjer. De sista tre kolumnerna i Tabell 14 har i stället för att summera bara distansen av de utsorterade linjerna summerat hela den seglade sträckan för de fartygen vars dominerande linje sorterats ut. Detta ger ett mått på hur stor andel av fartygen som berörs och har också använts i den vidare analysen kring hur stor andel av respektive kategori som potentiellt skulle kunna helelektrifieras i olika tidsperspektiv.

Inom ramen för detta projekt har vi inte vidare analyserat andra fartygskategorier än ropax och passagerarfärjor, då det inte har rymts inom projektets ramar.

För de två fartygskategorier med största antalet utsorterade linjer och sträckor, *ropax* och *passagerarfärjor*, gjordes en djupare analys som visar fördelningen av linjer och sträckor i storleks-klasser. I Tabell 15 syns att de två mindre storleksklasserna bland de linjer för ropaxfartyg som sällats ut endast inkluderar inrikes linjer, medan i de större klasserna (med undantag för det största segmentet, 40000–55000) handlar om linjer från Sverige till våra grannländer.

Tabell 15 Analys av utsorterade linjer för Ropax; längd för linjer och geografisk sträckning. Jämförelse med totala antalet ropaxfartyg i Shipair-området.

Huvudmotor kapacitet [kW]	Antal linjer med >30 % av seglade sträckan, och frekvens minst 10 ggr/år	Antal unika fartyg	Varav relationer med medellängd			Varav relationers geografiska sträckning ^b			Antal fartyg (berör Sverige) ^a
			<10 km	<50 km	<100 km	Inrikes	Östersjön	Utanför	
<1 000	11	11	8	11	11	11	0	0	50
1 000–2 000	11	10	11	11	11	11	0	0	7
2 000–8 000	4	4	3	3	3	0	4	0	4
8 000–18 000	28	24	2	3	13	0	22	6	30
18 000–25 000	14	14	0	0	2	0	14	0	14
25 000–40 000	15	14	0	0	4	1	14	0	25
40 000–55 000	6	5	0	0	1	4	2	0	5
>5 5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totalt	89	82							134

^a Antalet fartyg som berör Sverige är hämtat från bränsledatasetet.

^b Den geografiska sträckningen innebär följande: Inrikes = sträckan går mellan två svenska hamnar, Östersjön = sträckan går från någon hamn i Östersjön till svensk hamn eller tvärtom, Utanför = sträckan börjar i svensk hamn och kör sedan ut ur Shipairområdet, eller tvärtom

En känslighetsanalys där vi analyserade hur många extra linjer och unika fartyg som kom med om man varierade urvalsgränsen, det vill säga gränser för hur stor andel av fartygets totala körsträcka som en linje måste utgöra redovisas i Tabell 16.

Tabell 16 Känslighetsanalys för hur många linjer och fartyg som väljs ut beroende på hur stor andel av fartygets totala sträcka som sätts som nedre gräns.

Fartygskategori	Antal linjer i urval vid kriteriet med minst angiven andel av seglade sträckan (unika fartyg inom parentes)		
	30 % av seglade sträckan	25 % av seglade sträckan	20 % av seglade sträckan
Ropax	89 (82)	111 (98)	138 (107)
Passagerarfärjor	72 (72)	85 (83)	102 (98)
Kryssningsfartyg	6 (6)	8 (7)	8 (7)
Tankfartyg	10 (9)	12 (11)	16 (14)
Containerfartyg	5 (5)	9 (9)	15 (12)
General cargo-fartyg	21 (20)	30 (27)	44 (36)
Bulkfartyg	3 (3)	4 (4)	5 (5)
Servicefartyg	16 (16)	30 (29)	45 (42)
Biltransportfartyg	23 (22)	28 (25)	36 (28)
Rest	1 (1)	15 (14)	19 (17)
Totalt	262	352	457

Känslighetsanalysen i Tabell 16 visar att ökningen i antal linjer som inkluderas då urvalsgränsen sänks varierar starkt med fartygskategorin. Antalet fartyg varierar mindre eftersom det finns fartyg som vid en lägre urvalsgräns har två eller fler sträckor med en stor andel av den totalt seglade sträckan. Endast för ropax har vi gjort en djupare analys av hur effekterna av en lägre urvalsgräns (att linje ska stå för 25 % i stället för 30 % av ett fartygs totalt seglade distans) påverkar fördelningen över storleksklasser (totalt och över linjelängder och områden), se Tabell 17. Fler linjer tillkommer och fler fartyg kommer med, men en del av de nya linjerna är för fartyg som redan inkluderats i det hårdare urvalet. En närmare analys visar dock att bland de fartyg som har en linje som är kortare än 100 km så är det endast fyra extra fartyg som inkluderats (visas ej i tabell).

Tabell 17 Känslighetsanalys för Ropax, där gränsen för dominerande linjen sänkts till 25 % av seglade sträckan.

Huvudmotor kapacitet [kW]	Antal linjer med > 25 % av seglade sträckan, och frekvens om 10 ggr per år	Antal unika fartyg	Varav relationer med medellängd			Varav rutter			Extra antal fartyg jämfört med 30 %-fallet
			<10 km	<50 km	<100 km	Inrikes	Östersjön	Utanför	
<1000	15	14	8	15	15	15	0	0	3
1 000–2 000	11	10	11	11	11	11	0	0	0
2 000–8 000	4	4	3	3	3	0	4	0	0
8 000–18 000	33	25	3	4	16	0	26	7	1
18 000–25 000	17	16	0	0	2	0	17	0	2
25 000–40 000	23	20	0	0	5	2	21	0	6
40 000–55 000	8	5	0	0	1	5	3	0	0
>55 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totalt	111	94							12

4.2.1. Exempelanalys - potential för helelektrifiering inom ropax och passagerarfärjor

Som tidigare påpekats har dataseten som tagits fram inom ramen för denna rapport ett brett syfte – att i senare delen av projektet kunna ligga till grund för analyser av potential för användning av olika alternativa bränslen och framdriftstekniker inom inrikes sjöfart och utrikes linjesjöfart. I denna rapport har vi dock gjort en inledande analys för att se hur stor andel inom ropax- och passagerarfärjesegmentet (resultaten för passagerarfärjorna presenteras sist i detta avsnitt) som skulle kunna helelektrifieras i tidsperspektivet till 2030.

Denna inledande analys anger en teknisk potential som till viss del tar hänsyn till var den tekniska utvecklingen ligger idag och därmed kan leverera i form av fartyg för drift till 2030, men inte explicit tar hänsyn till kostnader eller incitament hos rederierna. Inte heller tar den hänsyn till specifika förutsättningar för det enskilda fartyget eller sträckningen.

För att analysera potentialen för elektrifiering har en gräns för vad som skulle vara möjligt till 2030 antagits. Denna är baserad på mål som branschen själva berättat om, se sammanställningen av workshopen i bilaga 3, och är satt till att sträckor kortare än 100 km skulle vara möjligt att helelektrifiera till 2030.

Analysen utgick från att färjor som går i linjetrafik kan elektrifieras då de på regelbunden basis återkommer till samma kajer och därmed har bra förutsättningar för att kunna ladda i hamn, förutsatt att laddinfrastruktur kan komma på plats¹². Beräkningen baserades sedan på de fartyg och linjer som sorterats ut i den tidigare beskrivna analysen där vi satte en gräns för att fartygen skulle ha en dominerande sträcka som stod för minst 30 % av fartygets totala seglade distans och att linjen skulle köras minst 10 ggr per år.

¹² Att laddinfrastruktur kan komma på plats är också något som har antagits, men inte analyserats i detalj i denna analys. Förutsättningarna för detta kan göras i framtida fördjupade analyser.

Som mått på hur stor andel av ropaxtrafiken som kan helelektrifieras används en uppskattning på hur stor andel av bränsleförbrukningen som skulle kunna ersättas.

Den totala seglade sträckan för ett fartyg eller linje som sorterats ut i den tidigare analysen av ruttdatasetet, och som presenteras i Tabell 13 - Tabell 15, är dock inte nödvändigtvis ett bra mått på hur stor andel av bränsleförbrukningen som förbrukas av dessa fartyg eftersom bränsleförbrukningen är kopplad till fartygets storlek, last, hastighet etc. Ytterligare analys som relaterar seglad distans inom varje storlekskategori och bränsleförbrukning inom varje storlekklass (enligt huvudmotorernas kapacitet) gjordes därför också. Denna analys bygger på en kombination av resultat från ruttdatasetet och bränsledatasetet.

Bränsledatasetet ger data på medelhastigheter, seglade sträckor och bränsleförbrukning för de olika segmenten, se Tabell 18 för beskrivningen av hur det ser ut för ropaxfartygen. Notera att medelhastigheten under cruise för ropax ligger kring 7–8 knop, i de minsta segmenten, 14–16 knop i de tre mellersta segmenten, 8 000–18 000, 18 000–25 000 samt 25 000–40 000, och över 20 knop i segmentet 40 000–55 000. Som påpekats tidigare dominerar det största segmentet helt av färjorna till Gotland. Avseende den genomsnittliga bränsle-förbrukningen (som är beräknad i efterhand) under färd ser man en trend med stigande värden för fartyg med större motorkapacitet (Tabell 18).

Tabell 18 Egenskaper för ropaxfartygen som berör Sverige (avgår eller ankommer svensk hamn).

Huvudmotor kapacitet	Medelhastighet för cruise ^a	Bränsleförbrukning under färd ^a	Seglad sträcka ^a	Genomsnittlig bränsleförbrukning under färd ^a
[kW]	knop	[ton/år]	[km/år]	[kg/km]
<1 000	7	1277	392 311	3,3
1 000–2 000	7	1774	26 0032	6,8
2 000–8 000	8	2894	96 104	30,1
8 000–18 000	14	153 710	2 884 115	53,3
18 000–25 000	16	106 481	1 583 629	67,2
25 000–40 000	15	186 814	2 558 801	73,0
40 000–55 000	23	62 177	404 828	153,6
> 55 000	0	0	0	
Totalt	13	517 642	8 056 018	64,3

^a Dessa parametrar är hämtade eller beräknade från bränsledatasetet.

För att uppskatta hur stor andel av bränsleförbrukningen inom varje storlekssegment som skulle kunna elektrifieras har vi använt oss av den seglade sträckan. Detta är ett grovt och förenklat antagande då bränsle-förbrukningen dels beror av fartygets storlek och last, som speglas av bland annat motorernas kapacitet, dels av hastigheten samt en rad andra parametrar. Men genom att vi har delat in fartygen i storlekklasser blir avvikelserna mellan faktiskt bränsleförbrukning per seglad distans och den här uppskattade genomsnittliga bränsleförbrukningen per seglad distans avsevärt mindre.

En mycket viktig parameter för bränsleförbrukningen är hastigheten. I ruttdatasetet finns flera mått på hastighet, bland annat medianhastigheten under cruise-delen av färden för varje rutt. Inom ramen för detta projekt har ingen analys av hastigheterna för de fartyg som har kommit med i urvalet om 30 % av seglad sträckan på en dominerande linje inkluderats. Vissa stickprovsanalyser har gjorts men här kan man i fortsatta studier med fördel gå djupare för att bedöma vilka fartyg som kan elektrifieras, eller lämpligen byta till andra bränslen.

Analysen av hur de utvalda linjerna för ropax fördelar sig på de olika storlekklasserna ange i Tabell 19. För de utvalda linjerna och fartygen inom varje storlekklass har den seglade sträckan summerats och jämförts med den totalt seglad sträckan för segmentet som hämtats från bränsledatasetet (för den delen som hanterar trafik som berör Sverige). Notera att viss diskrepans finns mellan de bägge datasetet avseende antalet inkluderade fartygen samt hur de har klassats baserat på StatCode 5. Detta leder till

att för någon storleksklass anges en högre andel än 100 % av den seglade sträckan i det utvalda segmentet.

Med antagandet om att den seglade sträckan inom varje segment också är ett hyfsat mått på andelen förbrukad mängd bränsle har vi gjort en uppskattning av hur stor andel av bränslemängden som skulle kunna ersättas genom elektrifiering till 2030 (motsvaras av fartyg som seglar på sträckor kortare än 100 km). Enligt denna uppskattning skulle 18 procent av den totala mängd bränsle som användes inom ropax- segmentet år 2019 kunna ersättas med el. Det utgör en uppskattad mängd om ca 102 000 ton bränsle årligen, vilket motsvarar ungefär 64 procent av den bränslemängd som enligt den officiella statistiken användes för inrikes sjöfart (totalt av alla fartygskategorier) år 2019¹³. Uppskattningen bygger på antagandet att ett fartyg som elektrifieras också kan använda el när det ligger i hamn så både den bränsleförbrukning som används under färd och i hamn kan ersättas. Uppskattningen skall emellertid ses som en grov uppskattning då den bygger på förenklade antaganden.

Inom de mindre storleksklasserna handlar det om fartyg som går i inrikes trafik där sträckorna ofta är betydligt kortare och som synes är bidraget från att elektrifiera dem betydligt mindre (kolumnen längst till höger i Tabell 19). I de mindre storleksklasserna har vi antagit att fartyget kan elektrifieras helt och därmed antagit att *fartygets totala seglade sträcka* kan ligga till grund för uppskattningen av hur mycket som kan elektrifieras.

I de större storleksklasserna behöver man analysera hastigheter och andra förutsättningar i detalj. Där har vi i flera fall antagit att det är *den seglade sträckan på just de utvalda linjerna* (inte fartygets totala seglade sträcka) som skulle kunna elektrifieras. Enligt Tabell 15 utgörs de utsorterade linjerna i de klasserna av ett fåtal fartyg och förutsättningen för elektrifiering påverkas starkt av motorstyrka och av hastighet. Till exempel finns ett par expressfärjor i segmentet 18000–25000 och 25000–40000 som kör på en genomsnittlig hastighet över 30 knop (jämför med Tabell 18), vilket starkt skiljer sig från klassens medelhastighet och också drar upp energibehovet (bränsleförbrukningen) rejält. För att kunna elektrifieras kanske hastigheten behöver sänkas, eller den nya konfigurationen endast utgöra en hybridisering. Men detta lämnar vi till fortsatta studier.

Vi har också gjort en kontroll för att se om det finns andra linjer med mindre andel än 30 % bland de fartyg som sällats ut, som är längre och som därför skulle försvåra eller omöjliggöra en helelektrifiering av själva fartyget. Något enstaka exempel har funnits, men i de flesta fall är ser det inte ut att vara så.

Vi har gjort samma analys för att uppskatta hur stor andel av bränsleförbrukningen inom passagerarfärjorna som skulle kunna helelektrifieras till 2030. Resultatet av den analysen redovisas i Tabell 20 samt Tabell 21. I Tabell 20 presenteras potentialen som ett spann beroende på om man antar att de utvalda fartygen kan helelektrifieras, eller om det är de utvalda linjerna som kan helelektrifieras. För att bestämma uppskattningen mer noggrant behöver man analysera mer i detalj huruvida fartygens övriga linjer är längre eller kortare än den uppsatta gränsen (100 km). Det har inte hunnits med inom ramen för det arbetspaket som redovisas i denna rapport. Den övre delen av spannet som redovisas i Tabell 20 (70 % av bränsleförbrukningen inom kategorin passagerarfärjor) motsvarar ca 4 % av bränsleförbrukningen som användes för inrikes sjöfart under 2019.

Av Tabell 21 framgår att det bland passagerarfärjorna endast förekommer fartyg i de tre minsta storleksklasserna.

¹³ Notera dock att en stor andel inte är inrikes trafik, utan utrikes ropax.

Tabell 19. Uppskattad bränslemängd inom fartygskategorin ropax (som berör Sverige) som skulle kunna ersättas genom elektrifiering till år 2030.

Huvudmotor kapacitet	Totalt seglad sträcka för fartyg med linjer < 100 km ^a	Andel av totalt seglad sträcka i storleksklassen	Seglad sträcka på inkluderade linjer <100 km	Andel av totalt seglad sträcka i storleksklassen	Bränsleförbrukning totalt	Andel av seglad sträckan som skulle kunna elektrifieras till 2030 ^b	Mängd bränsle som skulle kunna ersättas genom elektrifiering	Andel av totala bränsle-användningen som skulle kunna ersättas
[kW]	km/år	[%]	km/år	%	ton/år	%	ton/år	%
<1000	198 198	50,5	109 178	27,8	2 163	50,5	1 093	0,19
1 000–2 000	332 445	127,8	223 513	86,0	2 409	86,0	2 071	0,36
2 000–8 000	86 266	89,8	63 149	65,7	4 610	89,8	4 138	0,72
8 000–18 000	727 263	25,2	544 459	18,9	173 900	25,2	43 851	7,67
18 000–25 000	211 857	13,4	94 875	6,0	115 741	6,0	6 934	1,21
25 000–40 000	461 181	18,0	440 363	17,2	204 189	18,0	36 802	6,44
40 000–55 000	145 184	35,9	43 873	10,8	68 502	10,8	7 424	1,30
>55 000	0	0	0	0	0	0	0	0
Totalt					571 514		102 312	17,9

^a Med en dominerade rutt som utgör mer än 30 % av fartygets totala seglade sträcka inom Östersjöområdet.

^b Andelen är för de flesta segment samma som andelen seglad sträcka för de fartyg vars linjer har valts ut. I några fall är det i stället andelen av de utvalda linjernas totalt seglade distans. Detta till exempel då den totala andelen överstiger 100 % och i de fall vi har funnit att där finns en större andel fartyg som också seglar på sträckor som är längre än 100 km.

Tabell 20 Uppskattad bränslemängd inom fartygskategorin passagerarfärjor (inrikes) som skulle kunna ersättas genom elektrifiering till år 2030.

Huvudmotor kapacitet	Totalt seglad sträcka för fartyg med linjer kortare än 100 km ^a	Andel av totalt seglad sträcka för i storleks-klassen	Seglad sträcka på inkluderade linjer	Andel av totalt seglad sträcka i storleksklassen	Bränsleförbrukning totalt (baserat på bränsledata-set)	Mängd bränsle som skulle kunna ersättas av elektrifiering [ton/år]		Andel av totala bränsle-användningen som skulle kunna ersättas ^a
						Baserat på fartygens total seglade sträcka	Baserat på den totalt seglade sträckan på linjerna	
[kW]	km/år	[%]	km/år	%	ton/år			%
<1 000	763 847	86,0	351 340	39,6	5 184	4 729	2 175	45–21
1 000–2 000	341 709	53,3	148 079	23,1	4 289	2 299	996	22–10
2 000–8 000	29 231	43,7	16 046	24,0	557	245	134	2–1
Totalt					10 031	7 274	3 306	70–32

^a Variationen beror av om man använder den totala seglade sträckan på de utsorterade linjerna (lägre siffran) eller den totala seglade sträckan för utsorterade fartygen.

Tabell 21 Analys av linjerna för passagerarfärjor

Huvudmotor kapacitet [kW]	Antal linjer med minst 30 % av seglade sträckan, och frekvens minst 10 ggr/år	Antal unika fartyg	Varav relationer med medellängd			Varav rutter			Antal fartyg (berör Sverige)
			<10 km	<50 km	<100 km	Inrikes	Öster-sjön	Utanför	(från bränsle-dataset)
<1 000	59	57	17	52	59	56	3	0	56
1 000–2 000	11	11	1	8	11	11	0	0	21
2 000–8 000	2	2	0	2	2	2	0	0	4
8 000–18 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18 000–25 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25 000–40 000	0	0	0	0	0	1	0	0	0
40 000–55 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>55 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totalt	72	70							81

5. Slutsatser och diskussion

Användning av alternativa bränslen inom sjöfarten

Den nya bränslestatistiken som tagits fram av Energimyndigheten visar tydligt att LNG är ett bränsle som används inom både inrikes och utrikes sjöfart. I den inrikes sjöfarten utgjorde LNG hela 10 % av den totala bränsleförbrukningen 2019 vilket inte kan anses som obetydligt. Det är troligtvis också så att den faktiska användningen till och med är något större då underlaget för statistiken främst är baserat på passagerartrafiken samtidigt som det finns en del andra fartyg, t.ex. tankfartyg som använder LNG. Det senare har visat sig i vår enkätstudie samt vid den digitala workshop som arrangerats inom ramen för projektet.

Baserat på litteraturen finns en tydlig trend av ökande andel LNG inom sjöfarten både i Sverige och internationellt. LNG har flera fördelar, dels innehåller bränslet inget eller mycket lite svavel vilket gör att fartygen kan klara IMO:s allt striktare krav på bränslets svavelinnehåll som införts både i kustnära områden, de så kallade SECA-områdena, dels globalt.

Ett problem med LNG är dock den metanslip som kan ske i fartygens motorer och eftersom metan är en betydligt mer potent växthusgas än koldioxid kan dessa utsläpp snabbt äta upp den vinst som sker till följd av de lägre utsläppen av koldioxid. LNG är också ett fossilt bränsle, så i ett klimatperspektiv är nyttan begränsad, i synnerhet i relation till målen om 70 % reduktion av växthusgasutsläpp till 2030 och netto-nollutsläpp till 2045. Det är möjligt att direkt använda biogas (i form av LBG) i fartygs-motorer som är byggda för LNG-drift och då ökar potentialen för utsläppsminskningar avsevärt.

Enligt de data som har samlats in avseende LNG -användning för inrikes sjöfart så ser det ut som att användningen har tagit fart de senare åren. En viktig förklaring är emellertid två nya fartyg som har tagits i drift av Gotlandstrafiken och som drivs med LNG. Gotlandstrafiken utgör en betydande andel av den svenska inrikes sjöfarten.

Användning av LBG har inte kunnat påvisas i den data som har samlats in för 2019 i denna studie, men uppgifter om att till exempel Destination Gotland blandar in upp till 10 % LBG i sina LNG-fartyg sedan februari 2021 visar att det snabbt skulle kunna ske en förändring.

Inom passagerartrafiken finns en tydlig trend för omställning. Elektrifiering anses vara möjlig på många sträckor och HVO används i relativt stor utsträckning men anses vara en mer kortsiktig lösning. HVO används i huvudsak inom svensk inrikes sjöfart och framför allt kopplat till upphandlad kollektivtrafik och Trafikverket Färjerederiets färjor. Det finns dock, bland berörda aktörer, viss oro kring tillgången på HVO samt att priset är högt. Detta har framkommit vid diskussioner med verksamhetsutövare, i rapporter från myndigheter och det syns även i de insamlade data där mängden använd HVO fluktuerar en del över åren.

Sammanställningen visar att alternativa bränslen (inklusive LNG och HVO men också el och metanol) används både inom linjesjöfart och offentligt finansierad (upphandlad) sjöfart. Det används även i andra segment, till exempel tankfartyg men här saknas en egentlig kartläggningen inom ramen för detta projekt. Att LNG används av tankfartyg framkommer t.ex. genom litteraturen och diskussioner med branschen.

Vid den workshop som anordnades med olika aktörer inom branschen framkom att det som styr efterfrågan på alternativa framdriftstekniker skiljer sig åt mellan olika segment; för den upphandlade trafiken är kraven i upphandlingen styrande, för kommersiell sjöfart är kundernas efterfrågan, betalningsvilja och långsiktighet viktig. Samarbete mellan olika aktörer; till exempel mellan fartygsägare och lastägare, var också något som återkommande lyftes som en viktig faktor för att få till en omställning. Att samarbete mellan flertalet olika aktörer är viktigt nämns även i litteraturen.

För omställningen av inrikes sjöfart har det offentliga (staten och andra offentliga aktörer) stor påverkansmöjlighet, då vår sammanställning visar att nästan 50 % av bränsleanvändningen utgörs av

statligt ägda eller upphandlade fartyg. Gotlandstrafiken som upphandlas av Trafikverket utgör den enskilt största andelen och svarar för ca 35 % av den inrikes sjöfartens bränsleanvändningen. Andra stora statliga aktörer är Trafikverket Färjerederiet, Sjöfartsverket, och Kustbevakningen. Kollektivtrafik till sjöss svarar för ca 7 % av bränsleförbrukningen inom den inrikes sjöfarten och domineras stort av två upphandlande aktörer; Västtrafik och Region Stockholm.

Baserat på de mål som olika aktörer har satt upp inom kollektivtrafiken, färjerederier samt statlig verksamhet kommer användning av alternativa bränslen inom sjöfarten och elektrifieringen av densamma, att öka under kommande år.

Potential för omställning

Av de linjer som sorterades ut i vår analys där enskilda fartyg hade mer än 30 % av sina totalt seglade sträckor, kunde som väntat en stor del (64 %) kopplas till passagerartrafik (uppsummerat ropax, passagerarfärjor, kryssningsfartyg), men det förekommer också en del dominerande linjer inom segmentet biltransportfartyg. Ser man till antalet fartyg/linjer är dock de utvalda linjerna inom kryssningsfartygen endast ett fåtal. För ropax och passagerarfärjor stod trafiken på de utvalda linjerna för 70 respektive 34 procent av totalt antal seglade kilometer för segmenten. För kryssningsfartygen var andelen 25 procent och för biltransportfartyg 25 procent. För biltransportfartygen konstaterades också att de i de allra flesta fall kör på linjer som lämnar Östersjön och därmed är längre än 100 km, vilket sattes som gräns för potentiell elektrifiering. Ser man till de totalt seglade kilometrarna för de fartyg med linjer som sorterades ut blir andelarna större 91 % respektive 70 % för ropax och passagerarfärjor samt 36 procent och 33 procent för kryssningsfartyg och biltransportfartyg.

Enligt en grov potentialuppskattning för helelektrifiering (fall där de dominerande linjerna är kortare än 100 km) kan betydande andelar av bränsleförbrukningen hos ropax-fartygen, 18 procent, och passagerarfartygen, 32–70 procent, ersättas av el till 2030.

Ropax segmentet står för den större andelen av den totala bränsleförbrukningen för trafik som berör Sverige, 41 % jämfört med 5 % för passagerarfärjorna. De inrikes ropax-fartygen domineras helt av Gotlandstrafiken och de linjer som går till Gotland är längre än de 100 km som satts som en gräns för vad som skulle kunna hel-elektrifieras till 2030. Detta betyder att den bränsleförbrukning från ropax-segmentet som skulle kunna ersättas genom helelektrifiering i stor utsträckning utgörs av internationell trafik, kopplad till fartyg som går mellan Sverige och våra närmsta grannländer.

Den förenklade analys av elektrifieringspotentialen som gjorts här kan kompletteras på flera sätt. Analyser av hastigheter och av fartygens ruttlängder på övriga rutter (utöver dem som inkluderats i urvalet) kan förbättra uppskattningen av vilka fartyg som skulle kunna elektrifieras. Vidare kan frekvens och tid i hamn vara viktiga parametrar. Slutligen kan individuella bedömningar avseende fartyget, som utrymme ombord och känslighet för extra vikt för batterier, bidra till en bättre uppfattning. Detta har inte rymts inom ramen för detta arbete. Kompletteringar av den förenklade analys av elektrifieringspotentialen kommer att göras inom ramen för arbetspaket 2 och 3, men exakt vilka av ovanstående fördjupade analyser som kommer att göras är inte fastslaget.

För passagerarfärjorna uppskattas att en hög andel skulle kunna elektrifieras, detta eftersom de framför allt seglar kortare sträckor. Generellt sett är detta dock mindre fartyg så möjligen är de mer känsliga för extra vikt och utrymme. Vidare är det mer troligt att flertalet av dessa fartyg har en hemmahamn och således blir även bränsleförsörjningen enklare i det fall man skulle välja att gå över till ett annat bränsle jämfört med fartyg i andra kategorier som oftare seglar längre rutter och besöker fler hamnar. Det senare gäller såklart även för ropaxfartygen.

För passagerarfartygen som i större utsträckning utgörs av mindre fartyg kan det också vara så att de trafikerar mindre hamnar och där kan elförsörjningen vara ett större problem än i större hamnar. Fartygen är dock relativt små och skulle därmed kräva mindre laddning, vilket reducerar behovet av kapacitet i elnätet.

Referenser

- Andreasson, B., Holmin-Fridell, S., Hagander, A., 2021. Fossilfri flotta - Regeringsuppdrag att analysera och föreslå hur myndighetens båt- och förtygsflotta skulle kunna bli fossilfri (Sjöfartsverket No. Dnr 20-02039). Sjöfartsverket, Norrköping, Sweden.
- Bakhtov, A., 2019. Alternative fuels for shipping in the Baltic Sea Region (EnviSuM). HELCOM, Helsingfors, Finland. <https://www.helcom.fi/wp-content/uploads/2019/10/HELCOM-EnviSUM-Alternative-fuels-for-shipping.pdf>
- Björk Hanna, information vid intervju 19-09-30. Hållbarhetschef, Västtrafik.
- Chryssakis, C., 2021. Market uptake of LNG as fuel - Status and prospects. Presentation vid webinar "LNG as ship fuel - where are we and what comes next?" organiserad av DNV GL 2021-05-11.
- Chryssakis, C., 2020. Uptake of alternative fuels; status and trends. Online presentation vid Maritime Alternative Fuels Online Conference den 2020-10-15. <https://www.dnv.com/maritime/webinars-and-videos/on-demand-webinars/alternative-fuels-online-conference-2020.html>
- Dalsøren, S.B., Eide, M.S., Endresen, Ø., Mjelde, A., Gravir, G., Isaksen, I.S.A., 2009. Update on emissions and environmental impacts from the international fleet of ships: the contribution from major ship types and ports. Atmos. Chem. Phys. 9, 2171–2194. <https://10.5194/acp-9-2171-2009>
- Destination Gotland, 2021. Destination Gotland [WWW Document]. Destination Gotland - om oss. <https://www.destinationgotland.se/sv/om-oss/destination-gotland-ab/> (hämtad 2021-03-11).
- Directive 2014/94/EU, 2014. Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council on the deployment of alternative fuels infrastructure.
- Eklöf, H., Edling Hansson, M., 2019. Trafikverkets miljörapport 2018 (No. 2019:070). Trafikverket, Borlänge, Sverige. https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/61086/Ineko.Product.RelatedFiles/2019_070_trafikverkets_miljorapport_2018.pdf
- EMSA THETIS-MRV. Tillgänglig från <https://mrv.emsa.europa.eu/>
- Endresen, Ö., Eide, M.S., Longva, T., 2018. Maritime Forecast to 2050 - Energy Transition Outlook 2018 (DNV GL). DNV GL.
- Energimyndigheten, 2021. Energianvändning i transportsektorn (inrikes och utrikes) uppdelad på transportslag samt bränsleslag (Statistikdatabasen). Energimyndigheten. https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/Transportsektorns%20energianv%C3%A4ndning/-/EN0118_3.px/?rxid=fdcf28ed-235c-4455-8987-9c97d4189302
- Energimyndigheten, 2020. Årlig Energibalans (Statistikdatabasen), Energibalans 2005-. Energimyndigheten. https://pxexternal.energimyndigheten.se/pxweb/sv/%C3%85rlig%20energibalans/%C3%85rlig%20energibalans_Balanser/EN0202_A.px/?rxid=2c91707b-7c5e-405b-b132-3aac75a4a172
- Energimyndigheten, 2019. Energipilot Gotland - Färdplan för att möjliggöra att Gotland blir pilot för ett hållbart energisystem (Energimyndigheten rapport No. ER 2019:09). Energimyndigheten, Eskilstuna, Sweden. https://www.energimyndigheten.se/globalassets/klimat--miljo/gotlandsuppdraget/energipilot-gotland-er-2019_09_webb.pdf
- Energimyndigheten, 2017. Sjöfartens omställning till fossilfrihet (No. ER 2017:10). Eskilstuna, Sverige.
- Färjerederiet, 2020a. Eldrivna färjor [WWW Document]. Eldrivna färjor. URL <https://www.trafikverket.se/farjerederiet/om-farjerederiet/klimat-och-miljo/eldrivna-linjarjor/> (hämtad 2021-05-10).

- Färjerederiet, 2020b. Fyra nya elfärjor till Stockholms skärgård [WWW Document]. Fyra nya elfärjor till Stockholms skärgård. URL <https://www.trafikverket.se/farjerederiet/om-farjerederiet/nyheter---farjerederiet/Nyheter/2020/fyra-nya-elfarjor-till-stockholms-skargard/> (hämtad 2021-05-10).
- Färjerederiet, 2017. Färjerederiets årsrapport 2017 (Trafikverket). Färjerederiet, Vaxholm.
- Garberg, B., 2016. Regeringsuppdrag - Analys av utvecklingspotential för inlands- och kustsjöfart i Sverige - Huvudrapport (No. DNR 16-00767). Sjöfartsverket, Norrköping, Sweden.
- Hägg, M., Pettersson, S., Rylander, R., Borgh, M., Broman, M., Daun, V., Ellis, J., Lundbäck, O., Santén, V., Wikander, M., 2018. Elektrifiering av sjöfarten - en nulägesbeskrivning av teknik och marknadsläge inom maritim elektrifiering och analys av behov och möjligheter för elektrifiering inom sjöfarten. Lighthouse, Gothenburg, Sweden.
https://www.lighthouse.nu/sites/www.lighthouse.nu/files/elektrifiering_webb.pdf
- Havs och vattenmyndigheten, 2018. Sjöfart. URL <https://www.havochvatten.se/miljopaverkan-och-atgarder/miljopaverkan/forening-och-farliga-amnen/sjofart.html> (Hämtad 2021-05-06).
- Hjalmarsson, J., 2018. Omställning till fossilfrihet för statligt ägda fartyg - ett regeringsuppdrag (Trafikverket No. 2018:236). Trafikverket, Borlänge, Sweden.
- IHS Markit, 2017. IMO Ship and Company Number Scheme - StatCode 5 Shiptype Coding System.
<https://ihsmarkit.com/products/imo-ship-company.html>
- IMO, 2020. Fourth IMO GHG study 2020 (No. MEPC 75/7/15). International Maritime Organization.
- IMO MEPC, 2018. Initial IMO strategy on reduction of GHG emissions from ships - Annex 11 (Resolution No. MEPC.304(72)). IMO.
- Jalkanen, J.-P., Brink, A., Kalli, J., Pettersson, H., Kukkonen, J., Stipa, T., 2009. A modelling system for the exhaust emissions of marine traffic and its application in the Baltic Sea area. Atmospheric chemistry and Physics 12, 9209–9223. <https://doi.org/10.5194/acp-9-9209-2009>
- Jivén, A., Renhammar, T., Sköld, S., Styhre, L., 2016. Sjöfartens energianvändning - Hinder och möjligheter för omställning till fossilfrihet. Koucky & Partners på uppdrag av Energimyndigheten. https://www.energimyndigheten.se/globalassets/klimat--miljo/transporter/sjofartens-energianvandning_slutrapport_feb.pdf
- Jivén, K., Mellin, A., Styhre, L., Garne, K., 2020. Fossilfri kollektivtrafik på vatten - Förstudie kring hinder och möjligheter för färjor med hög miljöprestanda (Lighthouse - Swedish Maritime Competence Centre). Lighthouse.
- Johansson, L., Jalkanen, J.-P., 2016. Emissions from Baltic Sea Shipping in 2015 (HELCOM No. Baltic Sea Environment Fact Sheet 2015). Finnish Meteorological Institute.
<http://www.helcom.fi/baltic-sea-trends/environment-fact-sheets/maritime-activities/emissions-from-baltic-sea-shipment> (hämtad 2019-03-15)
- Jonsson, L., Pyk, F., Molker, A., 2019. Minskad skattenedsättning av fossilt bränsle för persontransporter med inrikes sjöfart och för kraftvärmeproduktion (Naturvårdsverket rapport No. 6875). Naturvårdsverket, Stockholm, Sverige.
- JRC, DG Mobility and Transport, 2020. State of the Art on Alternative Fuels Transport Systems in the European Union - Update 2020. European Commission, Brussels, Belgien. doi: 10.2771/29117
- Nilsson, J., 2021. Uppdrag att analysera och föreslå hur myndighetens fartygsflotta skulle kunna bli fossilfri (Ärende nr 2020-1103). Kustbevakningen, Karlskrona, Sverige.
- P4 Gotland, 2021. Destination Gotland ökar mängden biogas - och minskar utsläppen. Sveriges Radio, P4 Gotland. <https://sverigesradio.se/artikel/destination-gotland-okar-mangden-biogas-och-minskar-utslappen>

- Pöldma, M., 2019. Vision 45 - Färjerederiets långsiktiga tonnageplan (uppdaterad version aug 2019) (Trafikverket No. Vision 45 publik version 0.2). Trafikverket, Vaxholm.
- Pöldma, M., 2018. Inriktningsplan för klimatneutral färjdrift 2045 (No. Trafikverket). Trafikverket.
- Port of Los Angeles, 2010. Inventory of air emissions - 2009 (Technical Report No. ADP #050520-525). Port of Los Angeles.
- Region Gotland, 2021. Gotlandstrafiken nu och då [WWW Document]. Gotlandstrafiken nu och då. <https://www.gotland.se/34274> (hämtad 2021-05-12).
- Region Stockholm, 2021. Miljö- och klimatarbete i kollektivtrafiken [WWW Document]. Region Stockholm kollektivtrafik. <https://www.sll.se/verksamhet/kollektivtrafik/miljo--och-klimatarbete-i-kollektivtrafiken/> (Hämtad 2021-03-11).
- Schagerström Melin, T., Tersmeden, S., 2015. Kartläggning av marknaden kollektivtrafik på vatten (No. TSS 2015-1779). Transportstyrelsen, Norrköping, Sweden.
- SFS 2019. SFS 2019:632 Lag om ändring i fartygssäkerhetslagen (2003:364).
- SSPA, 2019. New electric ferry, Elvy [WWW Document]. SSPA News. <https://www.sspa.se/news/new-electric-ferry-elvy> (Hämtad 2020-12-01).
- Stockholms Hamn, 2017. Fossilbränslefri sjöfart - Uppdrag i strategi för fossilbränslefritt Stockholm 2040 (No. 8.1). Stockholms Hamn. <https://insynsverige.se/documentHandler.ashx?did=1911738>
- Trafikanalys, 2020. Sjötrafik 2019 - (No. Sammanfattning av 2020:15). Trafikanalys.
- Trafikförvaltningen, 2020. Trafikförvaltningens miljöredovisning 2019 (No. Version 1.1). Region Stockholm Trafikförvaltningen, Stockholm, Sverige.
- Trosvik, L., Vierth, I., Andersson Sköld, Y., 2020. Maritime transport and air emissions in Sweden and business-as-usual scenarios for 2030 and 2045 - Based on AIS data in 2015 (No. N23A-2019).
- US EPA, 1999. Compilation of Air Emissions Factors Ap42 External Combustion Sources. Vol 1, section 1.3. US EPA.
- Västtrafik, 2019. Ny miljö- och klimatplan för Västtrafik [WWW Document]. Västtrafik. <https://via.tt.se/pressmeddelande/ny-miljo--och-klimatplan-for-vasttrafik?publisherId=3072694&releaseId=3267394> (hämtad 2021-03-11).
- Waxholmsbolaget, 2021. Våra trafikentreprenörer [WWW Document]. <https://waxholmsbolaget.se/om-oss/trafikentreprenorer> (hämtad 2021-03-11).
- Whall, C., Cooper, D., Archer, K., Twigger, L., Thurston, M., Ockwell, D., McIntyre, A., Ritchie, A., 2002. Quantification of emissions from ships associated with ship movements between port in the European community. Entec UK Limited for the European Commission.
- Windmark, F., 2021. Beskrivning av den svenska fartygsflottan 2019 - Redovisningsdokument (No. version 1.1). SMHI, Norrköping, Sverige. Inkluderad som bilaga 1 i denna rapport.
- Windmark F 2019. Beskrivning av den svenska fartygsflottan 2015. Redovisningsdokument (no 2.2). SMHI, Norrköping; Sverige. DNR 2019/798/9.5
- Windmark, F., Jakobsson, M., Segersson, D., 2017. Modellering av sjöfartens bränslestatistik med Shipair (SMHI No. 2017–10). SMHI, Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Norrköping, Sweden.
- Winnes, H., Fridell, E., Hansson, J., Jivén, K., 2019. Biofuels in low carbon shipping. Triple F, Göteborg, Sweden. https://triplef.lindholmen.se/sites/default/files/content/resource/files/biofuels_for_low_carbon_shipping.pdf

WSP, 2018. Utredning gällande fartygsåtgärder - Anpassning av färjetrafiken (No. Uppdragsnummer 10270371). WSP på uppdrag av Västtrafik.

Bilaga 1 Beskrivning av den svenska fartygsflottan 2019

Bilagan är inte tillgänglighetsanpassad. Kontakta författaren till VTI-rapporten för förklaring.



Författare:

Fredrik Windmark

Granskningsdatum:

Mottagare:

VTI

Granskare:

Dnr:

2020/2046/9.5

Version

1.1

Beskrivning av den svenska fartygsflottan 2019

Redovisningsdokument

Fredrik Windmark

Uppdragstagare

SMHI

601 76 Norrköping

Projektansvarig

Fredrik Windmark

011-495 84 32

Fredrik.Windmark@smhi.se

Uppdragsgivare

VTI

Box 8072

402 78 Göteborg

Kontaktperson

Kristina Holmgren

Kristina.Holmgren@vti.se

Klassificering

Allmän () Affärssekretess

Nyckelord

Sjöfart, Modellerling, Bränsleförbrukning, Shipair, Fartygsstatistik

Övrigt

1 Inledning

Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI) driver tillsammans med Sjöfartsverket, Färjerederiet och Chalmers projektet ”Potential och förutsättningar för svensk sjöfarts omställning till fossilfri framdrift”. En del av det projektet syftar till att ta fram bättre data över faktisk sjöfartsaktivitet och bränsleförbrukning.

SMHI har här tagit fram sådan data med hjälp av modellsystemet Shipair, som innehåller en bottom-up-modell för att beräkna bränsleförbrukning och följa östersjöfartens aktivitet genom att kombinera AIS-data med detaljerade fartygsegenskaper. Beräkningarna har utförts för år 2019 och följer metodik som tidigare togs fram för år 2015 i Windmark (2019). I beräkningarna har information tagits fram om bränsleförbrukning och typiska fartygsparametrar uppdelade efter fartygskategorier och motorstyrkeklasser. Bland fartygsparametrarna hör sådana som antal fartyg i varje kategori, motorstyrka, designhastighet och registrerad hastighet samt färdad distans under året.

Under projektet tas även underlag fram för att kunna identifiera fartyg i linjetrafik. Definitionen av linjetrafik är inte tydlig, men en indelning skulle kunna göras efter antalet anlöp till en och samma hamn. En sådan funktionalitet finns inte inbyggd i Shipair idag, men vi har utvecklat en ny metod utanför systemet för extraktion av ruttinformation på fartygsnivå. Resultaten ifrån den extraktionen kan sedan kombineras med resultaten ifrån Shipair-beräkningarna för att exempelvis uppskatta linjesjöfartens bränsleförbrukning.

2 Shipair

Shipair-systemet baseras på AIS-data (Automatic Identification System), som är ett globalt system som används för att identifiera fartyg och följa deras rörelser. Användning av AIS är sedan 2007 obligatorisk för fartyg i internationell trafik med en bruttodräktighet över 300 GT samt för samtliga passagerarfartyg. På grund av säkerhetsfördelarna används det dock i dagsläget av de allra flesta kommersiella fartyg och även ett ständigt växande antal fritidsbåtar. Shipair har sedan 2009 kontinuerligt samlat in AIS-data för Östersjön och Västerhavet genom HELCOM-samarbetet via Sjöfartsverket. Shipairs modellområde innehåller årligen cirka 20 000 fartyg och mer än 10 000 fritidsbåtar.

AIS-systemet består delvis av dynamisk data, såsom position, hastighet och driftläge, och delvis av statistiska parametrar, som identitet och storlek. Eftersom de statistiska parametrarna fylls i manuellt av användaren utan kvalitetssäkring så bedöms deras kvalitet som mycket osäker. Shipair använder därför primärt den dynamiska datan ifrån AIS-systemet, och använder AIS-transponderns unika MMSI-nummer och, i den mån det går, det angivna IMO-numret för att slå upp fartygsegenskaper i externa tekniska databaser. Till dessa egenskaper hör parametrar som motorstyrka hos huvud- och hjälpmotorer, storlek och fartygstyp, designhastighet och fartygsålder. Det senaste uttaget ifrån den viktigaste tekniska databasen, IHS Fairplay, gjordes senast 2016, så för fartyg som tillkommit efter det finns generellt färre kända parametrar.

Då de tekniska fartygsdatabaserna ofta kan sakna en eller flera viktiga egenskaper för ett fartyg fylls sådana i efter fartygsmallar baserade på statistik som tas fram ifrån liknande fartyg (i samma eller liknande fartygskategori) med kända egenskaper. Vissa parametrar som motorstyrka skalas efter fartygets storlek, som är den parameter tillsammans med fartygskategorin som oftast är känd. Generellt så kan man säga att ju större ett fartyg är, desto större är sannolikheten att dess egenskaper är kända.

För att kunna beräkna ett fartygs energibehov så används ett fartygs hastighet (som beräknas genom avståndet som ett fartyg förflyttat sig mellan två tidssteg) i kombination med dess geografiska position; huruvida ett fartyg befinner sig i en hamn, i ett hamninlopp eller ute till havs. Ifrån detta beräknar Shipair bränsleförbrukningen ifrån huvudmotorerna (Jalkanen m. fl., 2009), som driver fartyget framåt, hjälpmotorerna, som driver fartygets elsystem och eventuella värmepannor, som värmer upp fartyget. Användningsgraden av huvud- och hjälpmotorer baseras på bland annat Whall m. fl. (2002), Dalsøren m. fl. (2009) och användningen av värmepannor baseras på Port of Los Angeles (2009) och US EPA (1999).

Shipair är i dagsläget inte anpassat för att hantera alternativa bränslen som LNG eller eldrift. Beräkningarna som presenteras i det här projektet är därför baserade på antagandet att samtliga fartyget drivs av eldningsolja. Under 2019 som var det fortfarande bara ett fåtal fartyg som drevs på alternativa bränslen, men påverkan

Kategori	StatCode5	Beskrivning
Tanker ships	A1	Including vessels carrying liquefied gas, chemicals, oil, and other liquids
Bulk carriers	A2	Including vessels carrying bulk dry, bulk dry/oil, self discharging bulk dry, and other bulk dry
Cargo ships	A31, A32, A34, A38	Including vessels carrying general cargo, passenger/general cargo, refrigerated cargo, and other dry cargo
Container ships	A33	Including vessels carrying containers
RoPaX	A36	Including vessels carrying passenger/Ro-Ro cargo
Passenger cruise	A37A	Including passenger cruise ships
Passenger ferry	A37B	Including passenger ships
Fishing vessels	B1	Including vessels for fish catching and other fishing
Service ships	B2, B3	Including vessels for offshore supply (e.g. platform supply ships, drilling ships, and pipe burying vessels) and miscellaneous (e.g. research vessels, towing/pushing vessels, icebreakers, and dredging vessels)
Vehicle carriers	A35	Including vessels carrying Ro-Ro cargo
Other	W, X, Y, Z	W = Inland waterways, X = Non-merchant ships, Y = Non-propelled ships, and Z = Non-ship structures
Rest	Unclassifiable ships	Ships with unknown statcode

Tabell 1: Fartygskategorier som använts i projektet och deras motsvarande Statcode5-kod. Fritidsbåtar har exkluderats ifrån beräkningarna.

kan vara signifikant på enskilda fartygs- och motorstyrkekategorier.

3 Metodik

3.1 Beräkningar med Shipair

I detta projekt har fartyg delats in efter fartygskategori och motorstyrka. Shipair-systemet klassificerar fartyg efter StatCode5¹, som har använts för att dela in fartygen i kategorier enligt tabell 1. StatCode5 beskriver varje fartyg i fem progressivt mer detaljerade nivåer; exempelvis beskriver A13A2TW en Crude/Oil Products Tanker, där A anger att fartyget är cargo carrying, A1 anger att fartyget är en tanker, A13 anger att det är en oljetanker, osv. Detta fartyg skulle därför tillhöra kategorin Tanker ships, som inkluderar alla statcodes som börjar med A1. Fartygsklassificeringen är en av parametrarna som oftast är kända ifrån de externa fartygsdatabaserna, så denna kategorisering bedöms hålla god kvalitet.²

För motorstyrkorna har åtta intervall definierats efter huvudmotorernas styrka ifrån < 1000 kW som det lägsta intervallet till > 55000 kW som det högsta. Huvudmotorernas styrka är direkt kända för ungefär 60% av fartygen i Shipair-databasen, men fartyg inom samma StatCode5-klassificering följer ofta en tydlig relation mellan motorstyrka och gross tonnage (bruttodräktighet). Gross tonnage, som är känd för över 90% av fartygen, kan därför användas för att ansätta rimliga motorstyrkor för ytterligare 30% av fartygen. För de resterande fartygen ansätts gross tonnage ifrån statistik baserad på kända fartyg i samma fartygskategori, och därifrån sätts motorstyrkan.

Fartygens rörelser delas också in i rutter (Windmark m. fl., 2017). En rutt i Shipair används för att identifiera mellan vilka länder som ett fartyg rört sig. För att en rutt ska startas eller avslutas krävs det att fartyget ligger still, för ankar eller vid kaj, inuti en så kallad destinationspolygon som finns definierad för varje land runt Östersjön. Detta betyder att ett fartyg inte nödvändigtvis behöver stanna till inuti en hamn för att det ska definieras som att det besökt ett land, utan fartyg som ligger för ankar strax utanför en hamn och exempelvis bunkrar registreras också. Destinationspolygonerna är definierade relativt snävt utmed varje lands kust för att inte felaktigt fånga upp fartygstafrik som ligger till ankar utan att interagera med ett land.

I det här projektet har två typer av trafik valts ut och gjorts separata beräkningar för:

¹<https://ihsmarkit.com/newsletter/maritime-information/innovations-voll-2011/statcode.html>

²För vissa fartygstyper kan det dock förekomma otydligheter över vilken StatCode5-kategori de tillhör. Exempelvis Trafikverkets vägfärjor klassificeras både som W12D Passenger/Ro-Ro Cargo (Inland Waterways) och som A36A Passenger/Ro-Ro Cargo (Cargo Carrying), och hamnar därför delvis under kategori Other och delvis under RoPaX.

- **Trafik som involverar Sverige.** Alla fartygsrutter som antingen börjat eller slutat i Sverige.
- **Inrikestrafik.** Alla fartygsrutter som både börjat och slutat i Sverige.

Notera att inrikestrafiken är en delmängd av trafiken som involverar Sverige.

3.2 Ruttinformation på fartygsnivå

För att kunna identifiera fartyg i linjetrafik behövs funktionalitet för att registrera anlöp i specifika hamnar. En sådan möjlighet, liknande den som finns i Shipair för anlöp till specifika länder, finns inte i systemet idag. Det går i systemet att avgöra att ett fartyg anlöpt hamn, men inte att urskilja individuella hamnar. Det går därför heller inte att i Shipair idag göra specifika beräkningar av bränsleförbrukningen för linjetrafiken.

Istället har vi i det här projektet valt att utveckla ny funktionalitet utanför systemet men fortfarande baserat på Shipairs AIS- och fartygsdatabaser. Genom den nya metodiken har vi extraherat en lista med ruttinformation på fartygsnivå för år 2019. I listan anges för varje fartyg dess egenskaper, vilka rutter fartyget gått i och statistik för varje rutt. Genom att kombinera informationen från den framtagna listan med resultaten ifrån Shipair-beräkningarna kommer det sedan gå att uppskatta bränsleförbrukning och färdad distans för fartyg i linjetrafik.

Listan med ruttinformation har tagits fram i det här projektet, men klassificeringen av linjefartyg och bränsleförbrukningsuppskattningen kommer att göras separat av VTI.

I den nya metodiken extraheras för varje fartyg en tidsserie ifrån Shipair-databasen av dess rörelser under 2019 med fem-minuters-upplösning. Tidsserien innehåller information om fartygets position, dess driftstatus (cruise, manövrering, still vid kaj, för ankar) och start- och slutland för den aktuella rutt.

Baserat på ovanstående data delas sedan tidsserien in i rutter som avgränsas av när fartygen antingen legat still i en hamn (vilka finns definierade i Shipair för hela modellområdet) eller om signalen bryts eller dyker upp utanför någon hamn. Dessa positioner kategoriseras sedan för varje enskilt fartyg enligt en hierarkisk klustringsmetod. För hamnbesök görs klustringen inom ett avstånd på 1000 meter, och för fallen utanför hamnområden görs det inom ett avstånd på 10000 meter. Vi låter sedan varje sådant kluster representeras av medelkoordinater bland alla dess anlöpspositioner. Eftersom den här indelningen görs fartygsvis går det inte att ta fram gemensamma medelkoordinater för varje hamn, utan två fartyg som besöker samma hamn skulle få olika medelkoordinater beroende på vilka kajer som de besökt.

För kluster utanför hamnar görs en indelning i sådana som dyker upp eller försvinner vid modellområdets utkant (vilket markerar fartyg som kommer ifrån eller är på väg till destinationer utanför Östersjön och Västerhavet) eller sådana som uppträder inom modellområdet (vilket betecknar fartyg där AIS-signalen gått förlorad, och där vi då inte har all information om hur fartygets rutt ska klassificeras).

Genom den här metodiken går det därmed att för exempelvis ett fartyg i regelbunden trafik mellan Stockholm, Mariehamn och Helsingfors dela in dess rörelser i rutterna Stockholm-Mariehamn, Mariehamn-Helsingfors, Helsingfors-Stockholm, osv. Ovanstående rutter kan sedan beskrivas genom exempelvis antalet resor, ruttens medellängd, medelrestid, medelhastighet och ruttens nationalitet (Sverige-utrikes, utrikes-utrikes, utrikes-Sverige, osv). För en beskrivning av alla parametrar som tas fram i listan, se appendix B.

Notera att tekniken för ruttindelning skiljer sig något mellan Shipair-systemet och den nya metodiken. Den nya metodiken är i vissa avseenden något striktare för att undvika påverkan ifrån skräpig AIS-data, och i vissa något mer inkluderande för att kunna fånga upp fartyg som lämnar modellområdet. Listan med ruttinformation är inte heller komplett och inkluderar bara de viktigaste rutterna för varje fartyg, så om ett fartyg bara gör en enstaka inrikes rutt är det möjligt att den inte tagits med i listan.

Det leder till att antalet fartyg skiljer sig något åt mellan listan med ruttinformation på fartygsnivå jämfört med tabellerna ifrån Shipair-beräkningarna. På grund av att Shipairs definition av rutter och svenska anlöp skiljer sig åt mot andra metoder så kan det också skilja sig åt mot exempelvis Trafikanalys hamnstatistik.

4 Resultat

I appendix A visas exempel på geografiskt fördelade bränsleförbrukningsresultat ifrån Bulk carriers, RoPax-fartyg, Service ships och Tanker ships för de två trafiktyperna (trafik som involverar Sverige och inrikestrafik). Här kan man se olika rörelsemönster för olika fartygskategorier. RoPax-fartygen rör sig med få undantag på väldefinierade rutter medan tanker- och bulkfartygen rör sig mer fritt men mellan primärt de större hamnarna och Service-fartygen rör sig mellan fler hamnar och oftare utanför de stora farlederna.

I flera av figurerna registreras inrikestrafik för rutter som går mot danska Skagen. Majoriteten av dessa rutter har vid en närmare undersökning sett ut att ha klassificerats korrekt, då de i stor utsträckning bunkrat eller interagerat med andra fartyg i bunkringszonen utanför hamnen.

Det är dock möjligt att enstaka rutter kan felklassificerats. Detta är ett problem som ibland kan uppstå när AIS-meddelanden från ett fartyg tillfälligt avbrutits, vilket kan orsaka svårigheter för Shipair att korrekt klassificera ruten. Ett annat alternativ som främst gäller de mindre fartygen är när anlöpstiden är så kort att Shipair med sin fem-minutersupplösning inte kan avgöra om fartyget legat stilla. Notera dock att figurerna visar den logaritmiska bränsleförbrukningen, vilket får små siffror att framstå som mer betydande än vad de är.

I figur 5 visas ett par exempel på bränsleförbrukningen i hamn för bulk- och RoPax-fartygen.

Resultaten finns sammanställda i appendix C för fartyg i trafik som involverar Sverige och i D för fartyg i inrikes trafik. I tabellerna redovisas för varje motorstyrkekategori antal fartyg som faller inom intervallet och medelvärdet av deras bruttodräktighet (GT), dödvikt (DWT, i enheten long ton), fartygsålder, huvud- och hjälpmotorstyrka samt designhastighet (den maximala hastigheten som fartygen är byggda för utan att motorerna tar skada). Dessa har alla extraherats direkt ifrån Shipairs fartygsdatabas.

Parametern dödvikt lades till efter att fartygsdatabaserna skapades, och enbart för de fartyg där parametern är känd ifrån externa fartygsdatabaser (övriga parametrar fylls i med hjälp av statistik ifrån liknande fartyg). För att undvika ett felrepresenterat medelvärde för dödvikten i tabellerna har därför medelvärdet strukits i de fall där parametern är känt för mindre än 30% av fartygen.

Efterföljande parametrar i tabellerna har alla beräknats i modellen. Dessa är medelhastigheten vid cruise, den totala distansen som fartygen har rört sig, den totala bränsleförbrukningen (vid cruise, manöverläge, till ankar och vid kaj), den totala bränsleförbrukningen vid kaj och den totala tiden som fartygen spenderat vid kaj.

För att räkna ut bränsleförbrukning (FC) per kilometer behöver man räkna

$$FC_{\text{rörelse}}/\text{km} = \frac{FC_{\text{tot}} - FC_{\text{kaj}}}{\text{distans}} \quad (1)$$

Bränsleförbrukningshastigheten vid kaj kan räknas ut genom att dividera den totala bränsleförbrukningen vid kaj med den totala tiden som spenderats vid kaj. Förbrukningen vid kaj kommer till största delen ifrån hjälpmotorerna, som används för att driva elsystemen ombord, men också till en mindre del (beroende på fartygskategori) ifrån värmepannor ombord. Det exakta energibehovet vid kaj är svårare att uppskatta än för ett fartyg i rörelse, och baseras på en användningsgrad av motorerna som beror på fartygskategori. Ett passagerarfartyg förväntas exempelvis ha större energibehov än ett fraktfartyg på grund av elanvändning i kabiner och i servicefaciliteter.

Notera att designhastighet och medelhastighet inte är två direkt jämförbara storheter. Detta kommer sig delvis av att medelhastigheten inte bara räknas utifrån de tider då fartygen går i cruise med sin maxhastighet, utan att det även innefattar exempelvis långsamt manövrerande inför anlop till kaj. Det är heller inte normerat efter hur mycket varje fartyg rör sig, så om ett fartyg i en kategori med tio fartyg utfört 90% av den totala distansen så har det haft stor påverkan på kategorins medelhastighet samtidigt som fartyget bara påverkat den angivna medel-designhastigheten med en tiondel.

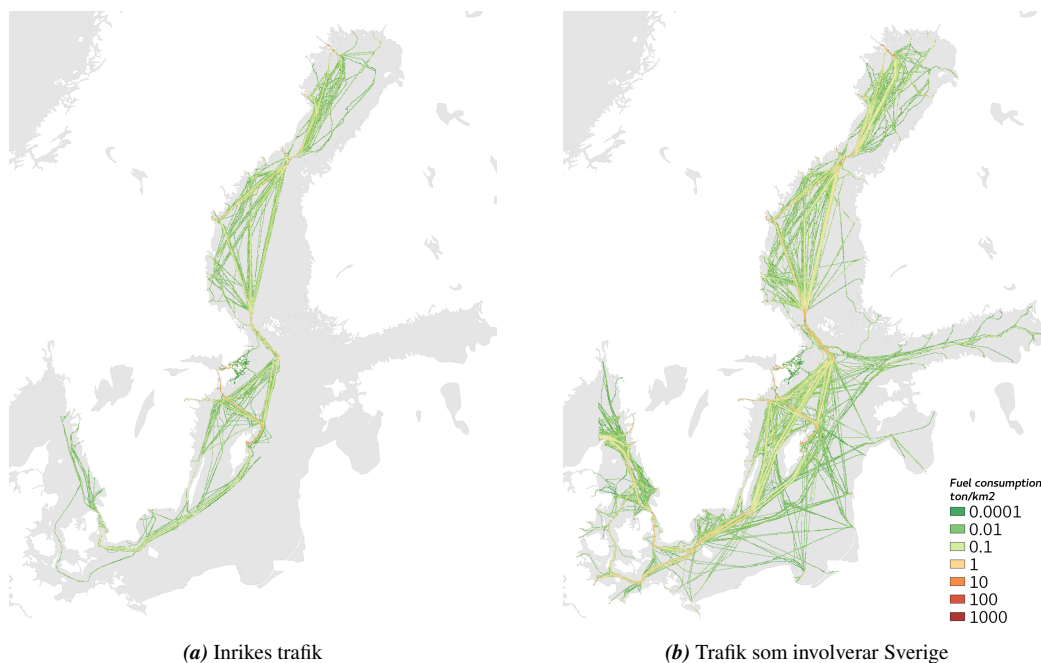
Eftersom den tekniska databasen uppdaterades senast 2016 kan informationen om vissa fartyg vara ofullständig. Detta har skett för fartyget Visborg som tillhör Destination Gotland. Här har fartygskategorin inte kunnat bestämmas tillräckligt noggrant, och fartyget har därför inte hamnat i den korrekta fartygskategorin RoPaX utan i kategorin Rest (övriga fartyg).

Det finns också anledning till att vara försiktig med slutsatser ifrån de kategorier som bara innehåller ett fåtal fartyg. Även inom samma fartygskategori (som består av flera StatCode5-kategorier) kan det finnas stora variationer i förhållandet mellan ett fartygs motorstyrka och övriga parametrar. Inom en och samma kategori är det exempelvis möjligt att bruttodräktigheten mellan två fartyg med samma motorstyrka skiljer sig åt med så mycket som en faktor 100, med stor påverkan på bränsleförbrukningen.

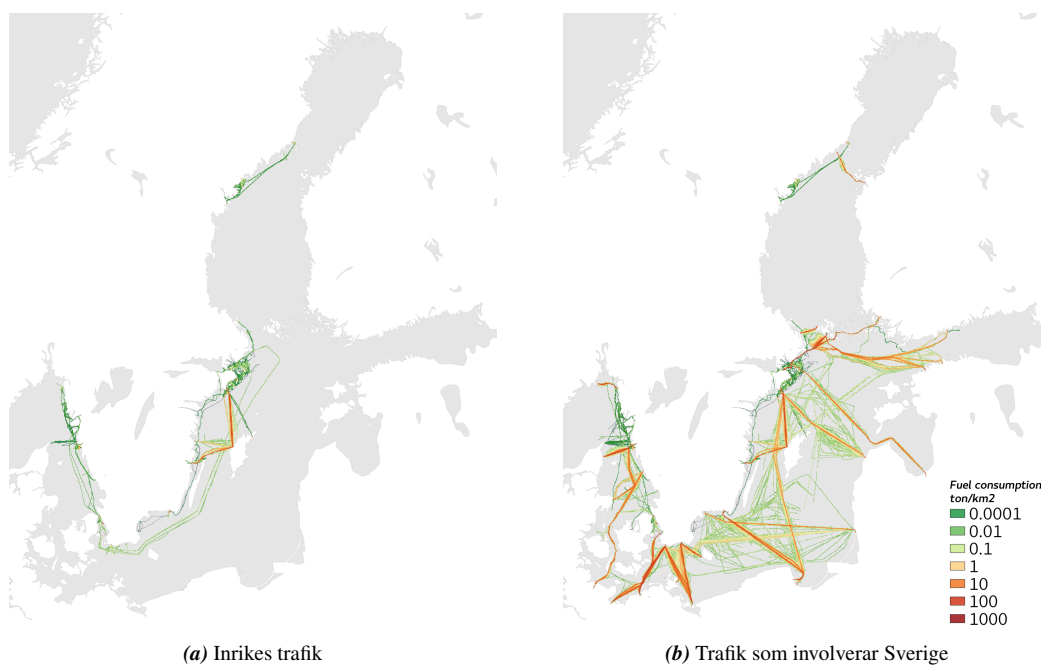
Referenser

- Dalsøren, S. B., M. S. Eide, Ø. Endresen, A. Mjelde, G. Gravir och I. S. A. Isaksen, **2009**. Update on emissions and environmental contributions from the international fleet of ships: the contribution from major ship types and ports. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 9:2171–2194.
- Jalkanen, J.-P., A. Brink, J. Kalli, H. Pettersson, J. Kukkonen och T. Stipa, **2009**. A modelling system for the exhaust emissions of marine traffic and its application in the Baltic Sea area. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 12 (5):9209–9223.
- Port of Los Angeles, **2009**. Inventory of air emissions 2009. *Technical Report ADP #050520-525*.
- US EPA, **1999**. Ap42 External Combustion Sources. Vol 1, section 1.3.
- Whall, C., D. Cooper, K. Archer, L. Twigger, M. Thurston, D. Ockwell, A. McIntyre och A. Ritchie, **2002**. Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European community. *Entec UK Limited for the European commission*.
- Windmark, Fredrik, **2019**. Beskrivning av den svenska fartygsflottan 2015. *SMHI*, 2019/25.
- Windmark, Fredrik, Mattias Jakobsson och David Segersson, **2017**. Modellering av sjöfartens bränslestastistik med shipair. *SMHI*, 2017/10.

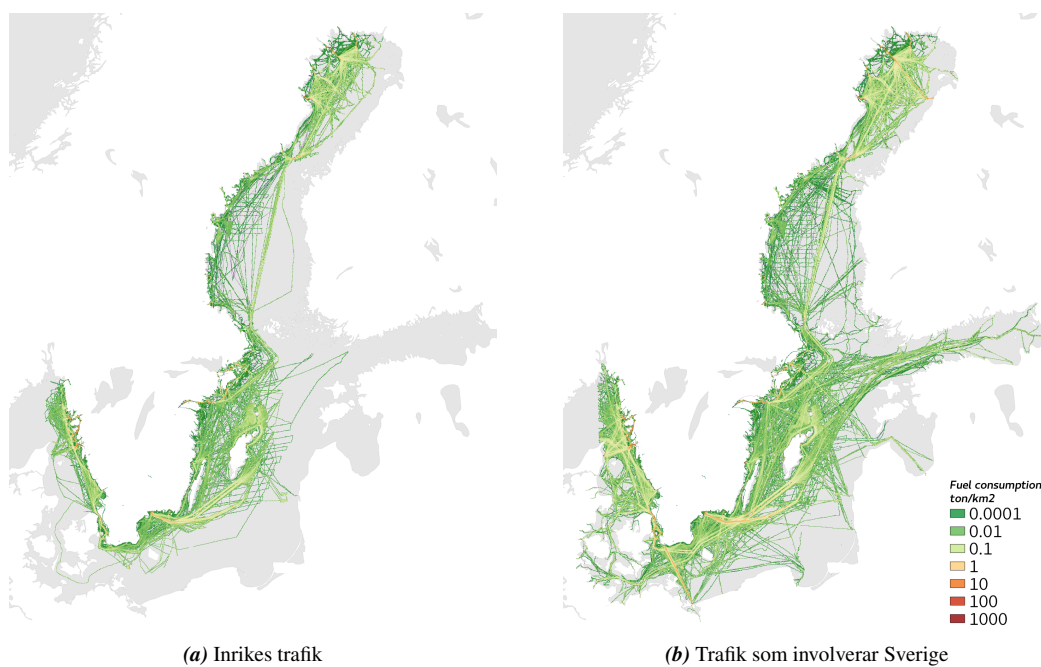
Bilagor A Kartor



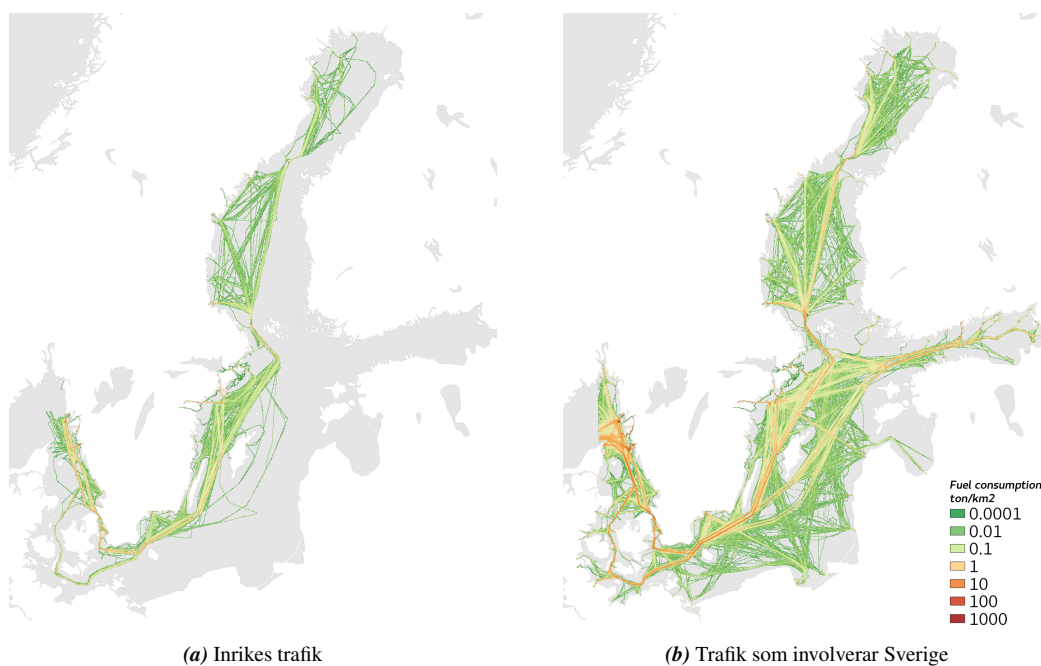
Figur 1: Geografiskt fördelad bränsleförbrukning under 2019 för Bulk carriers.



Figur 2: Geografiskt fördelad bränsleförbrukning under 2019 för RoPaX-fartyg.



Figur 3: Geografiskt fördelad bränsleförbrukning under 2019 för Service ships.



Figur 4: Geografiskt fördelad bränsleförbrukning under 2019 för Tanker ships.



Figur 5: Geografiskt fördelad bränsleförbrukning under 2019 i hamn runt Stockholms skärgård för Bulk carriers och RoPaX-fartyg i trafik som involverar Sverige.

B Förklaring av parametrar för fartygsdata på individnivå

Fartygsdatan på individnivå har levererats i en Excel-fil där varje rad representeras av ett fartyg. I den levererade filen har samtliga fartyg som gjort minst ett anlöp till svensk hamn inkluderats.

Varje fartyg beskrivs av följande kolumner:

- **mmsi, imo, name, owner, statcode5, gross tonnage, deadweight, main engine power och design speed** är fartygsparametrar som extraherats ifrån Shipairs fartygsdatabas. Dessa är sammansatta av parametrar som delvis är kända ifrån externa tekniska databaser och delvis uppskattade genom mallparametrar (i de fall där inget värde kunnat hittas i någon extern databas).
- **design speed** är fartygets teoretiska hastighet vid motorns maximum continuous rating. Den kan jämföras med våra registrerade hastigheter i Shipair (se nedan) för att se hur mycket ett fartyg slow steamar. I vissa fall (oftare för mindre fartyg) kommer den här parametern ifrån fartygsmallarna, och det kan då bli en diskrepans mellan design speed och de uppmätta hastigheterna i rutterna.
- **mean_speed_c** är fartygets medelhastighet i cruise sett över dess totala rörelser över hela året.
- **travelled distance** är fartygets totala färdade distans under hela året (för alla rutter, även de som inte inkluderar Sverige).
- **frac travelled dom** är andelen av fartygets totala färdade distans under hela året som gjorts i inrikes trafik.
- routes A-J är sorterade efter **frac travelled**, som är totala färdade sträckan på en viss rutt delat på travelled distance. Rutterna är sorterade efter totala färdade sträckan på varje rutt, och i listan inkluderas rutter upp tills den ackumulerade distansen överstiger 90% av totala färdade sträckan eller max 10 rutter. Det är därför möjligt att fartyg som bara gjort en eller ett fåtal rutter i inrikes trafik inte registreras som inrikes eftersom andelen färdad sträcka inte varit tillräckligt betydelsefull. "1_2" innebär att ruten gått från hamn 1 till hamn 2. Koordinater för varje hamn hittas i de sista kolumnerna, port 1, 2... Vi har för varje fartyg filtrerat bort alla rutter som inte involverat svensk hamn.

Flera anlöp har type = "1_1". Det kommer sig av fartyg, oftast vägfärjor och små passagerarfärjor, som bara gör så korta stopp att vi inte hinner registrera det som ett stopp i modellen. Shipair 1 sparar tiden med fem-minutersintervall, så om ett fartyg kommer och går inom tio minuter är det möjligt att vi inte kan se att det någonsin stod still. Då skulle det registreras som en rutt med start och slut i samma hamn. Detta påverkar alla parametrar för ruten, som route distance, travel time, port time.
- **type** är ruttens nationalitet, och anger nationalitet på starthamn-sluthamn. Swe är svensk hamn, baltic är utländsk hamn i modellområdet (även Västerhavet) och ext är när fartyget har lämnat modellområdet och vi inte kan avgöra slutdestinationen. Det är riktningens beroende, så vi skiljer på swe-baltic och baltic-swe.
- **route distance** är medelavståndet som fartyget färdats mellan under ruten. Det är riktningens beroende, så rutterna "1_2" och "2_1" skulle kunna ha olika avstånd om de färdsträckningen är annorlunda.
- **travel time** är tiden som fartyget färdats mellan de två hamnarna (tid i hamn inte inräknad).
- **vmax_c** är 99-percentilen på hastigheten i cruise för den specifika ruten, **vperc90_c** är 90-percentilen på hastigheten i cruise, **vmedian_c** är medianhastighet i cruise och **vmean_c** är medelhastigheten på hastigheten i cruise. Cruise kan också vara när ett fartyg precis lämnat hamnen och navigerar/accelererar mot marschhastigheten.
- **vmean_m** är fartygets medianhastighet i manövreringsläge (som görs i områden i och omkring hamnar som manuellt markerats ut i Shipair-systemet).
- Ett fåtal fartyg och rutter visar orealistiskt höga hastigheter. Det kommer sig av skräp i datan som Shipair inte lyckats städa bort. Vanligt sådant skräp är när GPS:en skickar ut felaktiga eller ouppdate-

rade positioner i ett AIS-meddelande, vilket leder till ”hopp” i hastigheterna. Mycket av detta fångar Shipair upp, men en del slinker med. De flesta men inte alla av fartygen med såna problem är små och okända och har sannolikt mindre pålitliga transpondrar. Som datan är framtagen nu så behöver det dock inte vara så att route distance / travel time ger exakt vmean_c, eftersom både route distance och travel time inkluderar cruise och manövrering medan hastigheterna bara är beräknade för cruise.

- **port time** är mediantiden i hamn, vilket vi gjort för att filtrera bort effekten från avvikande extremt höga eller låga siffror.
- **port** är hamnkoordinaterna i RT90. Dom kan ni fylla i exempelvis här <http://latlong.mellifica.se/> för att se på karta.

C Tabeller - Trafik som involverar Sverige

Motorst. kategori [kW]	Antal fartyg	GT	DWT [ton]	Ålder [år]	Motorst. huvud [kW]	Motorst. hjälp [kW]	Design-hast. [knop]	Medel-hast. [knop]	Distans [km]	Bränslef. tot [ton]	Bränslef. hamn [ton]	Tid, hamn [h]
<1000	50	173	117	37	299	86	15	7	392311	2163	886	127249
1000-2000	7	720	616	29	1408	306	14	7	260032	2409	635	34878
2000-8000	4	6622	1935	31	4174	948	14	8	96104	4610	1716	15380
8000-18000	30	19469	4591	32	14008	3428	19	14	2884115	173900	20190	75253
18000-25000	14	31579	5927	23	22289	5560	24	16	1583629	115741	9260	25019
25000-40000	25	36844	5561	19	29785	4731	26	15	2558801	204189	17375	44879
40000-55000	4	37834	7191	15	49200	6071	28	23	281023	41190	3807	9521
>55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alla	134	15961	3838	30	12800	2489	19	13	8056018	544207	53872	332182

Tabell 2: Resultat för kategori RoPaX.

Motorst. kategori [kW]	Antal fartyg	GT	DWT [ton]	Ålder [år]	Motorst. huvud [kW]	Motorst. hjälp [kW]	Design-hast. [knop]	Medel-hast. [knop]	Distans [km]	Bränslef. tot [ton]	Bränslef. hamn [ton]	Tid, hamn [h]
<1000	6	261	112	77	349	130	14	8	16287	115	32	2976
1000-2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000-8000	3	7516	730	40	5699	1799	16	10	5328	107	25	146
8000-18000	10	20030	3218	40	13294	3144	20	12	29151	1567	268	816
18000-25000	11	37353	4047	23	21624	3620	21	10	170909	10011	1712	3069
25000-40000	9	54973	6019	15	31421	4854	22	14	65999	5557	419	1291
40000-55000	6	79612	8371	11	45533	403	22	15	22575	2721	114	416
>55000	21	103694	9718	13	64119	700	23	15	163823	25162	855	2668
Alla	66	57353	5879	26	34735	2094	21	12	474075	45243	3426	11385

Tabell 3: Resultat för kategori Passenger cruisers.

Motorst. kategori [kW]	Antal fartyg	GT	DWT [ton]	Ålder [år]	Motorst. huvud [kW]	Motorst. hjälp [kW]	Design-hast. [knop]	Medel-hast. [knop]	Distans [km]	Bränslef. tot [ton]	Bränslef. hamn [ton]	Tid, hamn [h]
<1000	56	260	58	51	552	130	13	7	887967	5498	2182	235387
1000-2000	21	389	43	27	1438	196	20	10	640570	4310	956	91845
2000-8000	4	1038	276	39	2329	340	26	13	66830	560	113	11993
8000-18000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18000-25000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25000-40000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40000-55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alla	81	332	65	44	870	157	15	8	1595369	10369	3252	339226

Tabell 4: Resultat för kategori Passenger ferries.

Motorst. kategori [kW]	Antal fartyg	GT	DWT [ton]	Ålder [år]	Motorst. huvud [kW]	Motorst. hjälp [kW]	Design-hast. [knop]	Medel-hast. [knop]	Distans [km]	Bränslef. tot [ton]	Bränslef. hamn [ton]	Tid, hamn [h]
<1000	586	50	0	23	85	23	17	9	1206793	1445	747	809389
1000-2000	66	428	211	36	1526	192	13	8	308071	3230	267	95705
2000-8000	91	1690	1255	22	3957	535	14	7	782368	17375	1718	232883
8000-18000	22	8673	6608	16	12759	1137	17	7	144325	6406	1277	13470
18000-25000	1	10277	4900	9	20124	0	17	8	1640	63	2	29
25000-40000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40000-55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alla	766	538	0	24	1060	130	16	8	2443198	28522	4013	1151477

Tabell 5: Resultat för kategori Service ships.

Motorst. kategori [kW]	Antal fartyg	GT	DWT [ton]	Ålder [år]	Motorst. huvud [kW]	Motorst. hjälp [kW]	Design-hast. [knop]	Medel-hast. [knop]	Distans [km]	Bränslef. tot [ton]	Bränslef. hamn [ton]	Tid, hamn [h]
<1000	3	554	916	58	472	229	9	7	37128	305	105	10332
1000-2000	2	2996	4391	26	1490	687	12	10	864	12	2	66
2000-8000	79	16669	27501	17	5879	1335	15	10	485249	14026	2367	24884
8000-18000	33	34779	61662	13	9835	1987	15	10	210252	10947	1568	8208
18000-25000	2	57904	101987	7	20215	2320	15	9	35188	3251	871	2134
25000-40000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40000-55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alla	119	21748	37386	17	7007	1494	15	10	768683	28542	4915	45627

Tabell 6: Resultat för kategori Bulk carrier.

Motorst. kategori [kW]	Antal fartyg	GT	DWT [ton]	Ålder [år]	Motorst. huvud [kW]	Motorst. hjälp [kW]	Design-hast. [knop]	Medel-hast. [knop]	Distans [km]	Bränslef. tot [ton]	Bränslef. hamn [ton]	Tid, hamn [h]
<1000	160	1127	2026	30	537	296	11	8	1132844	7136	1079	87097
1000-2000	751	1775	3694	19	1506	470	12	9	4830557	53662	5908	254766
2000-8000	442	5499	7731	16	3572	863	14	10	3807984	71056	7147	163720
8000-18000	66	18932	23576	18	11206	2657	19	12	323620	16976	2222	15796
18000-25000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25000-40000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40000-55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alla	1419	3660	6495	19	2491	675	13	9	10095007	148832	16357	521382

Tabell 7: Resultat för kategori Cargo ships.

Motorst. kategori [kW]	Antal fartyg	GT	DWT [ton]	Ålder [år]	Motorst. huvud [kW]	Motorst. hjälp [kW]	Design-hast. [knop]	Medel-hast. [knop]	Distans [km]	Bränslef. tot [ton]	Bränslef. hamn [ton]	Tid, hamn [h]
<1000	1	2	0	13	3	1	24	8	13462	0	0	1251
1000-2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000-8000	21	5296	6757	21	5124	2174	17	11	274370	6855	879	7792
8000-18000	63	11499	14469	13	10839	3913	20	12	833320	33858	5656	26328
18000-25000	4	24901	34683	16	22528	6208	23	9	18660	1053	243	684
25000-40000	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
40000-55000	3	146798	150818	11	45436	14601	23	10	9159	1684	724	716
>55000	6	165904	162952	9	72691	15919	24	11	6128	1405	449	370
Alla	98	24194	27937	15	14827	4656	20	12	1155103	44858	7954	37144

Tabell 8: Resultat för kategori Container ships.

Motorst. kategori [kW]	Antal fartyg	GT	DWT [ton]	Ålder [år]	Motorst. huvud [kW]	Motorst. hjälp [kW]	Design-hast. [knop]	Medel-hast. [knop]	Distans [km]	Bränslef. tot [ton]	Bränslef. hamn [ton]	Tid, hamn [h]
<1000	12	513	792	39	427	256	13	7	80970	1121	670	40858
1000-2000	41	2397	3409	18	1699	844	13	8	317467	6262	1690	14024
2000-8000	563	5719	11941	13	3908	1330	15	10	3661308	111492	29964	129869
8000-18000	186	38962	66785	13	11608	3019	15	10	386818	38770	17348	17488
18000-25000	18	75945	129930	11	19759	7420	15	9	15933	5466	3509	1513
25000-40000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40000-55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alla	820	14559	32251	14	5841	1807	15	10	4462499	163114	53184	203755

Tabell 9: Resultat för kategori Tanker ships.

Motorst. kategori [kW]	Antal fartyg	GT	DWT [ton]	Ålder [år]	Motorst. huvud [kW]	Motorst. hjälp [kW]	Design-hast. [knop]	Medel-hast. [knop]	Distans [km]	Bränslef. tot [ton]	Bränslef. hamn [ton]	Tid, hamn [h]
<1000	390	54	0	32	115	27	12	3	1465482	2323	663	413753
1000-2000	14	634	376	30	1402	336	12	5	93695	1290	313	17230
2000-8000	8	1459	1065	22	3084	656	14	7	76473	1598	276	8822
8000-18000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18000-25000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25000-40000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40000-55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alla	412	101	0	32	217	49	12	3	1635651	5212	1252	439805

Tabell 10: Resultat för kategori Fishing vessels.

Motorst. kategori [kW]	Antal fartyg	GT	DWT [ton]	Ålder [år]	Motorst. huvud [kW]	Motorst. hjälp [kW]	Design-hast. [knop]	Medel-hast. [knop]	Distans [km]	Bränslef. tot [ton]	Bränslef. hamn [ton]	Tid, hamn [h]
<1000	2	180	55	62	301	90	15	4	1970	9	4	1415
1000-2000	1	1628	624	50	1103	786	12	9	8064	81	4	88
2000-8000	23	9674	4555	24	4542	1406	16	12	456068	9738	1023	8405
8000-18000	129	50559	18211	14	13858	3632	20	14	961555	46224	5794	21671
18000-25000	16	43917	18257	13	19760	4741	22	17	137649	11411	2965	10802
25000-40000	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
40000-55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alla	171	43563	16012	16	12924	3379	20	14	1565309	67465	9793	42383

Tabell 11: Resultat för kategori Vehicle carriers.

Motorst. kategori [kW]	Antal fartyg	GT	DWT [ton]	Ålder [år]	Motorst. huvud [kW]	Motorst. hjälp [kW]	Design-hast. [knop]	Medel-hast. [knop]	Distans [km]	Bränslef. tot [ton]	Bränslef. hamn [ton]	Tid, hamn [h]
<1000	3	116	200	29	276	58	12	4	2032	0	0	86
1000-2000	1	957	974	24	1060	478	15	5	35012	291	89	3865
2000-8000	2	3621	0	32	5431	1810	8	0	0	0	0	785
8000-18000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18000-25000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25000-40000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40000-55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alla	6	1424	587	30	2125	712	11	5	37045	291	89	4737

Tabell 12: Resultat för kategori Other ships.

Motorst. kategori [kW]	Antal fartyg	GT	DWT [ton]	Ålder [år]	Motorst. huvud [kW]	Motorst. hjälp [kW]	Design-hast. [knop]	Medel-hast. [knop]	Distans [km]	Bränslef. tot [ton]	Bränslef. hamn [ton]	Tid, hamn [h]
<1000	300	110	0	23	165	55	17	8	2564185	4487	1874	506268
1000-2000	1	1000	0	29	1500	500	20	5	23255	314	140	4025
2000-8000	6	4466	0	18	6700	1931	16	10	36945	960	120	1368
8000-18000	2	15727	0	14	11262	2405	15	7	355	26	1	12
18000-25000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25000-40000	1	47842	0	18	30121	6333	16	14	3666	666	70	248
40000-55000	1	32447	0	29	46800	3982	20	24	123805	27312	2518	4876
>55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alla	311	555	0	23	613	140	17	9	2752216	33767	4725	516799

Tabell 13: Resultat för kategori Rest.

D Tabeller - Inrikes trafik

Motorst. kategori [kW] power	Antal fartyg	GT	DWT [ton]	Ålder [år]	Motorst. huvud [kW]	Motorst. hjälp [kW]	Design-hast. [knop]	Medel-hast. [knop]	Distans [km]	Bränslef. tot [ton]	Bränslef. hamn [ton]	Tid, hamn [h]
<1000	48	174	123	37	304	87	15	6	380644	2155	883	122428
1000-2000	7	720	616	29	1408	306	14	7	260031	2409	635	34877
2000-8000	4	6622	1935	31	4174	948	14	9	2355	311	244	2290
8000-18000	21	20855	4716	31	14446	3464	20	8	1914	212	110	555
18000-25000	8	34535	6453	22	22128	5584	22	2	245	87	52	153
25000-40000	18	39896	5767	20	29580	5606	25	18	16511	1719	839	3271
40000-55000	3	35138	6371	15	49600	5871	28	23	279739	41043	3789	9485
>55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alla	109	14474	3557	31	11035	2257	18	8	941442	47940	6553	173063

Tabell 14: Resultat för kategori RoPaX.

Motorst. kategori [kW]	Antal fartyg	GT	DWT [ton]	Ålder [år]	Motorst. huvud [kW]	Motorst. hjälp [kW]	Design-hast. [knop]	Medel-hast. [knop]	Distans [km]	Bränslef. tot [ton]	Bränslef. hamn [ton]	Tid, hamn [h]
<1000	5	250	43	74	345	125	15	5	2664	22	17	1678
1000-2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000-8000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8000-18000	5	22137	3976	40	14224	3246	20	10	2256	139	22	73
18000-25000	9	39066	4209	23	22306	4005	22	12	5677	455	86	139
25000-40000	4	64948	6806	15	32762	4671	22	11	2902	256	69	204
40000-55000	3	88378	7820	6	44133	0	22	12	678	72	8	28
>55000	10	110511	9798	12	63706	327	23	11	3409	466	55	167
Alla	36	58155	5740	27	32614	2079	21	10	17587	1413	260	2290

Tabell 15: Resultat för kategori Passenger cruisers.

Motorst. kategori [kW]	Antal fartyg	GT	DWT [ton]	Ålder [år]	Motorst. huvud [kW]	Motorst. hjälp [kW]	Design-hast. [knop]	Medel-hast. [knop]	Distans [km]	Bränslef. tot [ton]	Bränslef. hamn [ton]	Tid, hamn [h]
<1000	55	261	59	50	560	130	13	7	837548	5184	2058	222395
1000-2000	21	389	43	27	1438	196	20	10	638609	4289	948	91383
2000-8000	4	1038	276	39	2329	340	26	13	66274	557	112	11905
8000-18000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18000-25000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25000-40000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40000-55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alla	80	334	66	43	879	158	15	8	1542431	10031	3119	325684

Tabell 16: Resultat för kategori Passenger ferries.

Motorst. kategori [kW]	Antal fartyg	GT	DWT [ton]	Ålder [år]	Motorst. huvud [kW]	Motorst. hjälp [kW]	Design-hast. [knop]	Medel-hast. [knop]	Distans [km]	Bränslef. tot [ton]	Bränslef. hamn [ton]	Tid, hamn [h]
<1000	549	46	0	23	78	21	17	9	1044343	1152	682	783483
1000-2000	52	421	208	36	1500	176	13	6	123913	1177	224	86801
2000-8000	78	1724	1276	23	4001	573	14	7	470992	10038	1289	208260
8000-18000	17	9213	7027	18	13246	710	17	7	65756	2907	585	8755
18000-25000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25000-40000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40000-55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alla	696	486	0	24	945	111	16	8	1705005	15277	2781	1087300

Tabell 17: Resultat för kategori Service ships.

Motorst. kategori [kW]	Antal fartyg	GT	DWT [ton]	Ålder [år]	Motorst. huvud [kW]	Motorst. hjälp [kW]	Design-hast. [knop]	Medel-hast. [knop]	Distans [km]	Bränslef. tot [ton]	Bränslef. hamn [ton]	Tid, hamn [h]
<1000	3	554	916	58	472	229	9	7	29730	271	103	10184
1000-2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000-8000	37	17511	28544	18	6053	1422	15	10	252392	6906	930	11160
8000-18000	21	35667	63595	13	9941	2006	15	11	39262	2667	579	2883
18000-25000	1	93186	178978	9	18660	3108	15	9	3911	472	189	432
25000-40000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40000-55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alla	62	24060	42028	18	7303	1589	15	10	325296	10319	1802	24661

Tabell 18: Resultat för kategori Bulk carrier.

Motorst. kategori [kW]	Antal fartyg	GT	DWT [ton]	Ålder [år]	Motorst. huvud [kW]	Motorst. hjälp [kW]	Design-hast. [knop]	Medel-hast. [knop]	Distans [km]	Bränslef. tot [ton]	Bränslef. hamn [ton]	Tid, hamn [h]
<1000	126	1001	1925	30	504	274	11	7	202005	905	240	42173
1000-2000	452	1873	3659	19	1517	470	12	8	535406	7295	1590	71632
2000-8000	271	5361	7668	16	3495	838	14	9	400457	8690	1603	36474
8000-18000	30	19849	26053	16	11207	2539	18	9	15010	897	396	2906
18000-25000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25000-40000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40000-55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alla	879	3437	6089	20	2313	626	13	8	1152879	17788	3831	153186

Tabell 19: Resultat för kategori Cargo ships.

Motorst. kategori [kW]	Antal fartyg	GT	DWT [ton]	Ålder [år]	Motorst. huvud [kW]	Motorst. hjälp [kW]	Design-hast. [knop]	Medel-hast. [knop]	Distans [km]	Bränslef. tot [ton]	Bränslef. hamn [ton]	Tid, hamn [h]
<1000	1	2	0	13	3	1	24	8	1369	0	0	240
1000-2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000-8000	7	4829	6183	23	4614	2217	16	12	45378	1248	168	1482
8000-18000	30	13062	16343	13	11825	4216	20	12	88773	4618	1313	5503
18000-25000	2	27706	34875	17	22325	6574	22	7	585	34	5	14
25000-40000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40000-55000	3	146798	150818	11	45436	14601	23	8	386	183	149	124
>55000	1	194849	194431	6	72160	17451	23	0	0	28	28	21
Alla	44	25371	30380	15	14549	4918	20	12	136493	6112	1665	7385

Tabell 20: Resultat för kategori Container ships.

Motorst. kategori [kW]	Antal fartyg	GT	DWT [ton]	Ålder [år]	Motorst. huvud [kW]	Motorst. hjälp [kW]	Design-hast. [knop]	Medel-hast. [knop]	Distans [km]	Bränslef. tot [ton]	Bränslef. hamn [ton]	Tid, hamn [h]
<1000	10	277	359	39	339	138	13	5	31280	726	556	37716
1000-2000	31	2345	3414	19	1699	843	12	8	64196	1796	612	5271
2000-8000	230	5801	10221	14	3927	1416	15	10	739216	25591	8366	40166
8000-18000	50	29506	47634	13	10376	2859	15	8	18160	3338	1750	2003
18000-25000	2	88447	159419	9	20215	7128	16	2	41	197	142	45
25000-40000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40000-55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alla	323	9479	17193	15	4701	1580	15	10	852895	31650	11428	85202

Tabell 21: Resultat för kategori Tanker ships.

Motorst. kategori [kW]	Antal fartyg	GT	DWT [ton]	Ålder [år]	Motorst. huvud [kW]	Motorst. hjälp [kW]	Design-hast. [knop]	Medel-hast. [knop]	Distans [km]	Bränslef. tot [ton]	Bränslef. hamn [ton]	Tid, hamn [h]
<1000	339	44	0	32	96	22	12	3	967420	1379	487	346465
1000-2000	10	668	467	33	1437	392	12	4	19420	407	186	9430
2000-8000	6	1522	999	25	3212	550	14	7	4569	171	112	2924
8000-18000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18000-25000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25000-40000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40000-55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alla	355	86	0	32	187	41	12	3	991410	1958	786	358821

Tabell 22: Resultat för kategori Fishing vessels.

Motorst. kategori [kW]	Antal fartyg	GT	DWT [ton]	Ålder [år]	Motorst. huvud [kW]	Motorst. hjälp [kW]	Design-hast. [knop]	Medel-hast. [knop]	Distans [km]	Bränslef. tot [ton]	Bränslef. hamn [ton]	Tid, hamn [h]
<1000	1	120	110	66	324	60	10	4	1684	8	4	1378
1000-2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000-8000	9	11041	5641	23	5448	1370	17	13	33619	630	61	582
8000-18000	26	31180	13210	15	12553	2750	20	12	160931	7384	864	3717
18000-25000	5	35639	13111	15	20210	7177	24	12	76	81	69	228
25000-40000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40000-55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alla	41	26545	11217	18	11629	2921	19	12	196311	8104	999	5906

Tabell 23: Resultat för kategori Vehicle carriers.

Motorst. kategori [kW]	Antal fartyg	GT	DWT [ton]	Ålder [år]	Motorst. huvud [kW]	Motorst. hjälp [kW]	Design-hast. [knop]	Medel-hast. [knop]	Distans [km]	Bränslef. tot [ton]	Bränslef. hamn [ton]	Tid, hamn [h]
<1000	3	116	200	29	276	58	12	4	979	0	0	28
1000-2000	1	957	974	24	1060	478	15	5	35011	291	89	3865
2000-8000	2	3621	0	32	5431	1810	8	0	0	0	0	153
8000-18000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18000-25000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25000-40000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40000-55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
>55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alla	6	1424	587	30	2125	712	11	5	35990	291	89	4047

Tabell 24: Resultat för kategori Other ships.

Motorst. kategori [kW]	Antal fartyg	GT	DWT [ton]	Ålder [år]	Motorst. huvud [kW]	Motorst. hjälp [kW]	Design-hast. [knop]	Medel-hast. [knop]	Distans [km]	Bränslef. tot [ton]	Bränslef. hamn [ton]	Tid, hamn [h]
<1000	265	99	0	23	149	49	17	6	1519902	3239	1645	462756
1000-2000	1	1000	0	29	1500	500	20	5	23255	314	140	4025
2000-8000	4	4264	0	18	6396	1887	16	9	921	42	11	126
8000-18000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18000-25000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25000-40000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40000-55000	1	32447	0	29	46800	3982	20	24	123434	26945	2234	4326
>55000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alla	271	283	0	23	418	92	17	7	1667514	30541	4031	471234

Tabell 25: Resultat för kategori Rest.

Bilaga 2 Enkäter till rederier

Frågeformulär

Använd nedanstående formulär om det är möjligt. Vi tar gärna svaren från er i annan form om det är lättare för er. Vi efterfrågar data för 2017 och 2018 men tar gärna ytterligare år om ni har (t.ex. 2019 och 2016).

1a. Vilken drivmedelsförbrukning har ni (MWh/m³/ton) av respektive bränsle för drift av era fartyg som går som inrikes sjöfart?

Bränsle	2016 [MWh] eller m ³ eller ton	2017	2018	2019	Kommentar/ ytterligare specifikation
Diesel MK1					
MGO					
HFO					
Eldningsolja 1					
LNG					
Metanol					
HVO					
Biogas/LBG					
Etanol					
El för framdrift					
Annat (specificera)					

Förtydligande: Med inrikes sjöfart avser vi rutter som både avgår och ankommer till svensk hamn.

1b. Vilken typ av fartyg är det som använder bränslena angivna i fråga 1a?

Svara genom att ange i m³/ton eller % för respektive bränsle och ange vilken fartygstyp. Välj mellan följande fartygstyper:

Passagerarfärjor (*passenger ferries*); ropax; kryssningsfartyg (*cruise*); tankfartyg (*tankers*); containerfartyg (*container ships*); fordonsbärande fartyg (*vehicle carrier*); bulkfartyg (*bulk carrier*); lastfartyg (*general cargo*); fiskefartyg (*fishing vessels*); service fartyg, inkluderar bland annat lotsfartyg, isbrytare, offshore supply, bogserbåtar, mudderfartyg (*service ships*); Övrigt, ej fritidsbåtar (*other*)

	Ange vilka fartygstyper som använder vilken mängd (m ³ /ton) eller andel av den bränslemängd som är angiven i 1a (%).				
Bränsle ↓	2016	2017	2018	2019	Kommentar

2a. Vilken drivmedelsförbrukning har ni (MWh/m³/ton) av respektive bränsle för drift av era fartyg som går som utrikes linjesjöfart? (d.v.s. som startar eller slutar i svensk hamn)

Vill ni endast fylla i det förnybara räcker det, men kan ni också dela siffror om fossilt gör gärna det.

Bränsle	2016 [MWh] eller m ³ eller ton	2017	2018	2019	Kommentar/ ytterligare specifikation
Diesel MK1					
MGO					
HFO					
Eldningsolja 1					
LNG					
Metanol					
HVO					
Biogas/LBG					
Etanol					
El för framdrift					
Annat (specificera)					

Förtydligande: Med utrikes linjesjöfart avser vi rutter som antingen avgår svensk hamn eller ankommer svensk hamn. Rutter som helt går utanför Sverige (exv. mellan två utländska hamnar) är inte inkluderade i detta projekt och skall inte räknas med här.

Med linjetrafik menar vi fartyg som går på bestämda rutter och därmed återkommer med regelbundenhet till samma hamnar.

2b Vilken typ av fartyg är det som använder bränslena angivna i fråga 2a?

Svara genom att ange i m³/ton eller % för respektive bränsle och ange vilken fartygstyp. Välj mellan följande fartygstyper:

Passagerarfärjor (*passenger ferries*); ropax; kryssningsfartyg (*cruise*); tankfartyg (*tankers*); containerfartyg (*container ships*); fordonsbärande fartyg (*vehicle carrier*); bulkfartyg (*bulk carrier*); lastfartyg (*general cargo*); fiskefartyg (*fishing vessels*); service fartyg, inkluderar bland annat lotsfartyg, isbrytare, offshore supply, bogserbåtar, mudderfartyg (*service ships*); Övrigt, ej fritidsbåtar (*other*)

	Ange vilka fartygstyper som använder vilken mängd (m ³ /ton) eller andel av den bränslemängd som är angiven i 1a (%).				
Bränsle ↓	2016	2017	2018	2019	Kommentar

3. Har ni företagsegna mål om att ersätta fossila bränslen: (t.ex. mål om viss andel förnybart, elektrifiering eller annat till visst målår)? Beskriv gärna nedan.

Svar:

Introduktion

Den 22 april anordnades inom ramen för projektet ”*Potential och förutsättningar för svensk sjöfarts omställning till fossilfri framdrift*” en digital workshop. Medverkade gjorde projektmedlemmar, personer i projektets referensgrupp samt särskilt inbjudna deltagare från följande aktörsgrupper: rederier, hamnar, upphandlare av sjöfart, branschorganisationer, myndigheter.

Syftet med workshopen från projektets sida var att inhämta kunskap från sjöfartens aktörer (rederier, upphandlare av sjöfart (persontransporter), hamnar, branschorganisationer) om hur de arbetar med omställningen till fossilfri framdrift för sjöfarten. Vi ville veta vad de har för mål, drivkrafter och vad de ser som hinder? Vad ser de som möjligt i olika tidsperspektiv? Vad kan påskynda omställningen?

Workshopen inleddes med en presentation av forskningsprojektet och vad som gjorts hittills. Här var fokus på den datainsamling och uppdatering av bränsleanvändning inom den inrikes och utrikes sjöfarten som gjorts inom ramen för projektets inledande fas (arbetspaket 1). Dessutom presenterades hur man i projektet har påbörjat arbete med att identifiera vilka fartygskategorier som skulle kunna ställa om till vilken teknik. Därefter följde tre block med inriktning mot: Rederier; upphandlare av passagerartrafik till sjöss samt hamnar. Varje block inleddes med en kort presentation från en eller två representanter för den specifika aktörsgruppen. Presentationerna handlade om vad deras organisation/företag gör och planerar att göra för omställningen. Därefter följde en diskussion där i första hand andra aktörer inom samma kategori fick lämna ytterligare inlägg om vad som görs, vad som ses som drivkrafter. I denna promemoria sammanfattas övergripande vad som framkom under workshopen.

Workshopens detaljerade program återfinns sist i denna bilaga

Presentation från projektet

Kristina Holmgren (RISE) presenterad projektet syfte samt projektets initiala resultat kring vilka alternativa bränslen som faktiskt används.

Huvuddelen av resultaten redovisas inom kapitel 3 i denna rapport.

Block 1 - Rederier

Presentation från Stena Line

Erik Lewenhaupt, Head of Sustainability (hållbarhetschef) på Stena Line inledde med att berätta om Stena Lines arbete mot omställning till fossilfrihet.

Stena Line bedriver trafik för passagerare och gods mellan olika länder; både i Östersjön mellan Sverige och dess grannländer samt i engelska kanalen mellan Holland-Storbritannien, Storbritannien - Frankrike samt mellan Irland och Storbritannien. De har både ropax, rorofartyg och passagerarfärjor.

Erik påminde oss om att sjöfarten har genomgått olika omställningar avseende energislag för framdriften tidigare, men att man under lång tid har använt sig av, och varit beroende av olja. Nu krävs en snabb omställning till hållbara alternativ. De har själva satt upp mål om att minska utsläppen med 30 % till 2030 jämfört med 2019 och till nettonoll 2050. Stena Lines flotta har blivit 40 % mer energieffektiv sedan 2008.

Stena Line har en elektrifieringsstrategi som innefattar anslutning till landel då man ligger vid kaj. Detta minskar både utsläpp till luft i hamn samt buller. Deras första landanslutning installerades 1990 och idag har de landanslutning för 14 av fartygen i 7 terminaler.

De har satt upp följande tre steg i sin elektrifieringsstrategi:

Hybrid steg 1 handlar om att fartygen har en elförsörjning om 1 MWh el vilket kan ersätta hjälpmaskinerna ombord. Detta betyder att fartygen kan manövrera i hamnen och dessutom driva hjälpsystem på batterier. Detta minskar utsläpp av luftföroreningar (och ghg) i hamn, d.v.s. där exponeringen är stor) och minskar även buller från fartygen. Det utgör också en säkerhetsbackup vid blackouts. De har en installation sedan 2018 på fartyget Stena Jutlandica på rutten mellan Fredrikshamn och Göteborg. Jutlandica laddas både med ström från land och under gång (från motorerna).

Hybrid steg 2 handlar om att ha en elförsörjning om 2–10 MWh så att man även kan ersätta huvudmaskinerna så att fartyget kan segla ut och in i hamn med hjälp av batteri. Detta leder till säkerhetsbackup och till minskade utsläpp.

Hybrid steg 3 innebär ett helt eldrivet fartyg (ca 70 MWh) och man siktar på att kunna sjösätta två fartyg ”Stena Elektra” till 2030 på sträckan mellan Göteborg och Fredrikshamn och så skall klara hela sträckan på ca 50 nautiska mil (ca 90–95 km) genom att laddas i hamn. Planen är att lägga en beställning (ta investeringsbeslut) senast 2025.

För att kunna genomföra strategin samarbetar Stena Line med Stena Teknik och andra industripartners. Batteridrift är huvudalternativet, men man utreder också andra fossilfri alternativ så som bränsleceller eller vätgasmotorer. För att elektrifieringen skall kunna förverkligas krävs också en omfattande infrastruktur på land 30–40 MW och man har inlett diskussioner med Göteborgs stad och med Fredrikshamn. Ett problem är den stora kapacitet man behöver för laddningen, men att den ju endast utnyttjas ett fåtal timmar då färjorna ligger i hamn. Detta medför höga investeringskostnader om man inte kan använda kapaciteten till annat.

Investeringskostnaden för fartyget (CAPEX) blir betydligt högre än för ett konventionellt fartyg.

Erik avslutade presentationen med att de önskar att professor Balthazar drog i spaken på sin magiska maskin och det sedan kom ut en lösning på omställningsproblemet.

Presentation från Thunbolagen

Denna presentation hölls av Johan Källsson (VD vid Erik Thun) tillsammans med Johan Friberg (DPA & CSO Quality Manager)

Thunbolagen bedriver olika verksamheter men sjöfart (shipping) är kärnverksamheten. De har en flotta med ett femtiotal fartyg som opererar framför allt i norra Europa. De har olika segment bland annat tankfartyg som kör i norra Europa och Storbritannien, de har olika storlekar, dels vad man kallar ”intermediate” med sina 15 000–20 000 ton samt en mindre variant (small) som är mindre än tio tusen ton. De har också ett torrlastsegment går runt i Skandinavien samt till Medelhavet. De kör även trafik på Väneren. Erik Thunbolaget kör också självlossare (vilket innebär mindre behov av lossningsutrustning i hamn) som går i norra Europa och i Medelhavet och till Afrika. De kör bland annat cement. De har också ett bolag som heter Avatar tillsammans med partners som jobbar med att försöka få i gång trafik på inre vattenvägar (jättelastbilar på vatten).

För omställning till fossilfrihet har Erik Thun genomfört en rad olika åtgärder, bland annat:

- Förnyat sin flotta
- Infört användning av biogas
- Satt in landströmsanslutning på befintliga fartyg (retrofit)
- Optimerat lastintag (CO₂/ton)
- Infört olika energieffektiviseringsåtgärder:
 - Reducerat varvtal
 - Värmeåtervinning av överskottsvärme
 - Investerat i övervakningssystem för bränsleeffektivitet och övrig prestandaövervakning

- Tidsstyrd belysning och ledlampor
- Skrovrengöring.

Thun har genom att välja E-klass (i stället för G-klass) och genom att använda LNG som bränsle minskat CO₂ för fartygen med 38 %, NO_x utsläpp med 74 % och svavelutsläpp med 78 %.

Genom att investera i nya fartyg ökar man effektiviteten, då de hela tiden blir mer energieffektiva. De har som grundregel att varje nytt fartyg skall vara effektivare än de gamla. De ser också på möjligheten till att byta till ny och mindre förorenande bränslen och energi så som grön ammoniak, grön vätgas, vind, batterier etc. De analyserar också möjligheten till CCS.

Konstruktionen av fartygen har också stor betydelse för energieffektivitet och möjlighet till nya bränslen. El är ett projekt som de tittar på men för trampsjöfart (som de till största delen bedriver) så är det lite svårare. För inlandssjöfart skulle el absolut kunna vara en möjlighet.

När det gäller drivkrafter nämner Johan att de ser att detta är framtiden, det behövs hållbar teknik för att företaget skall kunna fortleva över tid (nämner att detta är ett familjeföretag i tredje generationen och man har ett långsiktigt synsätt som inte är så fokuserat på kvartalsrapporter). Erik ser också ny teknik som en drivkraft tillsammans med politiken, lastägare och de olika samarbeten som de har med olika aktörer.

Bland hindren för omställning nämner Erik också tekniken, man kan inte ta större steg än vad som finns tillgängligt. Ammoniak kan ju låta bra, men idag går det inte att köpa ett sådant fartyg. Ett nytt fartyg är bäst i klassen första året, sedan är det inte det. Fartygen har också en viss livslängd. Kostnaderna för den nya och alternativa tekniken och bränslena är högre. Ibland är politiken ett hinder och så även lastägare. Det måste finnas en vilja hos de som skall frakta sina varor att betala för en grönare frakt. Det kan också vara ett hinder i att man behöver vara en "first mover" (kostsamt, regelmässigt etc.).

Frågor/synpunkter som kom upp vid diskussionen:

Peter Fyrby (Blidösunbsbolaget) nämnde att för deras del så kan de ju köra på HVO (höga driftskostnader), men det är dyrt. Elektrifiering är också möjligt men också det är dyrt (investeringskostnader)

Anders Werner (Skärgårdsredarna) tyckte att det är problematiskt att det inte ställs några krav och menade att det inte går för skärgårdsredare att bygga nya fartyg med ny teknik om det inte ställs krav. Ett problem som han tyckte var att det går att köra på skattebefriat bränsle (oljebaserat) men inte på skattebefriad el. Han menade också att det finns många åtgärder som faktisk kan minska utsläppen som ibland glöms bort; t.ex. mjukare körning, detta gäller särskilt skärgårdstrafik (Anders hänvisade till en VTI-rapport som visade med hjälp av simulatorkörningar hur mycket man faktiskt kunde minska bränsleanvändningen). Anders menade att det behövs både morötter och krav (piskor) för att få till en omställning.

Björn Andreasson (Sjöfartsverket) instämde med tidigare talare under detta block och menade att de också saknade den professor Balthazar som Stena Line efterfrågat. De kan välja den bästa teknik som finns nu, men det finns också hinder där. Kostnadsläget är högre och för Sjöfartsverket är detta ett problem, de hade helt enkelt behövt högre anslag. De kan dock göra en del energieffektiviseringsåtgärder och operationella förändringar för att minska det totala energibehovet. Dessa åtgärder behöver inte medföra ökade kostnader utan kan tom innebära lägre kostnader.

Erik Lewenhaupt (Stena Line) påpekade också att de tycker att det hade varit bra om det fanns emissionsfaktorer framtagna som man kan använda då man skall bedöma olika bränslen. Dessa är olika i Sverige, EU, IMO respektive Storbritannien, vilket gör det hela svårt. En övergripande koordinering på området hade varit bra. Tittar man på livscykel? Eller endast från fartygens skorstenar? Hur skall el bedömas? Detta utgör en osäkerhet för hur man kommer att bli bedömd.

Erik nämner också att kunderna är viktiga drivkrafter. Regelverk, bank och finans är straka drivkrafter, men de upplever att kunderna driver omställningen. Konkurrens kommer från vägtransporter och järnväg och man upplever att kunder jämför utsläpp i olika fraktkombinationer.

Johan Källson (Thunbolagen) håller med Erik om att kundbehoven ändras. Tidigare har de haft längre horisonter i samarbeten med kunder.

Inge Vierth ställde fråga om de tycker att Clean shipping index och Environmental ship index ger dem stora incitament. Ja, Clean shipping index (finns nästan bara i Sverige och inte utanför) är bra om man har ett nytt fartyg. Sedan slår de hårt mot äldre tonnage, trots att fartygen kanske inte är så dåliga om man ser på helhetsbilden. Större flexibilitet i indexen skulle vara bättre.

Block 2 - Upphandlad sjötrafik

Nästa block behandlade den offentligt upphandlade sjötrafiken.

Presentationen i detta block hölls av Åsa Tivelius (affärsområdesansvarig för skärgårdstrafiken inom Waxholmsbolaget) och Johan Böhlin (strateg bränsle och energi, Stockholm Stads Trafikförvaltning).

Åsa och Johan valde att fokusera på följande frågeställningar:

- Hur beaktas klimat och miljökrav i upphandlingen av sjötrafiken.
- Hur skiljer det mellan olika segment: person ca godstrafik, kortväga, långväga etc.
- vilken är de största utmaningarna i omställningen till fossilfrihet för oss?

I Region Stockholm har man framför allt två styrande dokument: Region Stockholms miljöprogram som samt Trafikförsörjnings programmet bägge dessa löper över femårsperioder, och innehåller tydliga mål och indikatorer. De har också en strategi för hållbar utveckling (och såklart andra strategidokument), de har också trafikförvaltningens riktlinjer. De mäter varje år för att se om de uppnår målen.

Regionen bedriver trafik med hjälp av ca 60 fartyg. Det är närmare 6 miljoner passagerare och 120 000 gångtimmar per år. All verksamhet är upphandlad verksamhet. I upphandlingarna ställs krav utifrån de nämnda styrdokument. Det är samma krav oavsett trafikslag. De ställs samma krav på drivmedel/ energi. Elanvändning skall vara grön el. Det finns särskilda krav på vilken typ av maskiner som skall finnas. Det är vid upphandlingstillfällena som man kan införa nya krav. Målet är att använda 100 % förnybart bränsle till 2030. För sjötrafiken uppskattar regionen att man använder ca 10 miljoner liter bränsle.

Trafikförvaltningens huvudsakliga miljöutmaningar innefattar följande.

- Energianvändningen
- Klimatpåverkan (utsläpp av fossil CO₂)
- Lokal påverkan (kväveoxider och partiklar)
- Buller

För sjötrafiken har man åstadkommit bränslereduktioner om 20 % genom bland annat ruttplaneringsverktyg och navigationssystem, utbildning i sparsam körning etc. Under 2020 användes 50 % HVO i alla sjötrafik och detta är planen även för 2021. Till 2022 planerar man för 90 % HVO.

Utmaningarna ser olika ut för de olika trafikslagen, nedan ges exempel på specifika utmaningar för de olika typerna inom sjötrafiken

- Skärgårdstrafik
 - Långa linjer – försvårar elektrifiering
 - Natthamn skärgården – el finns inte tillgängligt på vissa platser
 - Sämre infrastruktur vilket gör att man fortsatt tror på konventionell teknik

- Pendelbåtstrafik
 - Elektrifiering enklare då sträckorna är kortare och infrastrukturen är lättare att få till, det är även lättare med nya drivmedel
- Godstrafik
 - Ungefär samma förutsättningar som för skärgårdstrafiken.

Utmaningar för framtidens kollektivtrafik:

- Kostnaden – skatteeffekten och prisutveckling HVO
- Begränsning i tekniska innovationer då
 - Små maskinrum i de fartyg som används
 - Begränsad kompetens (har ingen maskinpersonal ombord)
- Infrastruktur
 - Bunkeranläggningar
 - Laddstationer i olika former

För den inre pendelbåtstrafiken anser man att det finns en rimlig chans att bygga laddstationer för pendelbåtar i form av snabbaddning.

Efter presentationen lämnades öppet för kommentarer från andra aktörer.

Karin Bergenås (avtalsförvaltare för Gotlandstrafiken vid Trafikverket) nämnde att för Gotlandstrafiken befinner man sig just nu i mitten av en upphandling (som sträcker sig fram till 2026). År 2013 då nuvarande trafik upphandlades ställdes krav för vissa emissioner. Minskning av koldioxidutsläpp gav fördel jämfört med konkurrerande anbud. Det har resultat i att nu drivs två av fartygen med LNG.

Nästa trafikperiod för den upphandlade Gotlandstrafiken tar sin början 2027 och man formulerar nu upphandlingskrav. I den har man också att förhålla sig till den teknik som finns idag. Karin nämner att det finns en förstudie som förfärdigades under förra året och där påpekar man att energieffektivisering är något som man kan ställa krav på.

Det kom en fråga kring hur man resonerar kring LBG och om man har börjat använda LBG. Destination Gotland som är de som bedriver trafiken har enligt obekräftad uppgift börjat blanda in ca 10 % LBG i den LNG de använder. Johan Böhlin (Stockholm Stads Trafikförvaltning) påpekade att efter 2026 kommer mycket av busstrafiken i Stockholm att övergå till elektrifiering. Även i andra regioner finns en sådan trend. Detta betyder att det kommer att finnas biogas ”över” som idag används av busstrafiken. Denna komprimerade gas förvätskas och i stället användas inom sjöfarten i fartyg som har LNG-drift.

Johan Källson på Thunbolagen sa att de har ett antal LNG-fartyg där de använder LNG i första hand. Huruvida man kan gå över till LBG är såklart en kostnadsfråga, men de har som mål att övergå till mer LBG.

Inge Vierth ställde en fråga om biljettpriser. I Norge har man elektrifierat en del färjor och då har biljettpriserna ökat avsevärt. Ser man höjda biljettpriser som en rimlig finansiering och i svensk upphandlad sjötrafik?

Åsa Tiveliuss på region Stockholm svarade att biljettintäkterna för sjötrafiken utgör den mindre delen i finansieringen (ca 30 %), medan merparten (ca 70 %) är skattefinansierad. Därmed känns det inte som en rimlig lösning, åtminstone inte helt. För andra kollektivtrafikslag är fördelningen mellan biljettintäkter och skattefinansiering ca 50 %.

Peter Peterberg (Färjerederiet) undrade hur man hos region Stockholm/Waxholmsbolaget såg på tillgången på HVO (eftersom man nu planerar för att i stor utsträckning använda HVO för sjötrafiken).

Svaret var att de inte har sett problem med detta ännu, men att det finns en viss risk på tillgång av HVO, beroende på hur efterfrågan utvecklas.

Åsa undrar hur andra statliga aktörer klarar miljömål?

Jonas Nilsson (Kustbevakningen) svarar det är blygsamt. De har liksom Sjöfartsverket under förra året genomfört det uppdrag de fått av regeringen om hur de skall ställa om. De har i år gått över från eldningsolja till MK1 och de hoppas att från och med nästa år kunna gå över till att använda HVO för 50 % av bränslebehovet.

Albert Hagander (Sjöfartsverket) svarar att de inte har någon plan och ingen budget för övergång till förnybart utöver de begränsade och mindre försök som de gör. Det som de just nu analyserar är hur de kan ändra beteende för att minska energi och bränsleförbrukning. De har fått ett GD-uppdrag för tekniksidan och operation för att kunna minska bränsleanvändningen.

Färjerederiet (Peter Peterberg/Fredrik Almlöv) sa att deras arbete har pågått under en tid. Hönöleden, som står för en stor andel av deras totala bränsleförbrukning (ca 20 %), har de kört på HVO, men fick avbryta då pengarna tog slut. Under 2021 finns nya medel för detta så nu använder man åter igen HVO för Hönöleden. De har också en elektrifieringsagenda. De har elektrifierat 7 linfärjor som går på landel. Vidare skall en tung färjeled elektrifieras (Ljusteröleden och Vaxholmsleden) och det slukar mycket energi. Ett hinder som de märker av är att det råder kapacitetsproblem med el ute i kustbandet.

En fråga kom också upp kring om de olika kollektivtrafik samarbetar i dessa frågor. Region Stockholm svarade att man har ett nära samarbete med Västtrafik och litet samarbete med Östgötatrafiken och samt andra minder kollektivtrafikbolag.

En annan fråga var om överflyttning av trafik från väg till sjö, men det ville man som kollektivtrafikföretag/myndighet helst inte se, då sjötrafiken är betydligt dyrare.

Block 3 - Hamnar

Här inledde Eric Tedesjö, (Branschchef, Sveriges hamnar och infrastruktur på Transportföretagen). Eric inledde med att påpeka att hamnarna inte är ett transportslag utan en intermodal knutpunkt, ofta anpassat utifrån geografi och lokalt näringsliv. Hamnarna äger och självfinansierar investeringarna i sin infrastruktur. Det är användarna (transportköparna och rederierna) som betalar för att hamnar finns.

Sveriges hamnar har ett 50-tal medlemmar varav ett trettiotal är fysiska hamnar.

Det finns ett antal branschmål som Sveriges hamnar har satt upp, varav följande har koppling till drivmedelsfrågan:

- Sveriges hamnars verksamheter ska vara hållbara och klimatneutrala 2030
- Sveriges hamnar ska bistå och uppmuntra sjöfarten till att bli det mest hållbara transportslaget i Sverige
- Hamnar och sjöfarten ska utveckla verksamheten för att hitta nya marknader så att mer gods transporteras på vatten.

Elen är ett centralt inslag i alla transportslags omställning och elförsörjning i hamnar ser väldigt olika ut från hamn till hamn. Precis som elförsörjningen varierar i stort i landet.

I Sveriges hamnars verksamhetsplan för 2021 finns följande övergripande målsättningar för infrastrukturen:

- Hamnarnas och sjöfartens ekonomiska och legala förutsättningar att bedriva verksamhet ska vara jämlika andra trafikslag, långsiktiga stabila samt nationellt och internationellt konkurrenskraftiga
- Ett system för digitala anlop ska göras tillgängligt i Sveriges hamnar senast 2030

- Nationella godstransportstrategin ska fungera som plattform för påverkansarbete och omsättas i praktik.

Ordet lämnades sedan över till andra hamnaktörer som närvarade:

Ulrika Nilsson (Piteå hamn) nämnde att en av de saker som de gör är att se till att det finns landel så att fartygen kan ansluta till el i hamn.

En fråga kring hur är det med laddning för elektrifierade fartyg dök också upp. Vilka incitament finns det för hamnar att tillhandahålla el för laddning av batteridrivna fartyg?

Bart Steijart, Helsingborgs hamn, påpekade, liksom Eric Tedesjö, att hamnarnas egen verksamhet är en väldigt liten del i omställningen och sa att som exempel så äger Helsingborgs hamn ett stuveri och där har de under förra året gått över till HVO så att de är helt fossilfria. Bart nämnde också att i Helsingborg där de har en laddningskapacitet för fartygen som går mellan Helsingborg och Helsingör om 10 MW, men i den infrastrukturen har hamnen inte varit inblandade utan det kom till stånd som ett direkt samarbete mellan ABB och Öresundskraft.

Någon nämnde också som ett annat exempel på hur man jobbar med omställningen från hamnarnas sida, Gävle hamn (som dock inte var representerade vid workshopen) att de jobbar med en vision om ett energioptimerat hamnkluster. Detta innefattar hamnen som intermodal knutpunkt men även leden på land och sjöfartssidan, både gods omlastning och bränslen. Strategin innefattar konkreta åtgärder för att åstadkomma ett mål om ett energioptimerat hamnkluster till 2030.

Mattias Sandell, Stockholm hamnar, instämde med tidigare kollegor att hamnarna i sig ju inte använder så mycket bränsle och när det gäller vad de kan tillhandahålla så blir det väldigt kundstyrt. De har två gasbunkringsdepåer, men där är det Gasum (gasleverantören) som har direktkontakt med kunderna. Vidare säger Mattias att de inte får sälja elen till annat pris än vad de köper den för. Så det är svårt att få lönsamheten i elanslutningen. Samhället i andra delar behöver gå in för att stötta med medel för infrastrukturen.

I Stockholm går många små turistbåtar och annat över till eldrift och Stockholms hamnar försöker få till standardiserade lösningar för att inte få för många olika lösningar när det gäller laddstationer. Tillsammans med Ellevio försöker de harmonisera/standardisera laddstolpar/laddstationer.

Erik Lewenhaupt inflikade att i Göteborgs hamn så finns ett väl etablerat samarbete mellan hamnen, Volvo och Scania. Göteborgs hamn är väl medvetna om behoven. I Fredrikshavn har Stena Line en diskussion med hamnen, men det finns ingen landström eftersom infrastrukturen inte klarar detta. Hamnen vänder sig till kommunen och kommunen går vidare på elbolag och elnätsbolag. En viktig fråga är vad man kan göra med infrastrukturen under tiden då färjorna och fartygen inte ligger i hamn och nyttjar den. Det blir förhållandevis stora investeringar med kort utnyttjande tid, vilket gör det svårt att få ihop investeringen.

Seminarier avrundades av sammanfattande ord från Maria Grahn, Chalmers. Maria sammanfattade vad hon hört kring tre frågor i tre bilder, de återfinns i presentationerna från workshopen samt nedan i något modifierad form som tabeller.

Tabell 1. Vilka bränslealternativ ser ni i närtid respektive i framtid? Sammanfattningstabell.

Aktör	Idag	2045
Redare	Elektrifiering, metanol och LNG	Ökad grad av batterielektrisk framdrift, grön vätgas, grön ammoniak, vind, CCS
Upphandlare av sjötrafik	Energieffektivisering, biodrivmedel, inklusive HVO, elektrifiering, LBG (tex som inblandat i LNG)	Ökad LBG-inblandning, batterielektriskt, grön vätgas
Hamnar	Hållbara och klimatneutrala till 2030, elektrifiering av fordon i hamnen, LNG för bunkring.	

Tabell 2. Vilka är de största utmaningarna för omställningen i er verksamhet/för sjöfarten?

Aktör	Idag
Redare	Teknikens mognadsgrad, kostnader, politik, hur bränslena kommer att bedömas, tillgång till laddning i hamn, kundernas betalningsförmåga, Skillnader mellan trafikslag, riskfyllt att vara "early mover"
Upphandlare av sjötrafik	Klimatpåverkan, energianvändning, lokala utsläpp, buller, konkurrens om HVO och LBG, prisutveckling HVO, skatteeffekter, små maskinrum, begränsad maskinrumskompetens, snabbbladdningsstationer, bunkeranläggningar. Höjda biljettpriser, långa upphandlingsprocesser, mindre möjlighet att utveckla tekniska innovationer,
Hamnar	Infrastrukturen, liten möjlighet att påverka fartygens bränsleval – kundstyrt vilka bränslen som tillhandahålls, tar lång tid att dra fram el-infrastruktur, olika standarder för laddning,

Tabell 3. Vilka är det största drivkrafterna (möjliggörarna) för omställningen?

Aktör	Idag
Redare	Samverkan, politik och regelverk, kundkrav
Upphandlare av sjötrafik	Kan ställa krav i upphandlingsprocessen, politik och regelverk, samverkan, kundkrav
Hamnar	Nationella godstransportstrategin som plattform för påverkansarbete. Samarbete kring installation av laddning. EU-projekt, stöttning kring pengar för innovation.

Maria noterade också ett antal citat från dagen, många involverade professor Balthazar och hans magiska maskin som kan lösa alla problem. Sist men stämde Maria in i det som sagts om samverkan och att det är en nyckelfaktor då man skall lösa komplexa problem. Komplexa problem är problem som ändras när man försöker lösa dem och omställningen av transportsektorn är just ett sådant. Inga komplexa problem kn lösas av en enstaka aktör.

I efterhand inkomna kommentarer:

Carl Fagergren (Wallenius Marine) deltog vid workshopen men hade på grund av anslutningen svårt att kommentera under den digitala workshopens gång. Han lämnade följande kommentar i efterhand:

Den största utmaningen för Wallenius Marine när det gäller omställning till fossilfrihet, är att de fartyg vi designar och drifrar är mycket stora och går mycket långa sträckor, vilket innebär att det behövs stora mängder lagrad energi ombord. Detta innebär bl.a. att batterier inte kommer ifråga inom överskådlig tid. Om vi ska segla fossilfritt så är vi således hänvisade till olika typer av fossilfria drivmedel, som biogas, biodiesel och olika typer av elektrobränslen (inkl. vätgas). Hur tillgången på denna typ av drivmedel kommer att se ut i framtiden om större delen av världssjöfarten ska gå på det är ju mycket osäkert. Professor Balthazar har som sagt inte lyckats trycka på rätt knapp än...

För alla typer av fartyg som går lite längre sträckor tror vi på vindkraft och satsar stort på det:
<https://www.oceanbirdwallenius.com/>

Tidpunkten för när sjöfarten kommer att ställa om till att bli väsentligt mer hållbar är beroende av:

- När/om Balthazar eller någon annan professor lyckas få fram ett hållbart drivmedel till fartyg i stor mängd och till ett rimligt pris.
- Kostnaderna för att fortsätta köra fossilt, dvs. priset på fossil olja och gas, inklusive skatter och andra kostnader och avgifter. Vi tror på att sätta ett högt pris på växthusgaser, det kommer att driva på omställningen.
- Att lastägarna/transportköparna driver på. Och det gör dom nästan bara om lastägarnas kunder ställer krav på sant hållbara produkter (dvs. hela kedjan)
- Att någon eller några vågar satsa och visar vägen.

Deltagarlista för digital workshop anordnad inom ramen för forskningsprojektet ”Potential och förutsättningar för svensk sjöfarts omställning till fossilfri framdrift” den 22 april 2021

Totalt antal deltagare: 27 personer.

Från projektgruppen deltog: 4 forskare från VTI; 4 forskare från Chalmers (varav 1 Chalmers/IVL), 2 projektmedlemmar från Sjöfartsverket och 2 från Trafikverket/Färjerederiet

Därutöver deltog:

En representant vardera från Sveriges hamnar, Helsingborgs hamn, Piteå hamn, Stockholms hamnar

1–2 representanter vardera från rederierna, Stena Line, Thuntank, Blidösundsbolaget, Gotlandsbolaget, Wallenius Marine och Skärgårdsredarna

1–2 representanter vardera från upphandlare av sjötrafik, Region Stockholm och Trafikverket samt en representant från Kustbevakningen (ingår i projektets referensgrupp).

Program Digital Workshop

Datum och mötesplats: 2021-04-22, kl. 13-16 Teams

13.00-13.30 Forskningsprojektet och resultat hittills

Kristina Holmgren (VTI/RISE) presenterar preliminära projektresultat (bl.a. statistik avseende användning av alternativa bränslen) och ”faktorer som är kritiska för omställningen”. Den anslutande diskussionen syftar till att fånga upp workshopdeltagarnas syn på vilka faktorer som är kritiska när de väljer hur de skall ställa om.

Diskussioner ur rederiernas, upphandlarnas och hamnarnas perspektiv

En eller två representanter för aktörsgrupperna rederier, myndigheter som upphandlar sjötrafik och hamnar berättar hur de arbetar med omställningen. Vilka åtgärder har de vidtagit? Vilka åtgärder planerar de för? Vilka hinder och drivkrafter för omställning finns? Efter respektive presentation följer en diskussion där först andra workshopdeltagare som ingår i samma aktörsgrupp och sedan alla andra deltagare uppmanas att fylla på med sina erfarenheter och synpunkter.

Kl. 13.30-14.15 Pass 1. Rederier

- Erik Lewenhaupt, Head of Sustainability, Stena Line och Johan Källsson, Managing Director, Thunbolagen inleder
- Diskussionsledare: Selma Brynolf (Chalmers)

Kl. 14.15-14.30 PAUS

Kl. 14.30-15.15 Pass 2. Upphandlad sjötrafik

- Åsa Tivelius, Affärsområdesansvarig, Skärgårdstrafik och Johan Böhlin, strateg drivmedel och energi, Region Stockholm inleder
- Diskussionsledare: Inge Vierth (VTI)

Kl. 15.15 - 15.45 Pass 3 Hamnar

- Eric Tedesjö, Branschchef, Sveriges hamnar och infrastruktur på Transportföretagen
- Diskussionsledare: Inge Vierth (VTI)

Kl. 15.45-16.00 Avrundning

Sammanfattning av workshopen Maria Grahn (Chalmers)

OM VTI

VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut, är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut inom transportsektorn. Vår huvuduppgift är att bedriva forskning och utveckling kring infrastruktur, trafik och transporter. Vi arbetar för att kunskapen om transportsektorn kontinuerligt ska förbättras och är på så sätt med och bidrar till att uppnå Sveriges transportpolitiska mål.

Verksamheten omfattar samtliga transportslag och områdena väg- och banteknik, drift och underhåll, fordonsteknik, trafiksäkerhet, trafikanalys, människan i transportsystemet, miljö, planerings- och beslutsprocesser, transportekonomi samt transportsystem. Kunskapen från institutet ger beslutsunderlag till aktörer inom transportsektorn och får i många fall direkta tillämpningar i såväl nationell som internationell transportpolitik.

VTI utför forskning på uppdrag i en tvärvetenskaplig organisation. Medarbetarna arbetar också med utredning, rådgivning och utför olika typer av tjänster inom mätning och provning. På institutet finns tekniskt avancerad forskningsutrustning av olika slag och körsimulatorer i världsklass. Dessutom finns ett laboratorium för vägmateriell och ett krocksäkerhetslaboratorium.

I Sverige samverkar VTI med universitet och högskolor som bedriver närliggande forskning och utbildning. Vi medverkar även kontinuerligt i internationella forskningsprojekt, framförallt i Europa, och deltar aktivt i internationella nätverk och allianser.

VTI är en uppdragsmyndighet som lyder under regeringen och hör till Infrastrukturdepartementets verksamhets-/ansvarsområde. Vårt kvalitetsledningssystem är certifierat enligt ISO 9001 och vårt miljöledningssystem är certifierat enligt ISO 14001. Vissa provningsmetoder vid våra laboratorier för krocksäkerhetsprovning och vägmateriellprovning är dessutom ackrediterade av Swedac.

vti

Statens väg- och transportforskningsinstitut • www.vti.se • vti@vti.se • +46 (0)13-20 40 00
