



CHALMERS



Foto: Börje Larsson Rosvall/Scanpix.

En jämförande analys av väg och sjötransport av gods med avseende på kostnader för luftföroreningar samt buller

En fallstudie om samhällsekonomiska kostnader

Kandidatarbete inom sjöfart och logistik

**SIMON HUMLA
ALEXANDER MEBIUS**

INSTITUTIONEN FÖR MEKANIK OCH MARITIMA VETENSKAPER

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige, 2021

En jämförande analys av väg och sjötransport av gods med avseende på kostnader för luftföroreningar samt buller

En fallstudie om samhällsekonomiska kostnader

Kandidatarbete inom sjöfart och logistik

SIMON HUMLA
ALEXANDER MEBIUS

Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper
Avdelningen för maritima studier
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige, 2021

En jämförande analys av väg och sjötransport av gods med avseende på kostnader för luftföroreningar samt buller

En fallstudie om samhällsekonomiska kostnader

SIMON HUMLA

ALEXANDER MEBIUS

© SIMON HUMLA, 2021

© ALEXANDER MEBIUS, 2021

Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper

Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg

Sverige

Telefon: + 46 (0)31-772 1000

Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper

Chalmers tekniska högskola

Göteborg, Sverige 2021

FÖRORD

Vi som skrivit detta examensarbete heter Simon Humla och Alexander Mebius och vi studerar Sjöfart och Logistik vid Chalmers tekniska högskola. Transporter och dess påverkan på samhället var något som vi personligen märkte av var och varannan dag i Göteborgs stadsmiljö så därför kändes det relevant och betydelsefullt att försöka belysa dessa kostnader som uppstår från vad vi anser som onödiga transporter genom Sverige. Detta i en samtid med en omställning i godstransporter där myndigheter har en plan att flytta gods från vägtransport till andra transportslag.

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Kent Salo som med sina kunskaper inom området varit till stor hjälp genom arbetes gång.

En jämförande analys av väg och sjötransport av gods med avseende på kostnader för luftföroreningar samt buller

En fallstudie om samhällsekonomiska kostnader

Simon Humla

Alexander Mebius

Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper

Chalmers tekniska högskola

SAMMANDRAG

Transittransporter genom Sverige via väg E6 och E20 från Öresundsbron till Svinesundsbron ger upphov till samhällsekonomiska kostnader orsakat av luftföroreningar och buller. Det är kostnader i form av sjukhusbesök och uteblivna arbetsdagar. Även bostadspriser kan påverkas. I det här arbetet utvärderades potentialen i en förflyttning av gods från väg till sjötransport utifrån dessa kostnader för det svenska samhället. Trafikverkets rapport "Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn" (ASEK) är verktyget som användes till detta ändamål. Därför gjordes även en känslighetsanalys av verktyget som sådant. Vidare utvärderades skillnaden i totala CO₂-emissioner mellan väg kontra sjötransport enligt det scenario som studien utgår ifrån. Detta för att nyansera bilden av det "lämpligaste" transportalternativet. Studien begränsades till ett scenario där den nämnda vägsträckan jämfördes med ett genomsnittligt roro-fartyg som trafikerade samma distans i km och kostnadsvärderingarna utgick från ett genomsnitt för tätorter då terrängen längs den valda sträckan är varierande med hänsyn till befolkningsexponering. Resultatet av studien visade på osäkerheter runt exakta kostnader beroende på hur sjöfartens partikelutsläpp värderades. Att inkludera sjöfartens partikelutsläpp i beräkningen av samhällsekonomiska kostnader gjorde sjöfarten till det minst lämpliga alternativet. Däremot var sjöfarten att föredra förutsatt att partikelutsläppen utelämnades. Osäkerheter i ASEK var frekvent återkommande för beräkning av sjöfartens kostnader då underlaget för detta transportsätt inte levde upp till samma standard som för vägtransporter. Osäkerheterna var så pass omfattande att externa fartygsdata krävdes till beräkningar av samhällsekonomiska kostnader. Utöver resultatet för samhällsekonomiska kostnader orsakat partiklar och kväveoxider så visade studien att lastbilarna enligt scenariot släppte ut 57% mindre koldioxid än fartyget.

Nyckelord: samhällsekonomiska kostnader, Sverige, luftföroreningar, buller, transittransport, ASEK, kväveoxider, partiklar, koldioxid, närsjöfart

En jämförande analys av väg och sjötransport av gods med avseende på kostnader för luftföroreningar samt buller

En fallstudie av transitt transporter genom Sverige

Simon Humla

Alexander Mebius

Department of Mechanics and Maritime Sciences

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

Transit transports through Sweden via roads E6 and E20 from the Öresund Bridge to the Svinesund Bridge give rise to socio-economic costs caused by air pollution and noise. These are costs in the form of hospital visits and missed working days. House prices can also be affected. Therefore, the potential in a movement of goods from road to sea transport was evaluated based on these costs for Swedish society. The Swedish Transport Administration's ASEK is the tool used for this purpose. Therefore, a sensitivity analysis of the tool as such was also performed. Furthermore, the difference in total CO₂ emissions between road and sea transport was evaluated according to the scenario on which the study is based. This is to nuance the image of the "most suitable" transport option. The study was limited to a scenario where the road mentioned was compared with an average ro-ro vessel that operated the same distance in km and the cost estimates were based on an average for urban areas as the terrain along the selected stretch varies with regard to population exposure. The results of the study showed uncertainties about exact costs depending on how shipping's particulate emissions were valued. Including shipping's particulate emissions in the calculation of socio-economic costs made shipping the least suitable alternative. On the other hand, shipping was preferred provided that particulate emissions were omitted. Uncertainties in the ASEK were frequently recurring for the calculation of shipping costs as the basis for this mode of transport did not live up to the same standard as for road transport. The uncertainties were so extensive that external ship data were required to calculate socio-economic costs. In addition to the result for socio-economic costs caused by particles and nitrogen oxides, the study showed that the trucks according to the scenario emitted 57% less carbon dioxide than the ship. The report is written in Swedish.

Keywords: socio-economic costs, Sweden, transit transports, air pollution, noise, ASEK, nitrogen oxides, particles, carbon dioxide, short sea shipping.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. Inledning.....	1
1.1 Bakgrund	2
1.2. Syfte	2
1.3. Frågeställningar	3
1.4. Avgränsningar	3
2. Teori	4
2.1. Miljö- och hälsoeffekter av transporter	4
2.2. ASEK – Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn	4
2.3.1. Kostnader för buller	5
2.3.2. Kostnader för luftföroreningar	5
2.3. Emissionsfaktorer för kväveoxider och partiklar	5
2.4. Svenska myndigheters planer för överflyttning av gods till sjöfarten	6
2.5. Den marina miljön.....	8
2.6. Transittransporter till och från Norge.....	8
2.7. Vägavgift för godstransport genom Sverige	8
2.8. Koldioxidemissioner (CO ₂) enligt scenariot	9
2.8.1. CO ₂ -utsläpp från godstransporter på väg	9
2.8.2 CO ₂ -utsläpp från godstransporter till sjöss.....	9
3. Metod	10
3.1. Scenariots transportsträcka.....	10
3.2. Genomsnittligt roro-fartyg	11
3.3. Tillämpad metod för beräkning av samhällsekonomiska kostnader	12
3.4. Tillämpad metod för beräkning av CO ₂ -emissioner	14
3.5. Fallstudie	15
3.6. Datainsamling.....	15
3.7. Litteratursökning	15
3.8. Validitet och källkritik	15
4. Resultat.....	16
4.1 Samhällsekonomiska kostnader för luftföroreningar och buller	16
4.1.1. Samhällsekonomiska kostnader för luftföroreningar och buller orsakat av lastbil	16
4.1.2. Samhällsekonomiska kostnader för luftföroreningar och buller orsakat av sjöfart	17
4.2 Vägavgifternas värde i förhållande till samhällskostnader orsakat av lastbilstransport	19
4.3. Totala CO ₂ -emissioner enligt scenariot.....	20
5. Diskussion	21
5.1. Effekter av att flytta gods till sjöfart	21
5.2. Brister i ASEK	21

5.3. Vägavgifter.....	23
5.4. Jämförelse av totala CO ₂ -emissioner	23
5.5. Metoddiskussion.....	24
6. Slutsatser	25
6.1 Rekommendationer till fortsatt arbete.....	26
Källförteckning.....	28

FIGURFÖRTECKNING

Figur 1 Karta som illustrerar scenariots transportsträckor på land respektive till sjöss:.....	10
Figur 2 Jämförande diagram mellan sjöfart och vägtrafik:	17
Figur 3 Diagram som illustrerar skillnaderna mellan vägtrafikavgiften och samhällskostnaderna från lastbil:	19
Figur 4 Diagram som illustrerar skillnaderna i CO ₂ -utsläpp mellan sjöfart och lastbil för den valda sträckan:	20

TABELLFÖRTECKNING

Tabell 1 Utsläpp från genomsnittsfartyg i gram per fartygskilometer:	11
Tabell 2 Samhällsekonomiska orsakade av luftföroreningar och buller från lastbil med släp på den valda sträckan:	16
Tabell 3 Emissionsfaktorer och samhällskostnader orsakade av ett genomsnittligt roro-fartyg på den valda sträckan:	17
Tabell 4 Totala CO ₂ -emissioner från respektive transportsätt enligt studiens scenario:	20

FÖRKORTNINGAR OCH BEGREPP

ASEK	Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn
HBEFA	Handbook Emission Factors for Road Transport
NO _x	Kväveoxider
CO ₂	Koldioxid
Roro	Roll on roll off - Fartygstyp för rullande gods
PM	Particular matter – Luftburna partiklar
PM _{2.5}	Koncentration av partikelmassa mindre än 2.5µm i diameter
PM ₁₀	Koncentration av partikelmassa mindre än 10µm i diameter
MDO	Marin dieselolja
MGO	Marin gasolja
LNG	Liquefied natural gas – Flytande naturgas

1. INLEDNING

Transporter av gods orsakar skada på miljö och hälsa (Nilsson & Haraldsson, 2018). Skadeverkningar medför samhällsekonomiska kostnader i form av sjukhusbesök och uteblivna arbetsdagar (Trafikverket, 2020). Dessutom kan bostäder i anslutning till områden med mycket trafik få en lägre prisbild vilket är en bidragande faktor till samhällsekonomiska kostnader (Trafikverket, 2020).

Trafikverkets rapport Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn (ASEK) är ett beslutsunderlag som redovisar kalkylvärden för att kunna beräkna hur mycket olika godstransporter genom sina negativa effekter kostar för det svenska samhället. Med hjälp av denna beräkningsmodell kan samhällsekonomiska kostnader orsakat av olika transportsätt fastställas och jämföras (Trafikverket, 2020). Rapporten kommer konsekvent att benämnas som ”ASEK” i denna studie.

I Regeringens nationella godstransportstrategi är det som mål att ha en samhällsekonomiskt bra och hållbar transportförsörjning där transporterna skall kunna bära upp för kostnaderna som de orsakar (Näringsdepartementet, 2018). Strategin innehåller också ett klimatmål som innebär att Sverige ska minska sina utsläpp av växthusgaser med 70% mellan åren 2010 och 2030. Flertalet studier och rapporter (Garberg & Bengtsson, 2020; Stelling et al., 2019; Vallejo-Pinto et al., 2019) pekar på att en förflyttning av godstransporter från väg till sjöfart under vissa förutsättningar kan minska utsläppen av växthusgaser. Ytterligare en potentiellt drivkraft till att omfördela godstransporterna över olika transportsätt är att dem kostnader som uppstår i samband med luftföroreningar och buller eventuellt kan minska genom att utnyttja närsjöfarten till lastbilstrailers (Garberg & Bengtsson, 2020).

En granskning av kalkylvärden och emissionsfaktorer i ASEK kan påvisa hur lämplig modellen är att använda som beslutsunderlag. En realistisk kostnadsvärdering kan öka kunskapen kring godstransporter och skapa drivkrafter till en förflyttning av godsflöden mellan olika transportslag.

1.1 Bakgrund

Bakgrunden till uppsatsen grundar sig i de kostnader som uppstår för ett samhälle i samband med luftföroreningar och buller orsakat av godstransporter på väg (Trafikverket, 2020). Specifikt de godstransporter som trafikerar Europaväg 6 och 20 mellan Öresund och Svinesund för transittransport (Trafikanalys, 2018). Det är kostnader som delvis kan undvikas genom alternativa transportvägar till sjöss.

För vägtransporter som endast passerar Sverige (transittransporter) får Sverige betala en samhällsekonomisk kostnad. Dessa transporter kan utvärderas och jämföras med andra transportslag. För denna studie gäller det specifikt närsjöfart. Detta för att eventuellt kunna skapa incitament till en förflyttning av gods bort från vägarna och således minska kostnaderna orsakas av luftföroreningar och buller. En förflyttning till sjöfarten kräver att fyllnadsgraden av fartygen är så pass bra att kostnaderna för luftföroreningarna fördelat per lastbilstrailer underskrider motsvarande kostnader för vägtransporterna (Garberg & Bengtsson, 2020).

Det scenario som ska analyseras är transittransporter som endast använder Sverige som en genomfart för transport till Norge via vägen som förbinder Öresund på gränsen mellan Danmark och Sverige med Svinesund på gränsen mellan Sverige och Norge. Ett alternativt transportsätt för godsflöden som går den vägen kan potentiellt vara sjöfarten för motsvarande sträcka förutsatt att kostnaderna för miljö och samhället inte visar sig vara högre för godstransporter till sjöss. Scenariot för vägtransporterna på den valda sträckan kan vidare jämföras med flertalet scenarios för sjötransporterna med avseende på fartygstyp, fyllnadsgrad och rutt för att ge en tydlig bild av vilket transportsätt som är att föredra utifrån dessa kostnader orsakat av transittransporterför.

1.2. Syfte

Syftet med denna studie är att jämföra de samhällsekonomiska kostnader som uppstår av luftföroreningar och buller från vägtrafik samt sjöfart och sedan granska dessa kostnader som analysen bygger på. Fallstudien utgår ifrån ett scenario där vägtransporter på Europaväg 6 och 20 som går igenom Sverige och sedan upp till Norge jämförs med sjötransport för samma distans längs den svenska västkusten. Målet med arbetet är att bidra med kunskap som kan hjälpa till att välja det bästa transportalternativet mellan sjöfarten och vägtrafiken på den utvalda sträckan ur ett samhällsekonomiskt kostnadsperspektiv. Vidare mål är också att tillföra information om iakttagna oklarheter i beräkningsmodeller och bakomliggande värderingar av dessa.

1.3. Frågeställningar

- Vilka är skillnaderna i samhällsekonomiska kostnader kopplade till luftföroreningar samt buller för godstransport på vägsträckan mellan Öresund och Svinesund (Europaväg 20 och 6) jämfört med ett roro-fartyg för transport av rullande gods som transporterar lastbilstrailers motsvarande sträcka? Samt vilka styrkor och svagheter kan en utvärdering av ASEK som verktyg i samband med denna jämförelse påvisa?
- Hur väl täcker vägtrafikavgifterna upp för de samhällsekonomiska kostnaderna som uppstår från vägtrafiken för den valda sträckan enligt fallstudien?
- Hur stor är skillnaden i totala CO₂-emissioner mellan de olika transportslagen enligt fallstudien?

1.4. Avgränsningar

Analysen av kostnaderna för emissionernas skillnader utifrån olika källor begränsas till emissionsfaktorerna för kväveoxid samt partiklar. Dessa luftföroreningar är begränsade till lokala och regionala effekter vilket stämmer överens med studiens scenario. CO₂ avser globala effekter och är därför inte lika aktuellt för scenariot. Partiklarna som beräknas från sjöfartens utsläpp begränsas till PM_{2.5} då PM₁₀ är grova partiklar som främst uppstår från väg- och däckslitage (Trafikverket, 2020). I vägtrafikens beräkningar ingår dock både PM_{2.5} och PM₁₀.

Sjöfartens påverkan på den marina miljön begränsas till övergödning orsakat av kväveoxider från fartygets luftföroreningar. På grund utav den varierade terrängen på den valda sträckan så kommer kostnaderna räknas på de givna genomsnitten för olika varianterna av tätorter samt landsbygd som finns i ASEK.

Avgifter gällande sjöfart, som t.ex. hamnavgifter etc. kommer inte att jämföras mot samhällskostnaderna som tillkommer från sjöfarten eftersom rapporten utgår ifrån att godset vare sig lastas eller lossas i Sverige. Därför kommer bara vägtrafikavgifter för lastbilar att jämföras då lastbilar betalar vägavgift för att köra igenom Sverige, medans sjöfarten endast passerar Sveriges kust.

Transportsträckan till sjöss är en godtyckligt vald sträcka som skall motsvara vägsträckans längd för att lätt kunna jämföra lastbil mot fartyg. Transportsträckan till sjöss följer ingen specifik kurs eller rutt.

2. TEORI

Följande avsnitt innehåller fallstudiens insamlade data som ligger till grund för analysen av samhällsekonomiska kostnader. Studiens huvudsakliga underlag är Trafikverkets rapport, (Trafikverket, 2020) där emissionsfaktorer och kalkylvärden används för att mäta storleken av transporters orsakade kostnader.

2.1. Miljö- och hälsoeffekter av transporter

Till följd av utveckling och investering i infrastruktur kan utsläpp av luftföroreningar och buller förändras för omgivningen då själva källan till utsläppen flyttas (Trafikverket, 2020). Till exempel om en ny järnväg byggs för att ersätta viss vägtrafik så måste bullernivåernas påverkan av järnvägstrafiken värderas så att den kan jämföras mot den vägtrafik den skall ersätta. Därav finns kalkylvärden för att kunna beräkna kostnader för påverkningarna. Kostnaderna som uppstår av buller kommer främst från när människors hälsa påverkas och därmed måste söka vård samt utebli från arbete. Vanlig ohälsa som uppstår på grund av buller är omedvetna sömnstörningar som kan ge hjärt- och kärlsjukdomar. Som ett kostnadsexempel så är det beräknat att en hjärtinfarkt kostar ca 229 000 kr och ett förlorat levnadsår kostar 1 095 000 kr, och dessa konsekvenser kan relateras till bullerstörningar från vägtrafik (Trafikverket, 2020).

Likt kostnader för buller så finns där också kostnader för luftföroreningar som orsakar skador på både människa och miljö (Trafikverket, 2020). Luftföroreningar i form utav olika partiklar från fordonen kan orsaka problem i luftvägarna med ökad cancerrisk som följd främst hos personer som befinner sig i närheten av dessa utsläpp. Utsläpp av kväveoxider kan skapa övergödning av mark och vatten samt framkalla marknära ozon som i sig kan skada grödor och skog, samt påverka andningen negativt (Trafikverket, 2020).

2.2. ASEK – Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn

Som beskrivits tidigare i den här studien så finns idag stor kännedom om att transporter orsakar samhällsekonomiska kostnader. Dessa är viktiga att beakta för att berörda myndigheter skall kunna utveckla infrastrukturen på ett sådant sätt att det är baserat utifrån vad kunskapen och tidigare erfarenhet säger inom området (Trafikverket, 2020). Därför har Trafikverket tagit fram kalkylvärden som används just för att beräkna dessa kostnader som sedan kan ligga till grund för beslut som fattas inom infrastruktur- och transportsektorn. Dessa kalkylvärden tas upp i ASEK. Med denna information är det möjligt att göra vad Trafikverket kallar en ”samhällsekonomisk analys” där för- och nackdelar kan vägas samman av vissa scenarion inom området som analyseras samt vilka scenarion som kan löna sig mest utifrån ett samhällskostnadsperspektiv (Trafikverket, 2020). ASEK tar upp kostnader för trängsel och förseningar, buller samt luftföroreningar som används för utvecklandet av infrastruktur.

2.3.1. Kostnader för buller

För att kunna räkna på vad trafikens marginalkostnad är så har kalkylvärden för detta ändamål tagits fram (Trafikverket, 2020). Kostnaderna baseras på befolkningstätheten för där trafiken uppstår och därför har flera olika kalkylvärden tagits fram för vad ett fordon's bullerkostnader blir per kilometer vid olika befolkningstätheter. Värdena är framtagna för fyra olika områden med olika befolkningstäthet, från en befolkningstäthet på 131 personer per km² till över 2000 personer per km², samt ett genomsnittsvärde för tätorter. De olika fordonsslagen som tagits i beaktning är personbil, tung lastbil utan släp, tung lastbil med släp och buss. Till exempel så ligger kilometerkostnaden för en tung lastbil med släp på en trafiksträcka som kan räknas med genomsnittsvärdet för tätort på 1,365 kr per fordonskilometer (Trafikverket, 2020). Buller från sjöfarten är påtagligt för den marina miljön och påverkar bland annat djurriket då vissa djur kommunicerar med hjälp av ljudvågor. Problematiken ligger i att informationstillgången om de samhällsekonomiska kostnaderna från sjöfartens buller är bristfälligt och det krävs mer forskning inom det området (Hassellöv et al., 2019). ASEK omfattar inte kostnader från undervattensbuller utan endast buller i luften. Buller från sjöfarten skall enligt ASEK beräknas på samma sätt som flygbuller, som beräknas likadant som vägbuller fast uppräknat med en faktor på 1.4 (Trafikverket, 2020).

2.3.2. Kostnader för luftföroreningar

Konsekvenserna för utsläppen blir likt bullerkostnaderna också olika beroende på var utsläppen sker (Trafikverket, 2020). Det finns också skillnader på utsläppen från fordonen beroende på fordonstyp och vilket drivmedel fordonen drivs av. Därför har Trafikverket tagit fram olika värden för bensin- och dieseldrivna bilar. Trafikverket har även tagit fram värden för lätt lastbil, lastbil utan släp och lastbil med släp. För att exemplifiera på ett ungefär vad denna samhällskostnad ligger på så kostar det ungefär 0,14 kr per kilometer för en lastbil med släp. Sjöfarten befinner sig dock inte mycket i närheten av tätbefolkade miljöer (Trafikverket, 2020) men deras luftutsläpp har fortfarande en påverkan på havsmiljön (Hassellöv et al., 2019) och kan också till viss del sprida luftföroreningar till land. Sjöfarten kan bidra till en negativ påverkan på luftkvaliteten längs kustnära områden på land, då luftföroreningar från fartygen kan driva in mot land och därmed påverka samhället i större utsträckning (Karl et al., 2019). Samhällskostnaden som uppstår till följd av påverkan på havsmiljön kommer främst ifrån kväveoxider och ammoniak som kan framkalla marin övergödning. Utsläpp av kväveoxider beräknas ha en samhällskostnad på 2 kr per kilo och utsläpp av ammoniak 8 kr per kilo.

2.3. Emissionsfaktorer för kväveoxider och partiklar

Emissionsfaktorerna som används i ASEK möjliggör enkla uträkningar av totala emissioner av en viss typ av fordon baserat på en sträcka i fordonskilometer. För emissionerna kväveoxider (NO_x) samt luftburna partiklar (PM) från en lastbil med släp enligt ASEK är emissionsfaktorerna 2,01g/km respektive 0,0359g/km. Det är ett viktat medel som baseras på utsläppen från fordonstypen lastbil med släp i stadstrafik och landsbygdstrafik (Trafikverket, 2019).

Trafikverkets emissionsfaktorer för vägtransport kan i sin tur härledas till ”The Handbook Emission Factors for Road Transport” (HBEFA) som är en handbok med emissionsfaktorer för alla typer av vägfordon i olika trafiksituationer. Det är miljöskyddsbyråer från olika europeiska länder med Sverige inkluderat som tillsammans har tagit fram dessa emissionsfaktorer. Handboken uppdateras kontinuerligt med nya versioner i takt med att nya europeiska miljökrav implementeras. För lastbilar med släp baseras emissionsfaktorerna på euroklasserna IV, V och VI. Euroklass VI är den högsta miljöklassen men då klasserna IV

och V inkluderas som underlag för emissionsfaktorerna då trafiken fortfarande delvis består av dessa äldre miljöklassade fordon (Notter, Keller, & Cox, 2019; Notter, Keller, Althaus, et al., 2019).

Grigoratos et al. (2019) har kartlagt verkliga utsläppsnivåer från lastbilar med euroklass VI. Enligt studien stämmer emissionsfaktorerna i HBEFA-modellen överens med verkliga utsläppsdata. Detta gällande emissionsfaktorer för NO_x och PM.

För sjöfartens del så redovisas endast emissionsfaktorer i ASEK utifrån gram emission per kilo bränsle. Det framgår i bilagan för kalkylvärden att konsultföretaget M4Traffic AB har tagit fram dessa emissionsfaktorer. Emissionsfaktorerna avser sjöfart som helhet utan att kategorisera olika fartygstyper, trafiksituationer eller andra bränslen utöver marin diesel (MDO) och gasolja (MGO) (Trafikverket, 2020) trots att det finns studier som påvisar att emissionerna kan skilja sig åt mellan olika typer av fartyg (Jalkanen et al., 2016).

Emissionsfaktorer för sjöfarten och specifikt roro-sjöfarten har tagits fram av det finska forskningsinstitutet VTT. VTT har tagit fram emissionsfaktorer för NO_x, PM och CO₂ skrivet i gram per fartygskilometer. Dessa är ett genomsnitt av olika rorofartyg samt olika sorters bränslen (VTT, 2017). Denna data kan användas för att beräkna kalkylvärden som presenteras i ASEK då emissionsfaktorerna i ASEK varken specificerar fartygstyp eller bränsletyp annat än MDO och MGO.

2.4. Svenska myndigheters planer för överflyttning av gods till sjöfarten

Idag finns en vilja hos svenska myndigheter att flytta gods från vägtrafiken till järnväg och sjöfarten. Därför har Regeringen tagit fram nationell godstransportstrategi där de beskriver i vilken riktning de vill bedriva infrastruktur- och transportutvecklingen i Sverige samt olika aspekter som måste beaktas under utvecklingens gång (Näringsdepartementet, 2018). I denna strategi beskrivs tillvägagångssättet för att minska utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter med 70% mellan år 2010 och 2030 och att en omställning krävs för att genomföra detta. Omställningen innebär i stort sett att godstransporter med järnväg och sjöfart skall ta över mer och få en större roll i det svenska transportarbetet samtidigt som de ska vara samhällsekonomiskt effektiva. En grundförutsättning för att transporterna ska vara samhällsekonomiskt effektiva är att transporterna skall bära upp för kostnaderna som de orsakar, som uppstår från t.ex. luftföroreningar och buller (Näringsdepartementet, 2018). Trafikverket har tagit fram en färdplan som ger en övergripande beskrivning på hur överflyttningen kan genomföras och vilka dilemman som finns (Garberg & Bengtsson, 2020). En aspekt kring sjöfarten är att den inte nödvändigtvis blir miljömässigt bättre genom att ersätta lastbilar. Aspekter som vilken fyllnadsgrad fartyget har, vilken typ av bränsle det drivs på och vilken transportsträcka det kör på spelar också roll. Dilemmat i detta är att transportköpare ofta efterfrågar hög flexibilitet, vilket lastbilar i stor utsträckning har. Sjöfarten kan däremot öka antalet avgångar för att öka sin flexibilitet men med bieffekten att fyllnadsgraden kan sjunka (Garberg & Bengtsson, 2020).

Sjöfartens prisbild gällande fraktpriser jämfört med vägtrafikens är idag relativt ojämn. Detta delvis för att sjöfarten i större utsträckning är avgiftsbelagd jämfört med vägtransporter. Dessa avgifter, som är t.ex. hamnavgifter, är någonting som tagits upp och diskuterats hos Trafikverket då en sänkning av dessa avgifter anses av sjöfartsbranschen kunna bli ett incitament för överflyttning av gods till sjöfart (Stelling et al., 2019). De låga kostnaderna för transitttransporter med lastbil genom Sverige anses vara till stor fördel för åkerier, och då inte minst de utländska åkerierna. Även stöd till sjöfarten, som t.ex. ekobonusar, är ett ekonomiskt medel som skulle kunna styra mot en omställning till sjöfarten samtidigt som en mer restriktiv hållning mot vägtransporter kan vara effektiv. Som t.ex. att vara mer återhållsam med dispenser för skrymmande gods och dylikt (Garberg & Bengtsson, 2020). Dessa åtgärder grundar sig i att transportköpare ofta inte är villiga att betala mer för en transport som är miljömässigt bättre än den andra, utan det måste ske en systematisk förändring (Garberg & Bengtsson, 2020).

Region Skåne har reagerat på hur de skånska vägarna till stor del används som transitvägar till andra områden, då sjöfarten istället skulle kunna användas som transportmedel för att ta sig dit (Stelling et al., 2019). Sjöfartslinjerna från kontinenten till Sverige som används idag är mycket kortare än vad de skulle kunna vara, vilket ökar belastningen på vägarna i Skåne, och framförallt E6:an. Gränspassagerna för lastbilar har ökat med över 100% i för flera av ro-ro/ro-pax-hamnarna i både Skåne och Blekinge på 15 år, från 2003 till 2018, samtidigt som Öresundsbron också har en liknande ökning av trafik under samma period. Ingen av hamnarna har haft en minskning under denna period även om mängden lastbilar som transporterats i Helsingborgs hamn inte ökat på grund utav att Öresundsbron byggdes. Enligt beräkningar (Stelling et al., 2019) så kan en förändring där godset transporteras en längre sträcka till sjöss kunna spara mellan 4% och 11% i koldioxidutsläpp per år. Denna beräkning är dock en estimering och skillnaderna är beroende av vilken typ av fartyg som används.

Även Region Skåne är tydliga med hur transportköparna har en stor roll i omställningen till sjöfart då vägtrafiken helt enkelt konkurrerar ut sjöfarten på många områden (Stelling et al., 2019). Intervjuer har gjorts med personer från det berörda näringslivet, där de likt Trafikverket påpekar dilemmat kring flexibiliteten, fyllnadsgraden och antalet avgångar. De påpekar även bekvämligheten kring ansvarsroller där det är enklare att anlita endast ett åkeri som sköter hela transporten än att anlita flera aktörer så som hamnar och rederier då ansvarsroller fördelas på dessa. Även om näringslivet mer och mer ser till miljövänliga och hållbara transportlösningar så är det fortfarande en knäckfråga för transportköparna att kunna få snabba ledtider, bättre priser och hög flexibilitet, vilket för sjöfartens del inte är möjligt på samma sätt som för lastbilstransport. En sänkning av avgifter så som hamn- och farledsavgifter är ett alternativ som tas upp för att minska kostnader som i sin tur skulle kunna göra sjöfarten mer konkurrenskraftig. Även en skattehöjning för lastbilarna tros kunna ge effekt då kostnaden anses vara en av de viktigaste aspekterna på transportmarknaden.

2.5. Den marina miljön

En förflyttning av godstransporter från väg till sjöfart för den specifika sträckan och specifikt transitttransporter medför inte enbart en förflyttning av luftföroreningar och buller utan även en ökad belastning på den marina miljön (Hassellöv et al., 2019). Luftföroreningar och buller orsakat av transportvägar på land kan skilja sig med avseende på samhällskostnader från luftföroreningar samt buller till sjöss. Det beror på att vägar i större utsträckning påverkar samhällen där människor bor. En annan aspekt är belastningen på den marina miljön i samband med godstransporter till sjöss. Det rör sig om utsläpp av miljögifter, näringsämnen och främmande arter från fartyg (Hassellöv et al., 2019). Ökad fyllnadsgrad av fartyg och strängare regelverk för utsläpp som försämrar den marina miljön är nödvändigt för att minimera påverkan.

I de befintliga kalkylvärden som används för att beräkna samhällsekonomiska kostnader orsakat av transporter (se avsnitt 2.2 och 2.3) saknas beaktande av påverkan på havsmiljön (Ytreberg et al., 2021). Däremot finns det konceptuella ramverk för kostnadsvärdering av miljöpåverkan orsakat av sjöfarten. Fallstudien (Ytreberg et al., 2021) visar att en årlig kostnad år 2010 för skador på den marina miljön i Östersjön orsakat av sjöfarten uppgick till 2,9 miljarder euro. Av dessa 2,9 miljarder euro visar studien att sjöfartens bidrag till övergödningen av Östersjön kostade samhället 769 miljoner euro år 2010 samt att kostnaden för ekotoxiciteten orsakat av sjöfarten uppgick till 582 miljoner euro samma år. Det är siffror i samma storleksordning som kostnaderna orsakade av nedsatt luftkvalitet och klimatförändringar. Dessa uppgick enligt Ytreberg et al. (2021) till 816 respektive 737 miljoner euro.

2.6. Transitttransporter till och från Norge

Angående transportdata kring transitttransporter är tillgången till viss del begränsad. Via mail beskriver myndigheten Trafikanalys (*personlig kommunikation, 1 februari 2021*) att Norge har ca 30 mätstationer där antal fordon räknas utan att skilja på vilken typ av fordon som passerar. Sverige har en enda mätstation som ligger i värmäländska Eda. Således sammanställs ingen statistik för lastbilar som kör transit genom Sverige till Norge.

Det finns dock vissa data kring transitttransporter. År 2016 uppgick transitttransporterna med lastbil genom Sverige till en godsmängd på ca 4 miljoner ton gods och antalet körningar till ca 231 000 (Trafikanalys, 2018). Av transporterna fraktades ca 409 000 ton gods med norskregistrerade lastbilar. Antalet körningar uppgick där till ca 20 000. Föregående år var denna siffra något högre. Då uppgick transitttransporterna till ca 4,5 miljoner ton gods, varav de norskregistrerade lastbilarna stod för ca 518 00 ton gods och ca 29 000 körningar. Dessa transporter varken lastas eller lossas i Sverige. Vanligaste registreringsland år 2016 för lastbilar som körde transitttransport genom Sverige var Polen. I rapporten från Trafikanalys (2018) framgår inte vilket land lastbilarna lastas och lossas i utan rapporterar endast registreringsland för lastbilarna. Den vanligaste gränspassagen från Sverige in till Norge är via Svinesundsbron (Berglund et al., 2014).

2.7. Vägavgift för godstransport genom Sverige

Skatteverket tar ut en vägavgift för godstransporter som är avsedda för väg förutsatt att ekipaget har en totalvikt om tolv ton eller mer. För svenskregistrerade lastbilar betalas denna vägavgift på årsbasis (Skatteverket, n.d.-a).

För utländska lastbilar som använder det svenska vägnätet betalas samma årsavgift men för dessa lastbilar finns det utöver årsavgift även vägavgifter baserade på dagar, veckor samt månader. Det är via den tyska betaltjänsten AGES som vägavgifterna för utländska lastbilar betalas. Betalningen kan göras online, hos speditörer eller på bensinmackar (Skatteverket, n.d.-b). Sverige ingår i ett vägavgiftssamarbete med Danmark, Luxemburg och Nederländerna vilket gör att lastbilar kan trafikera flera av dessa länder för en och samma avgift.

Det är främst utländska lastbilar som utför transitttransport genom Sverige (Trafikanalys, 2018). Vägavgiften för dessa lastbilar baseras därför på tarifferna enligt tyska AGES som visar att det kostar 123kr för att trafikera Sveriges vägar under ett dygns tid mellan tiderna 00:00 – 24:00 (AGES, n.d.).

2.8. Koldioxidemissioner (CO₂)

Koldioxid tas inte upp i studiens jämförande analys av samhällsekonomiska kostnader orsakat av luftföroreningar från godstransporter på väg och till sjöss då en avgränsning (se avsnitt 1.4) är lokala och regionala effekter av luftföroreningar. Däremot kan koldioxidutsläppen från respektive transportsätt fungera som en jämförelse vid sidan av luftföroreningar och buller och skapa en nyansering av resultatet i form av ett annat perspektiv på helhetsbilden av ett specifikt transportsätts för- och nackdelar.

2.8.1. CO₂-utsläpp från godstransporter på väg

Emissionsfaktorer för CO₂ i ASEK som avser lastbil med släp är uppdelade enligt landsbygd och tätorter. För landsbygd är emissionsfaktorn 639 gram CO₂ per fordonskilometer respektive 796 gram för tätorter (Trafikverket, 2020).

2.8.2 CO₂-utsläpp från godstransporter till sjöss

Sjöfartens emissionsfaktor för CO₂ är inte uppdelade utifrån trafik i landsbygd eller tätorter eftersom CO₂ som luftförorening betraktat endast avser globala effekter (Trafikverket, 2020). Emissionsfaktorn är definierad som gram CO₂ per kilo bränsle istället för gram CO₂ per fordonskilometer. För sjöfarten är faktorn 3206 gram CO₂ per kilo bränsle för både marin dieselolja (MDO) och marin gasolja (MGO) (Trafikverket, 2020). Det finska forskningsinstitutet VTT har tagit fram data för genomsnittligt utsläpp i gram per fartygskilometer baserat på bränsleförbrukning från olika fartygstyper med olika typer av bränslen. Enligt VTT är CO₂-utsläppet för ett genomsnittsfartyg av typen roro med en fyllnadsgrad på 70%, 236 117 gram CO₂ per fartygskilometer (VTT, 2017).

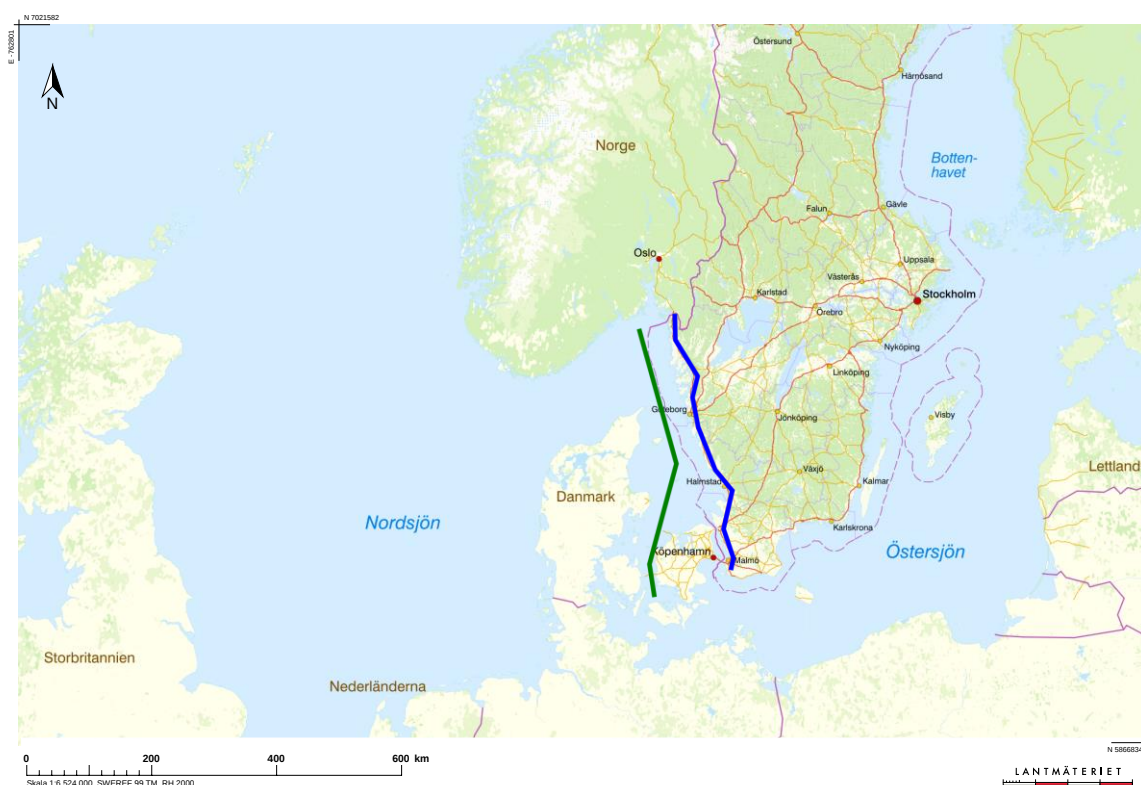
3. METOD

Analysen innehåller ett scenario där sträckan för sjöfarten som motsvarar samma distans som för vägen mellan Öresundsbron och Svinesundsbron. Detta för att kunna göra en trovärdig jämförelse av kostnader för luftföroreningar samt buller. De aktuella kalkylvärdena för luftföroreningar och buller orsakat av godstransporter på väg samt till sjöss multipliceras med distansen i kilometer enligt scenariot. Då det är olika kalkylvärden för vägtransporter och sjöfartstransporter så kommer skillnaden avgöra vilket av transportsätten som är billigast enligt det idag tillgängliga systemet för att mäta samhällskostnader.

3.1. Scenariots transportsträcka

Transportsträckan som är föremål för den jämförande analysen är vägarna som förbinder Öresundsbron i Malmö med Svinesundsbron i Strömstad. Vägsträckan är 467 kilometer lång och sträcker sig via väg E20 och E6 (Öresund till Svinesund – Google Maps, n.d.). Motsvarande transportsträcka till sjöss är följande ingen specifik rutt eller kurs utan är en godtyckligt vald sträcka. Se Figur 1 för en bildlig beskrivning av transportsträckorna.

Figur 1 Karta som illustrerar scenariots transportsträckor på land respektive till sjöss:



Kommentar. Figuren illustrerar vägtransporternas samt sjöfartens transportsträckor där den blå linjen representerar transporterna på väg och den gröna linjen representerar sjöfarten. Kartan är hämtad från Lantmäteriet och medgivande till användning av denna har getts med hänvisning till creative commons-licensen (Lantmäteriet, n.d.).

3.2. Genomsnittligt roro-fartyg

För att beräkna samhällskostnader från sjöfartsalternativet på den valda rutten så måste något slags genomsnitt för utsläpp från roro-fartyg beaktas. Det finska forskningsinstitutet VTT har tagit fram genomsnittliga utsläpp från olika typer av roro-fartyg, däribland ett roro-fartyg avsett för lastbilstrailers (VTT, 2017). Denna kommer att ersätta Trafikverkets genomsnittliga emissionsfaktorer för fartyg då VTT:s utsläppsdata är framtaget från ett genomsnittligt roro-fartyg medans emissionsfaktorer från ASEK är ett genomsnitt för alla typer av fartyg (Trafikverket, 2020). Genomsnittsfartyget (se Tabell 1) har en trailerkapacitet på 200 lastbilstrailers, dödvikt på 11 000 ton, grosstonnage på 28 000 ton och en motorstorlek på 20 000 kW. Utsläppen är beräknat utifrån att fartyget är lastat till 70%, har en hastighet på 18 knop, och att det utför en resa på 1 300 km. Utsläppen per fartygskilometer är följande: 4 225 gram NO_x, 118 gram PM och en bränsleförbrukning på 75 814 gram. Utsläppen utgår ifrån ett genomsnitt på tre bränslen; HFO med scrubber, LSFO, samt LNG. Genomsnittet ser till de relativa andelarna som varje bränsletyp har vid användning av roro-fartyg (VTT, n.d.).

Tabell 1 Utsläpp från genomsnittsfartyg i gram per fartygskilometer:

Genomsnittsemissioner och bränsleförbrukning från ett rorofartyg 2016				
Roro, 18 kn, trailerkapacitet 200				
	Nox	PM	CO2	Bränslekonsumtion
[g/fartygs-km]	4 225	118	236117	75814
Fyllnadsgrad	DWT	Huvudmotor	Hastighet	Energi
[%]	[t]	[kW]	[knop]	[MJ]
70%	11 000	20 000	18	3 063

Kommentar. Tabellen innehåller data för genomsnittliga utsläpp från roro-fartyg. Det är den finska forskningsinstitutionen VTT som ägs av den finska staten som år 2016 utförde mätningar av finsk sjöfart för att få fram emissionsfaktorer i gram per km (VTT, 2017). VTT tillhandahåller emissionsfaktorer för fler utsläpp än vad som redovisas i tabellen. Endast NO_x, PM och CO₂ är relevanta emissionsfaktorer för denna studie. Således redovisas endast dessa i Tabell 1.

3.3. Tillämpad metod för beräkning av samhällsekonomiska kostnader

För att kunna beräkna samhällskostnaderna mellan Öresundsbron och Svinesundsbron så kommer beräkningen utgå från sträckan 467 km vilket är distansen på väg mellan dessa punkter. När samhällskostnaderna orsakade av vägtrafiken räknas ut kommer sträckan att multipliceras med den angivna kilometerkostnaden orsakat av luftföroreningar samt buller för en lastbil med släp som kör genom en genomsnittlig trafikmiljö respektive genomsnittlig tätort för att få fram samhällskostnaderna. Dessa angivna kilometerkostnader (emissionsfaktorer) tas ur ASEK (Trafikverket, 2020).

Enligt följande tillvägagångssätt har samhällsekonomiska kostnader orsakat av lastbilar kalkylerats: Samhällsekonomiska kostnader orsakat av luftföroreningar utgörs av en marginalkostnad för luftföroreningar om 0,14kr/km och faktorn 467km som avser scenariots distans:

$$0,14 \text{ kr/km} \times 467 \text{ km} = 65 \text{ kr} \quad \text{Ekvation 1}$$

Vidare utgörs kostnaden för buller av marginalkostnaden om 1,365kr/km och faktorn 467km:

$$1,365 \text{ kr/km} \times 467 \text{ km} = 637 \text{ kr}. \quad \text{Ekvation 2}$$

Dessa två summor adderas för att sedan multipliceras med 140 som avser antalet lastbilar som jämförs med ett fartyg enligt scenariot:

$$\begin{aligned} 65 \text{ kr} + 637 \text{ kr} &= 702 \text{ kr} \\ 140 \text{ lastbilar} \times 702 \text{ kr} &= 98\,280 \text{ kr}. \end{aligned} \quad \text{Ekvation 3}$$

För att beräkna sjöfartens samhällskostnad används genomsnittliga utsläpp av partiklar och kväveoxid per fartygskilometer avgivet i kilogram från ro-ro-fartyg som transporterar lastbilstrailers. Dessa multipliceras sedan med den värderade samhällskostnaden per kilo utsläpp av kväveoxid respektive partiklar för att få fram hur mycket samhällskostnaden blir per fartygskilometer. Efter det multipliceras samhällskostnaden per fartygskilometer med den valda sträckan på 467 km för att få fram den totala samhällskostnaden för resan. Samhällskostnaderna per kilo hämtas ur ASEK (Trafikverket, 2020) och utsläppsdata från VTT (VTT, 2017).

Enligt följande tillvägagångssätt har samhällsekonomiska kostnader orsakat av ett ro-ro-fartyg kalkylerats: Ett rorofartyg enligt scenariot släpper ut 4,225kg kväveoxid och 0,118kg avgaspartiklar per kilometer (VTT, 2017). Dessa multipliceras med distansen 467km:

$$\begin{aligned} 4,225 \text{ kg/km} \times 467 \text{ km} &= 1973,1 \text{ kg} \\ 0,118 \text{ kg/km} \times 467 &= 55,1 \text{ kg} \end{aligned} \quad \text{Ekvation 4}$$

Marginalkostnaderna för utsläpp av kväveoxid och partiklar är 3,5kr/kg respektive 6900kr/kg (Trafikverket, 2020). De totala utsläppen av kväveoxid och partiklar multipliceras sedan med respektive marginalkostnad och adderas för att få fram den totala kostnaden för luftföroreningarna:

$$1973,1 \text{ kg} \times 3,50 \text{ kr/kg} = 6906 \text{ kr} \quad \text{Ekvation 5}$$

$$55,1 \text{ kg} \times 6900 \text{ kr/kg} = 380\,190 \text{ kr}$$

$$6906 \text{ kr} + 380\,190 \text{ kr} = 387\,096 \text{ kr}$$

Marginalkostnaden för buller från roro-fartyget beräknas vägtrafikens marginalkostnad men uppräknat med en faktor på 1,4 (Trafikverket, 2020). Detta sker enligt följande:

$$1,365 \text{ kr} \times 1,4 = 1,911 \text{ kr} \quad \text{Ekvation 6}$$

Bullerkostnaden räknas därefter ut efter den valda sträckan på 467 km:

$$1,911 \text{ kr per fkm} \times 467 \text{ km} = 892 \text{ kr} \quad \text{Ekvation 7}$$

De sammanlagda samhällsekonomiska kostnaderna inkl. partiklar som orsakas av ett roro-fartyg enligt scenariot är blir således:

$$387\,096 \text{ kr} + 892 \text{ kr} = 387\,988 \text{ kr} \quad \text{Ekvation 8}$$

Exkl. partiklar blir kostnaden:

$$387\,988 \text{ kr} - 380\,190 \text{ kr} = 7798 \text{ kr} \quad \text{Ekvation 9}$$

3.4. Tillämpad metod för beräkning av CO₂-emissioner

Emissionsfaktorerna för lastbil med släp är uppdelade utifrån trafik på landsbygd och i tätorter och uppgår till 639 respektive 796 gram CO₂-emissioner per fordonskilometer (Trafikverket, 2020). Ett medelvärde för dessa faktorer är:

$$(639 \text{ g/km} + 796 \text{ g/km}) \div 2 = 717,5 \text{ g/km} \quad \text{Ekvation 10}$$

Medelvärdet är representativt för scenariot då transportsträckan utgörs av såväl landsbygds som tätortsmiljöer längs hela transportsträckan. Att fördelningen mellan landsbygd och tätort är 50 respektive 50 procent är ett nödvändigt antagande i brist på specifika geografiska data för fördelning mellan landsbygd och tätort för specifika sträckor. Det är totalt 140 lastbilar med släp som trafikerar vägsträckan E6 och E20 i 467 km enligt scenariot. Således blir de totala CO₂-emissionerna (i kilo) för 140 lastbilar med en genomsnittlig emissionsfaktor på 717,5 g/km som färdas 467 km:

$$(140 \text{ lastbilar} \times 717,5 \text{ g/km}) \times (467 \text{ km}) \div 1000 = 46\,910 \text{ kg CO}_2 \quad \text{Ekvation 11}$$

Till skillnad från emissionsfaktorerna för lastbil med enheten gram CO₂ per fordonskilometer så är sjöfartens emissionsfaktor skriven i gram CO₂ per kilo bränsle (Trafikverket, 2020). Således krävs externa data för ett ro-ro-fartygs CO₂-emissioner per kilometer, vilket det finska miljöinstitutet VTT har tagit fram. Så för ett ro-ro-fartyg i scenariot är den genomsnittliga CO₂-emissionen enligt VTT 236 117 gram CO₂ per fartygskilometer (VTT, 2017). Då blir den totala CO₂-emissionen för transportsträckan på 467 km omräknat från gram till kilo enligt scenariot:

$$(236\,117 \text{ g/km} \times 467 \text{ km}) \div 1000 = 110\,226 \text{ kg CO}_2 \quad \text{Ekvation 12}$$

Enligt sjöfartens emissionsfaktor för CO₂ i ASEK blir den totala CO₂-emissionen utifrån bränsleförbrukning från VTT följande:

$$(3\,206 \text{ g/kg bränsle} \times 35\,405 \text{ kg bränsle}) \div 1000 = 113\,508 \text{ kg CO}_2 \quad \text{Ekvation 13}$$

3.5. Fallstudie

Uppsatsen tillhandahåller en djupare förståelse kring det valda fallet om samhällskostnader orsakat av transittransporter som trafikerar vägsträckan mellan Öresund och Svinesund. En fallstudie var därmed den valda metoden för att kunna jämföra skillnaderna i samhällskostnader orsakat av luftföroreningar samt buller från godstransporter på väg samt till sjöss. Problematiken kring uppstådda samhällskostnader orsakat av transittransporter som trafikerar vägsträckan mellan Öresund och Svinesund är att betrakta som ett naturligt förekommande fenomen då fenomenet existerat innan denna studie samt att det kommer fortsätta att existera efter studiens avslut (Denscombe, 2018).

Utmärkande för denna fallstudie är att den är inriktad på en specifik transportsträcka där vägtransporter går att jämföra med sjötransporter med avseende på samhällskostnader för luftföroreningar samt buller. Det har möjliggjort en djupare analys av det specifika fallet istället för en analys av fenomenet generellt (Denscombe, 2018). Vidare har fallstudien möjliggjort klargörandet av den komplexitet som uppstår när två transportsätt ställs mot varandra då det är olika faktorer för respektive transportsätt som beaktas i den sammantagna situationen. En fallstudie möjliggör därigenom en djupare undersökning av de processer och relationer som kan förklara situationen för att förstå varför situationen ser ut som den gör. Fallstudien tillhandahåller på så vis ett holistiskt perspektiv som kan förklara synergier och influenser mellan fallets olika delar (Denscombe, 2018).

3.6. Datainsamling

Informationen som insamlats som grund till denna studie kommer främst från rapporter och informationsunderlag från myndigheter, och då främst från Trafikverket och Trafikanalys. Annan data som används är vetenskapliga artiklar och rapporter som inhämtats från biblioteket på Chalmers Tekniska Högskola. Datainsamlingen består främst utav dokumentär forskning av huvudsakligen semikvantitativa data.

3.7. Litteratursökning

Relevanta data från trovärdiga källor är en avgörande del av uppsatsen och är beroende av en grundlig litteratursökning för att vara relevant. För att identifiera relevanta artiklar inom det valda området så har nyckelord varit ett hjälpsamt verktyg i sökningar på bibliotek och databaser online. Exempel på nyckelord som ändades är: utsläpp, luftkvalité, miljöpåverkan, närsjöfart, ro-ro, emissionsfaktorer, luftföroreningar, spridning, buller, vägtransport, godsflöden och vägavgift. En av fördelarna med en litteratursökning online är att avgränsningar och filtreringar gör sökningarna aktuella och träffsäkra. De publicerade arbeten som har använts som källor innehåller i sin tur förteckningar med relevanta källor som gett ett djup i ämnesområdet förståelse.

3.8. Validitet och källkritik

Vid tillämpning av kvalitativa data så bör det alltid tas i åtanke att det inte finns någon riktig metod för en forskare att visa att deras resultat är trovärdigt i allra högsta grad. Därför skall källorna kritiskt granskas för att kunna utvärdera ifall tillförlitligheten och validiteten har några brister eller kan styrkas på något sätt. Till detta hör också ifall författarens egna tankar och värderingar på något sätt vridit resultatet till deras fördel. Det är därför också viktigt med ett kritiskt förhållningssätt till information som kommer från till exempel hemsidor och publikationer som ej granskats för att undvika vinklade budskap. Likväl författare hos myndigheter och högskolor som privata aktörer kommer att granskas på samma sätt.

4. RESULTAT

I resultatavsnittet besvaras frågeställningarna med tillhörande tabeller och figurer. Tillämpade beräkningar som ligger till grund för resultatet står redovisat i metodbeskrivningen.

4.1 Samhällsekonomiska kostnader för luftföroreningar och buller

I detta delavsnitt redovisas de beräknade samhällskostnaderna samt påträffade aspekter i ASEK som behövs belysas. Avsnittet delas upp med underrubriker för att skilja de två transportslagen åt, för att sedan jämföra dem mot varandra.

4.1.1. Samhällsekonomiska kostnader för luftföroreningar och buller orsakat av lastbil

Tabell 2 Samhällsekonomiska kostnader orsakade av luftföroreningar och buller från lastbil med släp på den valda sträckan:

	Luftutsläpp (partiklar och kväveoxid)	Buller	Samhällskostnad för den valda sträckan (467 km)	Samhällskostnad för 140 lastbilar att köra den valda sträckan (467 km)
Kostnader för lastbil m. släp	0,14 kr / km	1,365 kr / km	702 kr	98 280 kr

Kommentar: Kostnaderna per km kommer från ASEK och samhällskostnaderna är uträknat enligt metodbeskrivningen (Trafikverket, 2020).

De samhällsekonomiska kostnader (se Tabell 2) som uppstår till följd av godstransport på väg beräknas enligt det valda scenariot. Den genomsnittliga marginalkostnaden för luftföroreningar orsakat av en lastbil med släp är 0,14kr per fordonskilometer i alla trafikmiljöer. Den valda transportsträckan i scenariot är 467km.

För att göra beräkningen ovan så krävs antagandet att marginalkostnaden för luftföroreningarna följer ett genomsnitt i alla trafikmiljöer då vägsträckan enligt scenariot sträcker sig från Malmö till norra Bohuslän. Vägsträckan passerar flertalet tätorter samtidigt som den sträcker sig över landsbygd. Det orsakas därför både regionala och lokala kostnader. De regionala marginalkostnaderna för landsbygd är 0,005kr per fordonskilometer jämfört med tätorters lokala och regionala marginalkostnad om 0,66kr per fordonskilometer. Det betyder att skillnaden i marginalkostnad mellan landsbygdens uteslutande regionala kostnader och tätortens regionala och lokala kostnader är 0,655kr per fordonskilometer. Antagandet som har gjorts utgår från en genomsnittlig marginalkostnad om 0,14 kr per fordonskilometer då transportsträckan huvudsakligen utgörs av landsbygdsmiljö.

Marginalkostnaden för buller från en lastbil med släp uppgår till 1,365kr per fordonskilometer enligt genomsnittet för tätorter då marginalkostnaden för buller i landsbygd uppgår till 0kr per fordonskilometer. Bullerkostnaden för scenariot beräknas på samma sätt som för luftföroreningar. För att göra vägtransporterna jämförbara med sjöfarten enligt scenariot så multipliceras den totala samhällsekonomiska kostnaden från en lastbil i scenariot med fyllnadsgraden för ett genomsnittligt rorofartyg enligt VTT. Fyllnadsgraden för ett genomsnittligt roro-fartyg med en kapacitet motsvarande 200 lastbilstrailers år 2016 var 70%, alltså 140 lastbilstrailers (VTT, 2017).

4.1.2. Samhällsekonomiska kostnader för luftföroreningar och buller orsakat av sjöfart

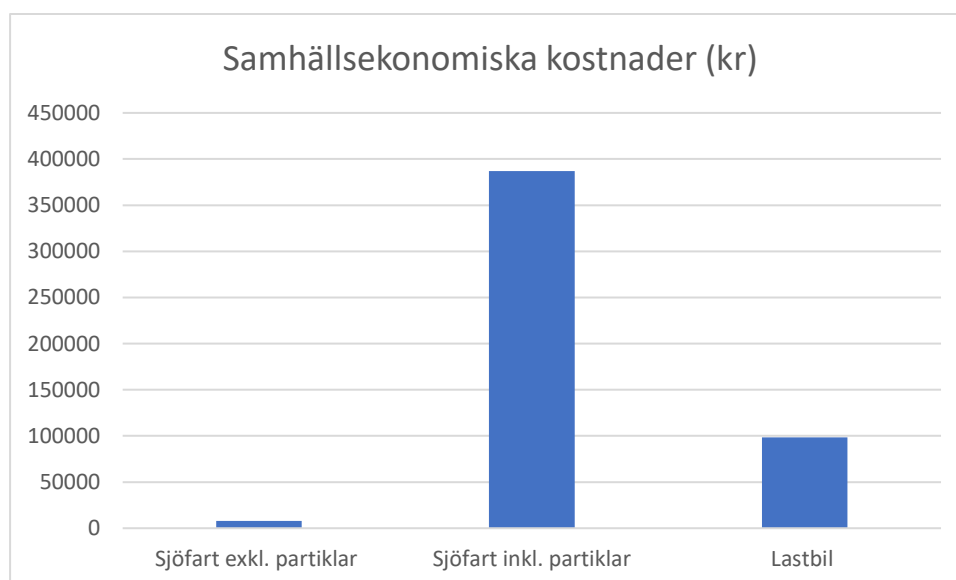
Tabell 3 Emissionsfaktorer och samhällsekonomiska kostnader orsakade av ett genomsnittligt roro-fartyg på den valda sträckan:

	Kväveoxider	Partiklar				
Emissions-faktorer	4,225 kg / km	0,118 kg / km				
	Kväveoxider p.g.a. marknära ozon (Götaland)	Kväveoxider p.g.a. marin-övergödning	Partiklar (PM _{2.5})	Buller (uppräknat med en faktor på 1.4)	Totala kostnader exkl. partiklar (476 km)	Totala kostnader inkl. partiklar (467 km)
Kostnader	1,50 kr / kg	2 kr / kg	6900 kr / kg	1,911 kr / km	7798 kr	387 096 kr

Kommentar: Emissionsfaktorerna är hämtad från VTT Technical Research Centre of Finland Ltd. (2017) och kostnaderna för respektive utsläpp är hämtad från ASEK (Trafikverket, 2020). De totala kostnaderna är beräknade enligt metodbeskrivning.

I beräkningen ovan (Tabell 3) så står partikelutsläppen för en betydande stor del av samhällskostnaderna från sjöfarten. I ASEK delas kostnaderna upp i regionala och lokala kostnader, och där rekommenderar det att inte räkna med lokala kostnader när utsläppen sker i landsortsmiljö och inte i tätortsmiljö (Trafikverket, 2020). Kostnaderna som uppstår från partiklar ingår endast i lokala kostnader. Detta blir en ”allt eller inget”-situation, där de lokala utsläppen å ena sidan tas med i beräkning och å andra sidan utelämnas. I detta fall resulterar valet i signifikanta skillnader i kostnader (se Figur 2).

Figur 2 Jämförande diagram mellan sjöfart och vägtrafik:



Kommentar: Jämförande diagram som illustrerar skillnaderna i samhällsekonomiska kostnader orsakat av de olika transportslagen. På grund av skillnaden i kostnader vid inkludandet av partiklar från sjöfarten så illustrerar diagrammet både med och utan de kostnaderna.

Trafikverket har genom projektet REVSEK framställt en rapport där det beskrives hur de tagit fram värden i ASEK för luftföroreningar (Bennet et al., 2019). Det nämns också brister gällande emissioner och befolkningsexponering. De skriver att de gärna hade uppdaterat data gällande detta men att dem avsatta pengarna för projektet inte räcker till. Även mer högupplösta spridningsmodeller för att kunna få bättre beskriven befolkningsexponering efterfrågades. Luftföroreningar från sjöfarten kan transporteras med vinden och fortfarande påverka samhället (Karl et al., 2019). Beräkningar har visat att sjöfarten i Östersjönsregionen bidrar till mellan 3.15% och 5.7% av de årliga medelutsläppen i kustnära områden kring Östersjön (Karl et al., 2019) men att det kan vara så mycket som upp till 10% på den svenska västkusten. På grund av dessa faktorer finns så det anledningar att betrakta beräkningarna kring samhällskostnaderna orsakat av partiklar från sjöfarten som osäkra och att exkludera dessa kostnader inte skulle bli verklighetstroget då mycket tyder på att partiklarna inte endast ger skada när de uppkommer i tätortsmiljö utan faktiskt kan ta sig från havet in till land.

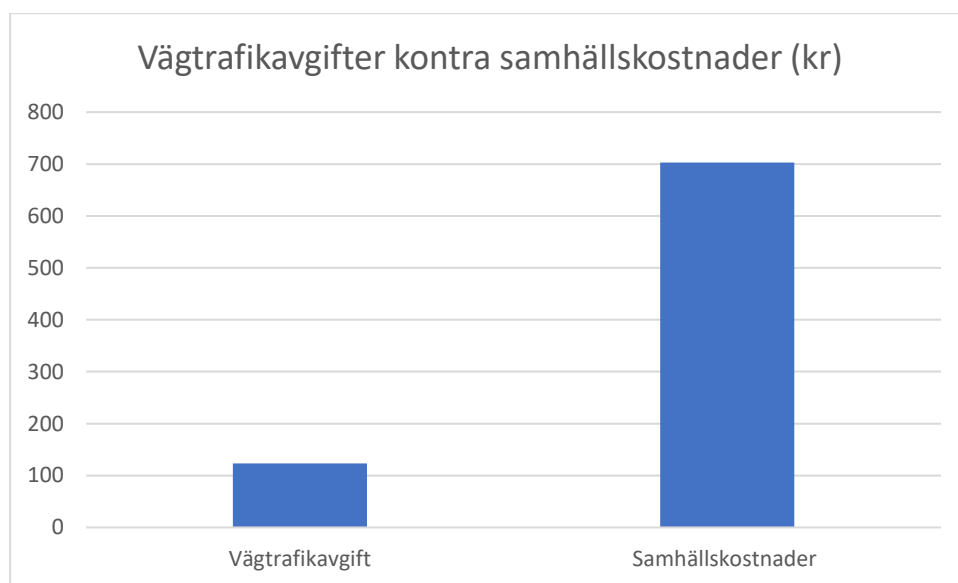
Även vid rekommendationer för beräkning av bullerkostnader från sjöfarten så uppger Trafikverket i ASEK (Trafikverket, 2020) att kunskapen om dessa kostnader är bristfälliga och att människan inte påverkas mycket alls av sjöfartsbuller, men ändå rekommenderas det att beräkna sjöfartsbuller på samma sätt som flygbuller. Beräkningen för flygbuller i ASEK bygger i sin tur på en uppräknings från vägbullerkostnader, som enligt de själva innehåller osäkerheter och uppskattningar (Trafikverket, 2020). Trafikverket skriver också att sjöfartsbuller kan koncentreras till lastning och lossning då sjöfarten annars ofta inte trafikerar tätbebyggda områden.

Eftersom rekommendationen är att sjöfartsbuller ska beräknas på samma sätt som vägbuller uppräknat på en faktor på 1.4 så är också sjöfartsbullret i detta fall uträknat likt vägbullret på en kostnad på 1,365 kr per fordonskilometer som är marginalkostnaden för en genomsnittlig tätort. Med hänseende till att fartygen normalt sett inte trafikerar tätbebyggda områden (Trafikverket, 2020) så kan rekommendationen avvika från det verkliga scenariot. Därav kan beräkningen avseende dessa bullerkostnader vara högre än verkligheten.

4.2 Vägavgifternas värde i förhållande till samhällskostnader orsakat av lastbilstransport

Att jämföra vägavgifternas värde i förhållande till de samhällskostnader som lastbilstransporterna bidrar till är särskilt intressant för att se om avgifterna kompenserar för de skador som vägtrafiken orsakar. Sverige är med i ett vägavgiftssamarbete med Danmark, Luxemburg och Nederländerna, där tyska företaget AGES hanterar vägavgifterna för utlandsregistrerade lastbilar inom detta samarbete. Svenska Skatteverket hänvisar därför AGES prislista för vägavgifter (Skatteverket, n.d.-b). Enligt denna prislista (AGES, n.d.) så kostar det 123 kr per dygn i vägavgift för en utländsk lastbil att vistas i Sverige. Om transporten skulle gå under natten mellan två dygn så krävs dock betalning för två dagar (Skatteverket, n.d.-b). Vägavgiften för utländska lastbilar på 123 kr per dag täcker därför inte samhällskostnaderna som uppstår av vägtrafikens luftutsläpp och buller som ligger på cirka 702 kr för en resa med en lastbil som går mellan Öresundsbron och Svinesundsbron, förutsatt att resan går under en och samma dag. Detta stämmer då inte överens med Näringsdepartementets beskrivning på samhällsekonomiskt effektiva transporter då de helst ska bära upp för kostnaderna de orsakar (Näringsdepartementet, 2018). Figur 3 illustrerar skillnaderna mellan dessa kostnader.

Figur 3 Diagram som illustrerar skillnaderna mellan vägtrafikavgiften och samhällskostnaderna från lastbil:



4.3. Totala CO₂-emissioner enligt scenariot

Tabell 4 Totala CO₂-emissioner från respektive transportsätt enligt studiens scenario:

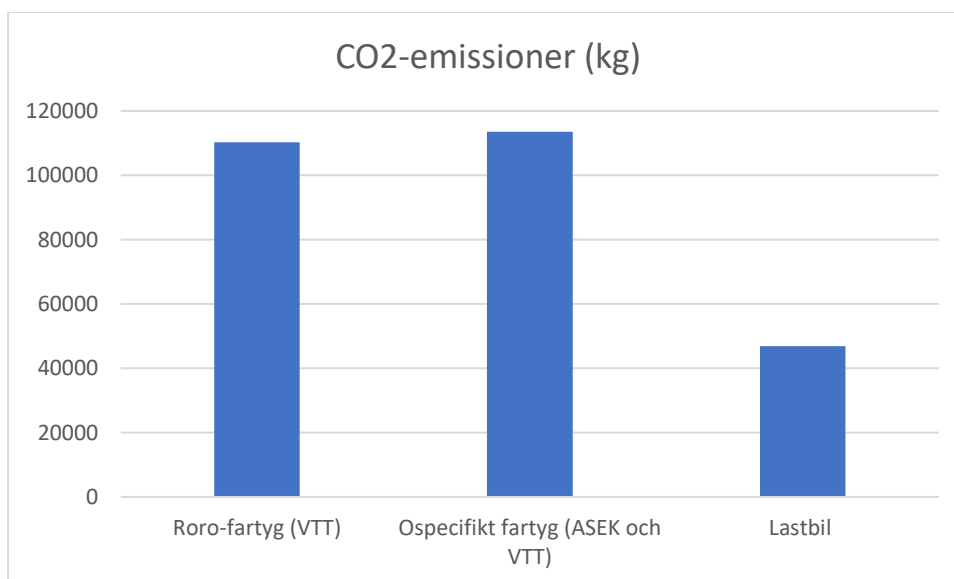
	140 lastbilar	Roro-fartyg	Ospecifik fartygstyp ASEK
Totala CO₂-emissioner (kg)	46 910 kg	110 226 kg	113 508 kg

Kommentar: CO₂-data är hämtat från VTT Technical Research Centre of Finland Ltd. (2017) och ASEK (Trafikverket, 2020). De totala emissionerna är beräknade enligt metodbeskrivning.

46 910 kg CO₂ utgörs av de 140 lastbilar med släp som trafikerar vägsträckan E6 och E20 i 467 km enligt scenariot.

För ett rorofartyg är den genomsnittliga CO₂-emissionen enligt VTT 236 117 gram CO₂ per fartygskilometer (VTT, 2017). Då blir den totala CO₂-emissionen för transportsträckan på 467 km omräknat från gram till kilo enligt scenariot 110 226 kg CO₂. Enligt emissionsfaktorn från fartygsdata från VTT blir följaktligen sjöfartens totala CO₂-emissioner 63 316 kg mer än för 140 lastbilar som transporterats motsvarande transportsträcka enligt scenariot. Alltså är lastbilarnas CO₂-emissioner 57% mindre än roro-fartyget för den valda transportsträckan enligt scenariot. Den totala CO₂-emissionen baserat på emissionsfaktorn från ASEK (ospecifik fartygstyp) kombinerat med bränsleförbrukningsdata från VTT är ungefär tre ton mer än för roro-fartyget. Se Tabell 4 för redovisning av de totala CO₂-emissionerna från de respektive transportslagen. Figuren nedan (Figur 4) illustrerar skillnaderna i CO₂-utsläpp mellan de två valda transportslagen.

Figur 4 Diagram som illustrerar skillnaderna i CO₂-utsläpp mellan sjöfart och lastbil för den valda sträckan:



5. DISKUSSION

I följande avsnitt diskuteras resultatet tillsammans med metod och den befintliga teorin kring ämnet.

5.1. Effekter av att flytta gods till sjöfart

Myndigheter, regioner och sjöfartsnäringen hävdar att en förflyttning av godsflöden från väg till järnväg och sjöfart är nödvändigt för att minska skadeverkan som vägtransporter har på miljön. Samtidigt visar tillgängliga emissionsfaktorer och kalkylvärden att sjöfart enligt studiens uppsatta scenario att en förflyttning till sjöfart inte medför en självklar förbättring av kostnader för samhället till följd av skadeverkningar på miljö och hälsa. Osäkerhet kring exakta samhällsekonomiska kostnader orsakat av sjöfarten beror på huruvida partikelutsläppen tas med i beräkning eller ej. Att inkludera partikelutsläppen i kostnadsberäkningen ger stora samhällsekonomiska kostnader samtidigt som en exkludering visar motsatsen. Med tanke på att sjöfartens luftföroreningar kan spridas till kustnära landområden så är det inte försvarbart att förkasta partikelutsläppen som orsakas av sjöfartsalternativet i scenariot.

5.2. Brister i ASEK

Gällande sjöfartens emissionsfaktorer så uppstår det en underlagskonflikt i förhållande till vägtrafikens emissionsfaktorer. För vägtrafiken utgår alla data från HBEFA-modellen som har hög trovärdighet då den stämmer överens med vetenskapliga studier som pekar på att modellens faktorer kan likställas med verkliga utsläpp. Sjöfartens emissionsfaktorer kan däremot inte härledas till någon motsvarande HBEFA-modell för sjöfarten. Således finns det en hög risk att jämförelser som scenariot i denna studie blir felaktiga med tanke på variationen i underlag beroende på vilket transportsätt som undersöks. För att kunna räkna ut samhällsekonomiska kostnader orsakat av luftföroreningar från ett ro-ro-fartyg krävdes externt underlag i form av bränsleförbrukning från den finska forskningsinstitutet VTT då ASEK saknade detta. Vidare baseras sjöfartens emissionsfaktorer i ASEK på ett genomsnitt från flera olika fartygstyper. Då bland annat Region Skåne är tydliga med att olika fartygstyper ger upphov till olika stora mängder utsläpp var det särskilt intressant att använda data från en specifik fartygstyp istället för ett genomsnitt.

Skillnaden i marginalkostnad för luftföroreningar beroende på om utsläppen skett i landsortsmiljö eller i en tätort gör att kostnaderna blir osäkra då ett genomsnitt fick användas för vägsträckan i scenariot. En mer högupplöst bild av ett mer exakt genomsnitt hade varit möjligt om varje enskild kilometer längs transportsträckan (467 km) beaktades utifrån miljön och huruvida den räknas som landsbygd eller tätort baserat på befolkningstätheten för respektive kilometer. I brist på resurser av tid används det befintliga genomsnittet. Även trafikverket har genom deras projekt ”REVSEK” belyst problematiken med en alltför generell bild av marginalkostnader i ASEK (Bennet et al., 2019).

På grund utav bristande informationsunderlag i ASEK så upplevs risken som stor att vissa beräkningar kan vara betydligt missvisande. En faktor är informationsunderlaget om spridning av partiklar. I ASEK räknas partiklar inte som en kostnad i landsortsmiljö, alltså i områden där befolkningstätheten är avsevärt lägre och rekommenderas därför att utelämnas vid beräkning av samhällskostnader från berörda platser. Vad som då kan anses som en betydande brist är att mycket tyder på att partiklar kan spridas med luften och fortfarande drabba människor. Således vore det orimligt att helt utesluta partikelkostnader oavsett om dem sker i landsbygd eller till havs. Trafikverket själva uppger att de finns bristande

information just om spridningen av luftföroreningar och att de egentligen ville forska ytterligare kring området men att pengar inte fanns för detta.

Konsekvensen av att det inte finns någon riktig spridningsmodell för luftföroreningar blir i detta fall att skillnaden i kostnader för partikelutsläpp från sjöfarten blir stora beroende på om man räknar med dem eller inte. Det framgår dock av Trafikverket att skillnaderna kan bli betydande i verkligheten vad gäller befolkningsexponering för partiklar. Att inte räkna med dem alls kan bli grovt missvisande på grund av att studier visar just att sjöfarten mycket väl kan bidra till samhällskostnader som uppstår på grund av exponering för partiklar. Det är därför problematiskt att det inte finns något mellanting mellan platser med hög och låg befolkningsexponering med hänsyn till någon typ av spridning då Trafikverket känner till detta.

Sjöfartens bullerpåverkan är i ASEK beskriven som en osäker och grovt antagen faktor. Det står även att sjöfartens bullerpåverkan kan koncentreras till lossning och lastning. Trots detta rekommenderar ASEK att bullerkostnaden för sjöfart ska beräknas likadant som flygbuller, som i sin tur bygger på vägbuller men uppräknat med en faktor på 1.4. Eftersom den valda sträckan räknar med att fartygen endast passerar utanför Sveriges kust och är ämnade ersätta transitttransporter med lastbil så lastas eller lossas inte fartygen i Sverige och därmed orsakas inget buller i Sverige. Detta strider då mot deras rekommendationer om att man ska räkna likadant som för andra transportslag, där denna rapport räknar med kostnaden per kilometer för vägtrafiken. Ett fartygs bullerpåverkan från lastning och lossning bör inte vara i korrelation med hur lång fartygets resa varit, och därför upplevs ASEK rekommendationer inte gå ihop med deras beskrivning av verkligheten. Därav upplevs också känslighetsanalysen relevant i detta sammanhang.

En annan brist i ASEK är kunskapen om värderingen av sjöfartens påverkan på havsmiljön. Trots att det idag finns kunskap om fartygs påverkan på havsmiljö genom buller, utsläpp i luften och i havet så finns det inga riktiga modeller för att räkna ut alla kostnader. I ASEK finns uppskattningar på vad kväveoxidens påverkan på havsmiljön kostar per kilo. Med hjälp av data för ett fartygs utsläppsmängd går det att räkna ut vad kostnaden blir. Det finns också rekommendationer på hur man beräknar sjöfartsbuller men den kostnaden är inte riktad mot undervattensbuller. Därefter saknas det värderingar på resterande påfrestningar som havsmiljön får utstå till följd av sjöfartens framfart.

Eftersom Trafikverket uttryckligen skriver att dessa värden i ASEK kan användas för att framställa beslutsunderlag för infrastrukturutveckling så kan det anses som problematiskt att det inte finns några riktiga värderingar för sjöfartens påverkan på havsmiljön samt att de själva uttrycker vissa brister kring spridning av luftföroreningar samt buller. Därav skulle en beräkning av samhällskostnader utgående från värden som endast är hämtade ur ASEK kunna bli missvisande. På grund utav dessa oklarheter i ASEK är det viktigt att vara källkritisk mot exempelvis Trafikverkets färdplan för överflyttning av gods till sjöfart, där sjöfarten beskrivs som en viktig faktor till att minska utsläppen av växthusgaser och minska miljöpåverkan. Däremot har Trafikverkets egna underlag för värdering av infrastrukturutvecklingen och dess påverkan, ASEK, har i detta fall gett upphov till signifikanta missvisningar samt en tvivelaktighet från Trafikverket själva.

5.3. Vägavgifter

Det svenska näringslivet är kritiska till sjöfartens avgifter i förhållande till vägtrafikens avgifter och anser att det måste till en förändring ifall sjöfarten skall bli mer konkurrenskraftig. Antingen genom en sänkning av avgifterna för sjöfarten eller en höjning av vägtrafikens avgifter. Därav kändes det relevant att granska vägtrafikens avgifter och undersöka till vilken grad de faktiskt täcker kostnaderna som de orsakar. Särskilt med tanke på att de berörda transporterna avser transitttransporter som i allra högsta grad sker med utlandsregistrerade lastbilar, där transporten egentligen inte tillför något till Sverige förutom att bibehålla goda relationer med grannländerna samt att möjligtvis bidra med intäkter till svenska bensinmackar. Även om beräkningen för samhällskostnaderna är aningen osäker så beräknas vägavgifterna täcka mindre än 20% av kostnaderna som uppstår i detta scenario. Detta skulle kunna påvisa att en höjning av vägavgifterna, åtminstone för transitttransporterna och utlandsregistrerade lastbilar är relevant i den mån att täcka upp för den kostnad som de orsakar samtidigt som de kan hjälpa till att uppfylla Trafikverkets mål och önskan om att övergå mer till sjötransporter.

Sverige ingår i ett vägavgiftssamarbete med Danmark, Luxemburg och Nederländerna där en vägavgift fungerar för alla länder inom samarbetet och därav är det förmånligt för utländska lastbilar att trafikera vissa andra länder, däribland grannlandet Danmark, innan de kör in i Sverige på samma betalda avgift. Denna faktor gör sannolikt inte konkurrenskraften bättre för sjöfartens del då denna faktor endast borde öka lastbilstransporternas flexibilitet. Ytterligare en fråga att ställa sig är hur mycket Sverige får ta del av dessa vägavgifter som finns idag. Nu när avgiften gäller i tre andra länder utöver Sverige.

5.4. Jämförelse av totala CO₂-emissioner

Att lastbilarnas CO₂-emissioner för det valda scenariot var 57% mindre än för roro-fartyget är en signifikant skillnad som bör beaktas. I detta fall då partikelutsläppens kostnad från sjöfartsalternativet var "allt eller inget" beroende på om beräkningarna baserades på emissionsfaktorer för tätorter eller landsbygd så kan CO₂-emissionerna vara nödvändiga att inkludera i analysen trots att CO₂ avser globala effekter och inte lokala eller regionala. Med tanke på sjöfartens bristfälliga emissionsfaktorer i ASEK och därmed risken för en missvisande jämförelse är det i synnerhet viktigt att kunna nyansera helhetsbilden med exempelvis CO₂-emissioner. Dock så råder det en osäkerhet och en risk för missvisning även för jämförelsen av CO₂-emissioner då det inte går att endast använda ASEKs egna emissionsfaktorer. Externa fartygsdata innehållande bränsleförbrukning hämtades från VTT. Således föreligger samma underlagskonflikt för CO₂-emissioner jämfört med lastbilarnas emissionsfaktorer som kan härledas till HBEFA.

I vår fallstudie skiljde sig sjöfartens totala CO₂-emissioner för ASEKs emissionsfaktor ungefär tre ton från roro-fartyget enligt VTT. Det kan troligen förklaras genom att beräkningarna innehåller samma bränsleförbrukningsdata från VTT och att det därmed uppstår en likhet i resultatet. Med tanke på att ASEK baserar emissionsfaktorerna på ett genomsnitt där fartygstyp inte specificeras så bör ej bränsleförbrukningsdata vara knutet till en specifik fartygstyp. Således blir Sjöfartens totala CO₂-emissioner enligt ASEK felaktiga i brist på motsvarande bränsleförbrukningsdata från samma ospecificerade fartygstyp som för emissionsfaktorerna.

5.5. Metoddiskussion

Metoden för att räkna ut samhällsekonomiska kostnader enligt studiens scenario är fungerande som sådan. Däremot att använda ASEK som verktyg till detta är inte lämplig beträffande variationen i underlag mellan de olika transportsätten. I synnerhet är det sjöfartens underlag för emissionsfaktorer och spridningsmodeller där ASEK har tydliga brister som gör verktyget olämpligt att använda i jämförande syfte tillsammans med vägtransporter. I stora drag känns beräkningarna allt för generaliserade då både stora och små avvikelser kan göra stora skillnader i beräkningarna. Aspekter så som val av fartygstyp och bränsle samt fyllnadsgrad är bara några exempel som kan göra skillnader i verkliga data.

6. SLUTSATSER

- Studiens jämförande analys av samhällsekonomiska kostnader orsakat av luftföroreningar samt buller från godstransporter på väg och till sjöss gick till viss del att genomföra med hjälp av ASEK. Resultatet visade att sjötransport enligt scenariot hade orsakat mindre samhällskostnader än vägtransport baserat på rekommendationer i ASEK om partikelutsläppen exkluderas från beräkningen. Detta gav däremot upphov till signifikanta osäkerheter gällande partikelutsläpp från sjöfarten då mycket tyder på att partiklar kan spridas från havet och in mot kustnära landområden.
- Samhällskostnaderna från sjöfarten beräknades bli nästan 8000 kr exkl. partiklar och närmare 388 000 kr inkl. partiklar medan den för vägtrafiken beräknades bli cirka 98 000 kr. Aspekten kring exkluderandet av partikelutsläpp i ASEK gjorde att resultatet av jämförelsen inte kändes representativt för verkligheten. Därav blev Trafikverkets indelning av regionala samt lokala effekter från trafik i landsbygd respektive tätort alldeles för generella för att kunna tillämpas på specifika transportsträckor. I synnerhet då Trafikverket själva uppmärksammar denna problematik kring bristande spridningsmodeller.
- Vägavgifterna visade sig inte täcka upp för de uppstådda samhällsekonomiska kostnaderna för scenariot, trots att syftet med dessa avgifter är att täcka samhällsekonomiska kostnader. Osäkerhet råder kring var vägavgifterna slutligen hamnar då den omfattar fyra länder.
- Ytterligare osäkerheter i ASEK uppstod i samband med en underlagskonflikt gällande sjöfartens emissionsfaktorer. Dessa gick inte att likställa med lastbilars emissionsfaktorer som kunde härledas till den trovärdiga HBEFA-modellen. Det finns ingen motsvarande HBEFA-modell för sjöfarten. Istället härleds sjöfartens emissionsfaktorer till en bilaga där konsultföretaget M4Traffic AB står som källa till alltför generella faktorer. Detta då dom inte tog hänsyn till olika typer av fartyg utan använde ett genomsnitt. Slutsatsen är att skillnaderna i samhällsekonomiska kostnader inte är tillförlitliga nog samt att ASEK inte är tillräcklig i sitt underlag på sjöfartssidan för att kunna utföra en jämförande analys av samma karaktär som för denna studie.
- Med avseende på samhällsekonomiska kostnader är osäkerheten kring sjöfartens emissionsfaktorer för stor för att kunna avgöra vilket transportsätt som är att föredra.
- Jämförelsen av totala CO₂-emissioner visar att godstransporterna på väg är att föredra före sjöfarten då vägtransporterna stod för 57% mindre CO₂-emissioner än sjötransporten enligt scenariot.

6.1 Rekommendationer till fortsatt arbete

Till att börja med så rekommenderas Trafikverket att utveckla sina beslutsunderlag, i detta fall ASEK, för att beräkningarna skall kunna bli mer verklighetstroga. Om detta innebär att mer resurser måste avsättas till projektet så rekommenderas det också, just för att modellerna skall bli så verklighetstroga som möjligt.

Utvecklingar av denna rapport kan vara att jämföra olika typer av bränslen och fartygstyper samt göra någon slags analys av sjöfartens påverkan på havsmiljön i detta område och en värdering på vad det kan kosta samhället. På samma utförliga sätt som vägtrafikens kostnader är värderade hade det även varit bra om sjöfartens påverkan gick att beräkna på ett liknande sätt, inkluderat alla kostnader för utsläpp i hav och spridning av luftföroreningar etc.

KÄLLFÖRTECKNING

- AGES. (n.d.). *Eurovignette Table of Tariffs 2021*.
- Bennet, C., Kriit, H. K., Tidblad, J., Andersson, J., Jansson, S.-A., Svensson, M., Wallström, J., Andersson, C., Orru, H., Sommar, J. N., & Forsberg, B. (2019). *Underlag för reviderade ASEK-värden för luftföroreningar*.
- Berglund, M., Aspnäs, F., Wärmark, A., Lundberg, S., & Nilsson, C. (2014). *Hinder för gränsöverskridande godstransporter*.
https://www.trafa.se/globalassets/rapporter/underlagsrapporter/2011-2015/2014/wsp_hinder-for-gransoverskridande-godstransporter.pdf
- Denscombe, M. (2018). *Forskningshandboken - För småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna* (4:3). Studentlitteratur AB.
- Garberg, B., & Bengtsson, M. (2020). *Färdplan för över flyttning av godstransporter från väg till järnväg och sjöfart*. Trafikverket. https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/76735/Ineko.Product.RelatedFiles/2020_054_fardplan_overflyttning_av_godstransporter_fran_vag_och_jarnvag_till_sjofart.pdf
- Grigoratos, T., Fontaras, G., Giechaskiel, B., & Zacharof, N. (2019). Real world emissions performance of heavy-duty Euro VI diesel vehicles. *Atmospheric Environment*, 201, 348–359. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.12.042>
- Hassellöv, I.-M., Larsson, K., & Sundblad, E.-L. (2019). *Effekter på havsmiljön av att flytta över godstransporter från vägtrafik till sjöfart: Havsmiljöinstitutet rapport nr 2019:5*. www.havsmiljoinstitutet.se
- Jalkanen, J.-P., Johansson, L., & Kukkonen, J. (2016). A comprehensive inventory of ship traffic exhaust emissions in the European sea areas in 2011. *Atmos. Chem. Phys*, 16, 71–84. <https://doi.org/10.5194/acp-16-71-2016>
- Karl, M., Jonson, J. E., Uppstu, A., Aulinger, A., Prank, M., Sofiev, M., Jalkanen, J. P., Johansson, L., Quante, M., & Matthias, V. (2019). Effects of ship emissions on air quality in the Baltic Sea region simulated with three different chemistry transport models. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19(10), 7019–7053. <https://doi.org/10.5194/acp-19-7019-2019>
- Lantmäteriet. (n.d.). *Medgivande för publicering av Lantmäteriets geografiska information | Lantmäteriet*. Retrieved April 14, 2021, from <https://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/geodataprodukter/stodsidor/medgivande-for-publicering-av-lantmateriets-geografiska-information/#qry=medgivande>
- Näringsdepartementet. (2018). *Effektiva, kapacitetsstarka och hållbara godstransporter – en nationell godstransportstrategi*.
<https://www.regeringen.se/49f291/contentassets/5e79349b796548f7977cbfd1c246a694/effektiva-kapacitetsstarka-och-hallbara-godstransporter--en-nationell-godstransportstrategi>
- Nilsson, J.-E., & Haraldsson, M. (2018). *Redovisning av regeringsuppdrag kring trafikens samhällsekonomiska kostnader SAMKOST 3*. www.vti.se/publikationer
- Notter, B., Keller, M., Althaus, H.-J., Cox, B., Knörr, W., Heidt, C., Biemann, K., Räder, D., & Jamet, M. (2019). *HBEFA 4.1 Development Report*. www.infras.ch
- Notter, B., Keller, M., & Cox, B. (2019). *Handbook emission factors for road transport 4.1 Quick reference*. www.infras.ch
- Öresund till Svinesund – Google Maps. (n.d.). Retrieved February 26, 2021, from <https://www.google.se/maps/dir/55.5773768,12.815861/59.0944178,11.2520014/@55.5762763,12.8223534,14z/data=!4m2!4m1!3e0>
- Skatteverket. (n.d.-a). *Väggavgift för svenska tunga fordon | Skatteverket*. Retrieved March 23, 2021, from

- <https://www.skatteverket.se/foretagochorganisationer/skatter/bilochtrafik/vagavgiftforsvenskatungaforDon.4.18e1b10334ebe8bc8000899.html>
- Skatteverket. (n.d.-b). *Vägavgift för utländska tunga fordon* | Skatteverket. Retrieved March 23, 2021, from <https://www.skatteverket.se/foretagochorganisationer/skatter/bilochtrafik/vagavgiftforutlandskatungaforDon.4.18e1b10334ebe8bc80004721.html>
- Stelling, P., Woxenius, J., Lammgård, C., Petersson, B., & Christodoulou, A. (2019). *Förlängda sjöben: när-och kustsjöfartens potential*. https://utveckling.skane.se/siteassets/publikationer_dokument/forlangda-sjoben.pdf
- Trafikanalys. (2018). *Utländska lastbilstransporter i Sverige 2015–2016*. https://www.trafa.se/globalassets/statistik/vagtrafik/utlandska-lastbilar/rapport-2018_22-utlandska-lastbilstransporter-i-sverige-2015-2016.pdf
- Trafikverket. (2019). *Handbok för vägtrafikens luftföroreningar*.
- Trafikverket. (2020). *Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 7.0*. https://www.trafikverket.se/contentassets/4b1c1005597d47bda386d81dd3444b24/asek-7-hela-rapporten_210129.pdf
- Vallejo-Pinto, J. A., Garcia-Alonso, L., Álvarez Fernández, R., & Mateo-Mantecón, I. (2019). Iso-emission map: A proposal to compare the environmental friendliness of short sea shipping vs road transport. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 67, 596–609. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.01.015>
- VTT. (n.d.). *LIPASTO - Unit emissions - Methodology - Waterborne Transport*. Retrieved April 28, 2021, from http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/infoe_vesi.htm
- VTT. (2017). *Average emissions and energy use of a ro-ro and ropax ship in 2016*. http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/vesiliikenne/roroe.htm?fbclid=IwAR3cQlp5keO_1KNVGSG-5VkMrPQE4W_m3NARRsxbGixxe8mAk2OZwNtGXok
- Ytreberg, E., Åström, S., & Fridell, E. (2021). Valuating environmental impacts from ship emissions – The marine perspective. *Journal of Environmental Management*, 282, 111958. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.111958>

INSTITUTIONEN FÖR MEKANIK OCH MARITIMA VETENSKAPER
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2021
www.chalmers.se



CHALMERS