



# CHALMERS

---



## **Vänernsjöfartens miljönytta?** En studie av miljöeffekterna av inlandssjöfarten i Västsverige

Kandidatarbete inom Sjöfart och Logistik

HENNING GRAUERS

ELIAS PERSSON



RAPPORTNR. SoL-16/174

## Vänersjöfartens miljönytta?

En studie av miljöeffekterna av inlandssjöfarten i Västsverige

HENNING GRAUERS

ELIAS PERSSON

Institutionen för sjöfart och marin teknik  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige, 2016

## **Vänersjöfartens miljönytta?**

En studie av miljöeffekterna av inlandssjöfarten i Västsverige

## **Environmental benefits of shipping on Lake Vänern?**

A study of the environmental impact of the inland shipping in western Sweden

HENNING GRAUERS

ELIAS PERSSON

© HENNING GRAUERS, 2016.

© ELIAS PERSSON, 2016.

Rapportnr. SoL-16/174

Institutionen för sjöfart och marin teknik

Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg

Sverige

Telefon + 46 (0)31-772 1000

Omslag: Utsikt från Götaälvbron över Göta älv [foto: Henning Grauers].

Tryckt av Chalmers

Göteborg, Sverige, 2016

## Vänersjöfartens miljönytta?

En studie av miljöeffekterna av inlandssjöfarten i Västsverige

HENNING GRAUERS

ELIAS PERSSON

Institutionen för sjöfart och marin teknik

Chalmers tekniska högskola

## Sammanfattning

Denna rapport syftar till att undersöka miljöpåverkan från sjöfarten på Göta älv och Vänern i olika framtidsscenarier. Uppsatsen grundar sig i de många förändrade förutsättningarna för denna typ av sjöfart i regionen, både positiva och negativa, som skett de senaste åren. Studien försöker besvara vilka miljöeffekter i form av utsläpp till luft (koldioxid, svaveloxider, kväveoxider samt partiklar) som en fullt utvecklad kontra en nedlagd Vänersjöfart ger upphov till. Detta genom att jämföra dagens och framtidens (år 2030) utsläpp från sjöfart med utsläpp som skulle kunna ske om transportarbetet istället skulle utföras av lastbilar. Dessutom undersöks faktorer som skulle kunna påverka utvecklingen åt olika riktningar för sjöfarten.

Ett antal faktorer som kan leda till olika framtidsscenarier har identifierats genom en arkivanalys. Dessa faktorer inbegriper framför allt fysiska barriärer vid Göta älv, så som broar och slussar. Med hjälp av beräkningsmodeller från Nätverket för Transporter och Miljön (NTM) visar resultatet på att Vänersjöfarten är ett energieffektivt transportslag, men att den leder till höga utsläpp av luftförorenare jämfört med vägtrafik.

**Nyckelord:** Vänern, Göta älv, inlandssjöfart, miljöeffekter, Hisingsbron, NTM, utsläpp

## Abstract

The purpose of this thesis is to examine the environmental impact from the shipping on River Göta Älv and Lake Vänern in Western Sweden in various future scenarios. The outline of the thesis is the many changed circumstances for this type of shipping in Western Sweden, both beneficial and negative, that have occurred in recent years. The study aims to identify what environmental impacts, comprised of emissions to air (Carbon Dioxide, Sulphur Oxides, Nitrogen Oxides and Particulate Matter) that a fully developed, as opposed to discontinued, shipping on Lake Vänern may cause. This is conducted by comparing the emissions from the present shipping as well as estimated emissions of the future shipping (as of year 2030) with a scenario where the transport work is performed by trucks. Furthermore, factors that are estimated to affect the development of the shipping in the region are examined.

By conducting an archive analysis, a number of factors that can affect the future scenarios have been identified. These factors primarily consist of infrastructural barriers, such as bridges and locks. By using calculation tools from the Network of Transport and Environment (NTM), the results show that inland shipping is an energy efficient mode of transport. However, this mode of transport leads to high emissions of air pollutants compared to road traffic.

**Keywords:** Lake Vänern, River Göta Älv, inland shipping, environmental impact, Hisingen bridge, NTM, emissions

## Förord

*”Väldigt många som är berörda av beslutet har inte fått yttra sig och inte fått informera sig. Det strider förmodligen mot Sveriges åtaganden och europeisk lagstiftning samt elementära mänskliga rättigheter om att kunna leva i sin närmiljö.”*

– Utdrag ur ett överklagande av Mark- och miljödomstolens beslut om att ge Göteborgs stad tillstånd att anlägga ny bro till Hisingen i centrala Göteborg.

Ovan citat fångar essensen av många av de känslor som omgärdar sjöfarten på Göta älv och Vänern samt hur intressen för denna har ställts mot intressen för Göteborgs stadsutveckling. Den offentliga debatten och dessa divergerande intressen engagerade oss – för sanningen kring Vänersjöfarten och Hisingsbron måste väl ändå ligga någonstans mellan parternas respektive ytterligheter och utgångspunkter?

Den här uppsatsen har inneburit en lång resa för oss under vårterminen 2016. Uppsatsen har under arbetets gång bytt inriktning vid flera tillfällen. Det som började som en uppsats om Hisingsbrons konsekvenser för bland annat stadsutveckling, slutade som en studie av miljöeffekter av sjöfarten på Vänern och Göta älv. Det har varit en krokig process, men den har varit både intressant och givande samt påmint oss om den komplexitet som faktiskt råder kring infrastruktur, transporter och dess miljöpåverkan.

Vi vill rikta ett stort tack till *Nätverket för Transporter och Miljön* för hjälp med beräkningsmetoder för utsläpp från transporter. Vidare vill vi rikta det största av tack till vår handledare Kent Salo för välbehövlig handledning. Uppmaningen att ”grubbla mindre och skriva mer” har varit viktig för att denna uppsats någonsin skulle kunna bli färdigställd. Vi vill också tacka vår examinator Lena Granhag för värdefulla synpunkter arbetets gång.

Göteborg, maj 2016

# Innehållsförteckning

|  |            |
|--|------------|
| <b>Sammanfattning</b> .....                                  | <b>i</b>   |
| <b>Abstract</b> .....  | <b>i</b>   |
| <b>Förord</b> .....  | <b>iii</b> |
| <b>Figurförteckning</b> .....                                | <b>vi</b>  |
| <b>Tabellförteckning</b> .....                               | <b>vi</b>  |
| <b>1 Inledning</b> .....                                     | <b>1</b>   |
| 1.1 Syfte.....   | 2          |
| 1.2 Frågeställningar .....                                   | 2          |
| 1.3 Avgränsningar .....                                      | 2          |
| 1.4 Centrala begrepp.....                                    | 2          |
| <b>2 Bakgrund</b> .....                                      | <b>3</b>   |
| 2.1 Göta älv och Väneren som farleder.....                   | 3          |
| 2.1.1 Hamnar och gods.....                                   | 4          |
| 2.1.2 Fartygen.....  | 5          |
| 2.2 Inlandssjöfart och inre vattenvägar .....                | 6          |
| <b>3 Teori</b> .....   | <b>6</b>   |
| 3.1 Miljöpåverkan från transporter.....                      | 6          |
| 3.2 Koldioxid (CO <sub>2</sub> ).....                        | 7          |
| 3.3 Svaveloxider (SO <sub>x</sub> ).....                     | 9          |
| 3.4 Kväveoxider (NO <sub>x</sub> ).....                      | 11         |
| 3.5 Partiklar (PM) .....                                     | 12         |
| <b>4 Metod</b> .....   | <b>14</b>  |
| 4.1 Fallstudier.....   | 14         |
| 4.2 Nätverket för Transporter och Miljön (NTM).....          | 15         |
| 4.2.1 Miljöberäkning enligt NTM-metoden .....                | 15         |
| <b>5 Resultat</b> .....                                      | <b>16</b>  |
| 5.1 Faktorer för och emot inlandssjöfart i Västsverige ..... | 16         |
| 5.1.1 Götaälvbron och Hisingsbron.....                       | 17         |
| 5.1.2 Slussarna i Trollhättan .....                          | 19         |
| 5.1.3 Marieholmsbroarna .....                                | 20         |



|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 5.1.4    | Trafikledningssystemet GOTRIS .....   | 21        |
| 5.1.5    | Inlandssjöfart och inre vattenvägar i Sverige.....                          | 22        |
| 5.2      | <i>Miljöeffekter vid olika scenarier</i> .....                              | 24        |
| 5.3      | <i>Antaganden för sjöfart</i> .....   | 25        |
| 5.4      | <i>Antaganden för lastbilstransporter</i> .....                             | 25        |
| 5.5      | <i>Beräkningar av utsläpp per resa och transportslag</i> .....              | 26        |
| 5.5.1    | Fartygstransport Kristinehamn – Göteborg .....                              | 26        |
| 5.5.2    | Lastbilstransport 314 km, motsvarande sträckan Kristinehamn - Göteborg..... | 26        |
| 5.6      | <i>Utsläpp från dagens sjöfart (2014)</i> .....                             | 27        |
| 5.7      | <i>Scenario 1: Ingen Vänersjöfart</i> .....                                 | 27        |
| 5.8      | <i>Scenario 2: Fullt utvecklad Vänersjöfart</i> .....                       | 28        |
| 5.9      | <i>Jämförelse mellan scenario 1 och 2</i> .....                             | 28        |
| <b>6</b> | <b>Diskussion</b> .....   | <b>29</b> |
| 6.1      | <i>Utsläpp och miljöeffekter</i> .....                                      | 29        |
| 6.2      | <i>Framtiden för Vänersjöfarten</i> .....                                   | 30        |
| 6.3      | <i>Metoddiskussion</i> .....  | 30        |
| <b>7</b> | <b>Slutsatser</b> .....   | <b>31</b> |
|          | <b>Referenser</b> .....   | <b>32</b> |
|          | <b>Bilagor</b> .....  | <b>37</b> |

## Figurförteckning

|  |    |
|--|----|
| Figur 1: Karta över Göta älv samt Väneren med hamnar.....                                  | 3  |
| Figur 2: Globala koldioxidutsläpp i miljoner ton från väg- respektive sjötransporter ..... | 8  |
| Figur 3: Globala utsläpp av luftförorenare i miljoner ton år 2000 .....                    | 10 |
| Figur 4: Schematisk figur av NTM-metoden .....   | 16 |
| Figur 5: Karta över zonindelning för inre vattenvägar i Västsverige .....                  | 23 |

## Tabellförteckning

|   |    |
|---|----|
| Tabell 1: Hanterad godsmängd i ton år 2010 i de största hamnarna kring Väneren .....      | 4  |
| Tabell 2: Total lossad och lastad godsmängd i ton år 2014 i hamnarna kring Väneren .....  | 4  |
| Tabell 3: Lastat och lossat gods i tusen ton år 2014 sorterat i varugrupper .....         | 5  |
| Tabell 4: Utsläppsgränser för kväveoxider .....   | 12 |
| Tabell 5: Zoner för inre vattenvägar .....  | 23 |
| Tabell 6: Antaganden för sjöfart idag.....  | 25 |
| Tabell 7: Antaganden för transporter med lastbil med släp om 28-34 ton. ....              | 26 |
| Tabell 8: Beräknade utsläpp för en resa med fullastat Vänermaxfartyg.....                 | 26 |
| Tabell 9: Beräknade utsläpp för en resa med Vänermaxfartyg med 40 % fyllnadsgrad.....     | 26 |
| Tabell 10: Beräknade utsläpp för en resa med fullastad lastbil med släp .....             | 26 |
| Tabell 11: Vänersjöfartens totala utsläpp år 2014 vid 100 % fyllnadsgrad.....             | 27 |
| Tabell 12: Vänersjöfartens totala utsläpp år 2014 vid 40 % fyllnadsgrad .....             | 27 |
| Tabell 13: Utsläpp från lastbilstransporter som ersättning för Vänersjöfart år 2014 ..... | 27 |
| Tabell 14: Skillnad i utsläpp mellan sjöfart och lastbil vid olika fyllnadsgrader .....   | 27 |
| Tabell 15: Beräkning av utsläpp från lastbilstransporter år 2030 .....                    | 28 |
| Tabell 16: Vänersjöfartens totala utsläpp år 2030 vid 100 % fyllnadsgrad.....             | 28 |
| Tabell 17: Vänersjöfartens totala utsläpp år 2030 vid 40 % fyllnadsgrad .....             | 28 |
| Tabell 18: Skillnad i utsläpp mellan sjöfart och lastbil vid potentiella scenarier .....  | 28 |



# 1 Inledning

Sett till mängden transporterat gods, betraktas ofta sjöfarten som det mest miljövänliga transportslaget. Sjöfartens skalekonomiska fördelar, det vill säga exempelvis kostnad, bränsleförbrukning och miljöpåverkan per transporterat ton gods, medför att sjöfarten har en hög effektivitet jämfört med exempelvis lastbilstransporter (Nilsson, 2012). Att överföra godstransporter från landbaserade transportslag till sjöfart, kan vara ett fruktsamt sätt att minska transportsystemets totala miljöbelastning. Likaså kan en överflyttning lösgöra kapacitet i den landbaserade delen av systemet och därmed minska trängseln i detta.

I Kontinentaleuropa finns det en lång tradition av så kallad inlandssjöfart, det vill säga sjöfart med specialbyggda fartyg och pråmar på inre vattenvägar (floder, insjöar och kanaler). Inlandssjöfarten sker under särskilda regler och kan på så vis snarare liknas vid traditionella vägtransporter än vid traditionell havssjöfart. Europeiska floder, som till exempel Rhen och Donau, utgör cirka 35 000 kilometer farled som kopplar samman hundratals städer (Europakommissionen, 2016). Regelverken som styr inlandssjöfarten är reglerad i EU-direktiv, vilket bidrar med harmoniserade regler och krav. Dessa skiljer sig markant från exempelvis regelverk för transocean sjöfart, vilket förefaller naturligt då inlandssjöfarten har annorlunda förutsättningar jämfört med sjöfarten på öppet hav. I början av 2011 lade den så kallade Inre vattenvägsutredningen (SOU 2011:4) fram sitt betänkande kring att införa dessa regelverk även i Sverige. Reglerna började gälla den 16 december 2014, vilket har gjort det möjligt för även svenska rederier att bygga, utrusta och operera fartyg på vissa svenska inre vatten, så som Väner och Göta älv, enligt samma regler som i Kontinentaleuropa (Transportstyrelsen, 2014).

Denna uppsats fokuserar på just sjöfarten på Göta älv och Väner. Den eventuella miljövinster som samhället kan göra tack vare en utbyggd sjöfart på dessa vatten framhålls ofta som stor. Mot denna strävan finns dock en del andra intressen som, åtminstone till synes, står i konflikt mot sjöfartsintresset. I flera fall utgörs dessa av tvärförbindelser över Göta älv. Det kanske mest prominenta exemplet är den nya bron (Hisingsbron) mellan Hisingen och centrala Göteborg, som skall ersätta den gamla, uttjänta Götaälvbron. Hisingsbron, som är planerad att stå klar år 2020, kommer ha en betydligt lägre seglingsfri höjd jämfört med Götaälvbron, vilket kommer öka behovet av broöppningar då fartyg skall passera. Hisingsbron manifesterar en typisk intressekonflikt, i det här fallet mellan sjöfart på älven kontra stadsutveckling i Göteborg. Det finns flera exempel på liknande konflikter längs älven, i vilket infrastruktur står emot intresset för ökad sjöfart.

Denna uppsats syftar till att försöka identifiera faktorer som kan främja en maximalt positiv utveckling för sjöfarten på Göta älv respektive finna hinder som kan begränsa denna. Utifrån dessa faktorer formuleras två olika framtidsscenarioer för sjöfarten på Göta älv. Dessa scenarier används sedan för att avgöra vilka miljöeffekter, ifråga om utsläpp till luft, som en fullt

utvecklad kontra helt nedlagd inlandssjöfart medför. Innebär egentligen en maximalt positiv utveckling för sjöfarten också en miljömässig fördel jämfört med att transportera motsvarande mängd gods med landtransporter? Skapar sjöfarten på så vis en miljönytta för regionen?

## 1.1 Syfte

Syftet med denna rapport är att identifiera och analysera de miljömässiga effekterna, ifråga om utsläpp till luft, av inlandssjöfarten i Västsverige (Göta älv och Vänern) utifrån två scenarier, formulerade utifrån identifierade faktorer som kan främja respektive motverka en utveckling mot ökade godsflöden på dessa vatten.

## 1.2 Frågeställningar

Frågeställningarna som rapporten försöker besvara är:

- Vilka miljöeffekter ifråga om utsläpp till luft ger en fullt utvecklad inlandssjöfart på Göta älv och Vänern jämfört med en nedlagd?

För att formulera scenarierna (en fullt utvecklad respektive helt nedlagd) för inlandssjöfarten på Göta älv och Vänern försöker rapporten även ge svar på:

- Vilka faktorer kan främja respektive motverka en inlandssjöfart på Göta älv och Vänern?

## 1.3 Avgränsningar

Studien avgränsar sig geografiskt till att enbart omfatta Västsverige, och därigenom Göta älv och Vänern som farleder för inlandssjöfart. Vidare avgränsar sig rapporten till att fokusera på miljöeffekter, i form av utsläpp till luft inom Sverige. Studien begränsar sig till utsläpp av koldioxid, kväveoxider, svaveloxider samt partiklar. Trots att fartygen oftast har en utrikes destination, är det enbart utsläppen som kan allokeras inom Sveriges fastland som är föremål för studien. I den här uppsatsen används en uppdelning av transportsystemet mellan å ena sidan landtransporter (lastbil) och å andra sidan sjötransporter (transporter på köl). Flyg- och järnvägstransporter behandlas inte i denna uppsats.

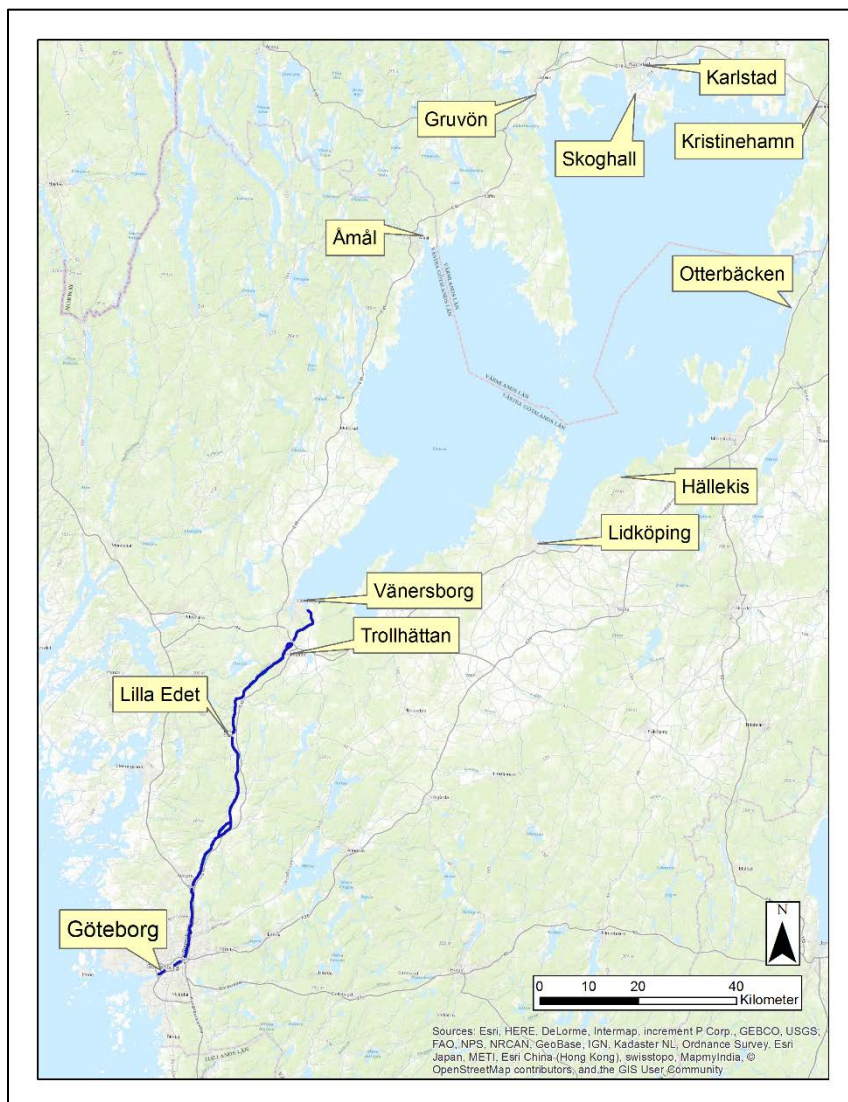
## 1.4 Centrala begrepp

- Tonkilometer – Mått på transportarbete som avser ett ton gods transporterat en kilometer [tonkilometer = ton \* kilometer] (Lumsden, 2012).
- IMO – *International Maritime Organization*; FN:s sjöfartsorgan.
- IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*; FN:s klimatpanel.
- MARPOL 73/78 - *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships*; konvention med syfte att begränsa olika former av föroreningar från fartyg.
- EURO-klasser – Miljöklasser för tunga fordon med olika krav på högsta tillåtna utsläpp.

## 2 Bakgrund

### 2.1 Göta älv och Vänern som farleder

Vänern är Sveriges största insjö, tillika Europas tredje största. Den uppmäter 5650 km<sup>2</sup> och beskrivs inte sällan som ett ”innanhav”. I Vänerns utlopp vid Vänersborg börjar Göta älv, som uppmäter 93 kilometers längd (se figur 1). Runt ön Hisingen delar sig Göta älv i två delar innan dessa båda mynnar ut i Kattegatt. Den norra delen kallas för Nordre älv, medan den södra, vilken behåller namnet Göta älv, rinner ut i havet genom centrala Göteborg via Älvsborgsfjorden (Göta älv Vattenvårdsförbund, 2006). Denna vattenväg kallas även för Trollhätte kanal, eftersom 10 kilometer av farleden är just grävd kanal (Trafikverket, 2013a). Formellt kallas Göta älv/Trollhätte kanal för farled 955. Farleden är utpekad som riksintresse för sjöfart, då denna förbinder hamnarna kring Vänern med Kattegatt/Västerhavet (Trafikverket, 2013b).



Figur 1: Karta över Göta älv (markerad) samt Vänern med hamnar [skapad i ArcMap].

Det har bedrivits sjöfart på Vänern sedan äldre medeltid. På den tiden skeppades gods till Vänersborg, där godset omlastades till häst och vagn för att sedan omlastas till fartyg i Lödöse (föregångaren till Göteborg) för vidare transport ut i världen. På grund av fall och strömmar längs älven, lät man bygga den första slussen i Lilla Edet redan 1607. I Trollhättan kom den första generationens slussar till år 1800 och på så vis var Vänern sammankopplad med Kattegatt. Sedan dess har slussarna i Trollhättan uppgraderats år 1844 samt 1916. Dessa slussar, totalt sex stycken (en i Brinkenbergs kulle utanför Vänersborg, fyra i Trollhättan samt en i Lilla Edet), finns till för att kompensera de totalt 44 meterna nivåskillnad som råder mellan Kattegatt och Vänern (Trafikverket, 2016a).

### 2.1.1 Hamnar och gods

Runt Vänern finns det flera hamnar, varav lejonparten opereras av och ingår i bolaget *Vänerhamn AB*. Bolaget har insjöterminaler i Vänersborg, Kristinehamn, Karlstad, Otterbäcken och Lidköping, samt mindre anläggningar i Åmål, Trollhättan, Hällekis och Gruvön (Vänerhamn, 2014). Sett till årligen hanterad godsmängd är Gruvön den största hamnen vid Vänern, tätt följd av Lidköping (se tabell 1).

**Tabell 1: Hanterad godsmängd i ton år 2010 i de största hamnarna kring Vänern (Trafikverket, 2013a).**

| Hamn         | Hanterad godsmängd |
|--------------|--------------------|
| Gruvön       | 545 000 ton        |
| Lidköping    | 420 000 ton        |
| Otterbäcken  | 340 000 ton        |
| Karlstad     | 315 000 ton        |
| Kristinehamn | 215 000 ton        |

Enligt något färskare siffror från Trafikanalys (2015a) låg den hanterade godsmängden i Vänerhamnarna under 2014 på drygt 3 miljoner ton (se tabell 2). Godset som har ursprung eller destination i utlandet står för en betydande andel av det totala godset, jämfört med inrikes gods. Bytesbalansen för hamnarna är något ojämn, då det lastas mer än vad det lossas i hamnarna.

**Tabell 2: Total lossad och lastad godsmängd i ton år 2014 i hamnarna kring Vänern (Trafikanalys, 2015a).**

|                                   |               |
|-----------------------------------|---------------|
| <b>Total hanterad godsmängd</b>   | 3 053 000 ton |
| <b>Utrikes gods</b>               |               |
| Lossat (destination Vänerhamnar)  | 978 000 ton   |
| Lastat (skickat från Vänerhamnar) | 1 460 000 ton |
| <b>Inrikes gods</b>               |               |
| Lossat (destination Vänerhamnar)  | 197 000 ton   |
| Lastat (skickat från Vänerhamnar) | 418 000 ton   |

Hamnarna kring Vänern hanterar flera olika sorters gods (se tabell 3). När det kommer till lastning sticker varugruppen malm ut, vilken domineras av just järnmalm. Även varugruppen trä är relativt stor, vilken fylls av sågade trävaror, flis, papper och pappersmassa. Utöver detta lastas även en del spannmål. Vad gäller lossning sticker malm också ut, men här är det istället jord, grus, sten och sand som inbegrips. Även en del skogsbruksprodukter (rundvirke) lossas i hamnarna, tillsammans med stenkol och raffinerade petroleumprodukter (Trafikanalys, 2015a).

**Tabell 3: Lastat och lossat gods i tusen ton år 2014 sorterat i varugrupper (Trafikanalys, 2015a).**

| <b>Varugrupper enligt NST 2007</b>   | <b>Lastat</b> | <b>Lossat</b> |
|--|---------------|---------------|
| Produkter från jordbruk, skogsbruk och fiske                                   | 86            | 351           |
| Kol, råolja och naturgas   | -             | 56            |
| Malm och andra produkter från utvinning  | 1031          | 388           |
| Trä samt varor av trä och kork, massa, papper och pappersvaror, trycksaker     | 293           | 29            |
| Stenkolsprodukter och raffinerade petroleumprodukter                           | 10            | 125           |
| Kemikalier, kemiska produkter, konstfibrer, gummi- och plastvaror, kärnbränsle | 11            | 76            |
| Andra icke-metalliska mineraliska produkter                                    | 69            | 62            |
| Metallvaror exkl. maskiner och utrustning                                      | 62            | 44            |
| Avfall och returråvara   | 79            | 12            |
| Andra varor, ej tidigare specificerade   | 236           | 30            |
| <b>Totalt</b>  | <b>1878</b>   | <b>1175</b>   |

Enligt Trafikverket (2013a) går det cirka 1300 lastfartyg på Göta älv per år, varav 90 procent går i trafik till utlandet. De mest förekommande lastning-/och lossningshamnarna utanför Vänern finns i Danmark, Storbritannien, Finland, Holland, Belgien, Tyskland och Baltikum.

### **2.1.2 Fartygen**

Slussarna i Trollhätte kanal utgör en begränsande faktor för Vänerssjöfarten. Rent fysiskt kan fartyg som inte får plats i slussarna inte trafikera älven. Enligt Sjöfartsverkets föreskrifter (1993:28) får inte fartyg längre än 87 meter, bredare än 12,60 meter samt med ett djupgående överskridande 4,70 meter, framföras i Trollhätte kanal utan särskilt tillstånd. Den maximala storleken på för fartyg i slussarna är en längd om 89 meter, bredd om 13,4 meter samt ett djupgående om 5,2 meter. Dessa dimensioner utgör så kallat Vänermax, vilka beroende på godsslag och utformning kan lasta drygt 4000 ton gods. Detta motsvarar 200 järnvägsvagnar eller 130 lastbilar med släp. Höjdmässigt begränsar Stallbackabron i Trollhättan till en seglingsfri höjd om maximalt 27 meter i Trollhätte kanal (SOU 2011:4 s. 229f). Totalt sett finns det tolv broar, varav nio är öppningsbara. Bland dessa sticker Götaälvbron och Marieholmbroarna ut vad gäller koordinering mellan sjöfart och tvärgående trafik. Hastigheten i farleden är maximalt 10 knop, vilket ger en gångtid mellan Göteborg och Karlstad på 15-16 timmar (Trafikverket, 2013a).



## 2.2 Inlandssjöfart och inre vattenvägar

I Kontinentaleuropa har det sedan länge funnits en uppdelning mellan havssjöfart (transport av passagerare och gods på hav) och inlandssjöfart (transport av passagerare och gods på inre vattenvägar). Inre vattenvägar inbegriper kanaler, floder och insjöar; det vill säga vatten som inte är hav (Transportstyrelsen, 2016a). Rent definitionsmässigt finns det dock, vare sig i internationell eller svensk rätt, någon strikt definition av som avses med begreppet inre vattenväg. I en bilaga till *Europaparlamentets och rådets direktiv 2006/87/EG av den 12 december 2006 om tekniska föreskrifter för fartyg i inlandssjöfart* finns det dock en förteckning över EU:s alla inre vattenvägar (SOU 2011:4).

I Kontinentaleuropa är inlandssjöfarten väletablerad och konkurrerar primärt med landtransporter (Transportstyrelsen, 2016). 21 av EU:s medlemsstater har inre vattenvägar, varav 13 av medlemsstaterna förbinds i ett sammanlänkat nätverk av dessa farleder (Europakommissionen, 2016). Totalt sett finns det 35 000 km farled i Europa som definieras som inre vattenvägar, vilka utgör en viktig del av Europas transportsystem. Bara på Rhen transporterades 208 miljoner ton gods år 2008. Lastbilstransporter dominerar emellertid och står för 79 procent av godstransporterna inom EU, följt av järnvägstransporter på 15 procent. Inlandssjöfarten står dock för cirka 7 procent, vilket inte är att förkasta. Andelen gods som transporteras på inre vattenvägar ligger på en högre siffra i de länder där tillgången på farbara inre vattenvägar är större. Så är fallet i exempelvis Nederländerna och Tyskland, i vilka 44 procent respektive 13 procent av godset transporteras på inre vattenvägar (SOU 2011:4 s. 67). Inom EU regleras inlandssjöfarten av fem EU-förordningar, sju EU-direktiv samt diverse konventioner och regler från *FN:s ekonomiska kommission för Europa (United Nations Economic Commission for Europe; UNECE)* och så kallade flodkommissioner (SOU 2011:4).

## 3 Teori

### 3.1 Miljöpåverkan från transporter

Användandet av olika transportslag för att exempelvis transportera gods ger upphov till olika miljöeffekter. Detta gäller inte minst utsläpp av olika ämnen till luft och atmosfär. Samtidigt är det inte utsläppen i sig som utgör de reella miljöeffekterna. Istället är det effekterna som genereras av utsläppen i ett orsakssamband som utgör dessa. Denna distinktion belyses av Bäckström (1999 s. 19):

*“Although, e.g. fuel consumption often leads to an environmental impact in preceding and proceeding steps, it cannot in itself be called an environmental impact. The real environmental impact can be defined as a change in the state or prospects for a natural, social or technical system. This impact will then contribute to a change in an observable variable, such as the number of species present in a habitat or the yearly increase of growing stock or cancer mortality per 1000 inhabitants. These changes can be denoted environmental effects.”*

Det är därför inte intressant att enbart studera vad som släpps ut i atmosfären, utan även vilka konsekvenser dessa utsläpp får för människa och miljö. Potter et al. (2013 s. 397) gör en rumslig uppdelning av transportsystemets miljöeffekter som härrör från energianvändning i mer regionala effekter å ena sidan och globala effekter å andra sidan. De mer regionalt förankrade miljöeffekterna gäller utsläpp av olika luftförorenare medan de globala effekterna främst utgörs av utsläpp av växthusgaser som påverkar den globala uppvärmningen. Som framgår i kapitel 1 fokuserar denna uppsats på transporters utsläpp av luftförorenarna svaveloxider, kväveoxider och partiklar samt av växthusgasen koldioxid.

Själva grundorsaken bakom transportsystemets utsläpp till luft är den höga andelen användning av fossila bränslen. Trots att lastbilar och fartyg i mångt och mycket är väsensskilda, har de dock den gemensamma nämnaren att de primärt drivs av fossila bränslen, i form av olika petroleumdestillat. Vid förbränning i fordonens motorer ger dessa bränslen upphov till en rad utsläpp till luft, som till exempel kolet som omvandlas till koldioxid. Respektive fossilt bränsle, som till exempel marin tjockolja eller lastbilsdiesel, skiljer sig åt mellan vilka typer och vilken mängd av luftförorenare som släpps ut vid förbränning (Stein & Powers, 2011 s. 10ff).

I en jämförelse mellan transportslag är det värt att belysa att varje transportslag har sina egna unika egenskaper samt för- och nackdelar. Sjöfart karaktäriseras av en hög kostnadseffektivitet och skalekonomiska fördelar. Tack vare fartygens storlek är kostnaden per tonkilometer i princip alltid lägre än med andra transportslag (Lumsden, 2012 s. 171). Kostnadseffektiviteten per transporterat ton kan även appliceras på de miljömässiga aspekterna vid transport. Mängden energi som krävs för att förflytta varje ton blir relativt sett lägre, varför också energiförbrukningen och miljöpåverkan blir relativt sett lägre per tonkilometer. IMO (2014) menar att sjöfarten globalt sett står för 2,2 procent av utsläppen av växthusgaser samtidigt som den transporterar så mycket som 90 procent av den globala godsvolymen. Däremot står sjöfarten i absoluta tal för en betydande andel av luftförorenare.

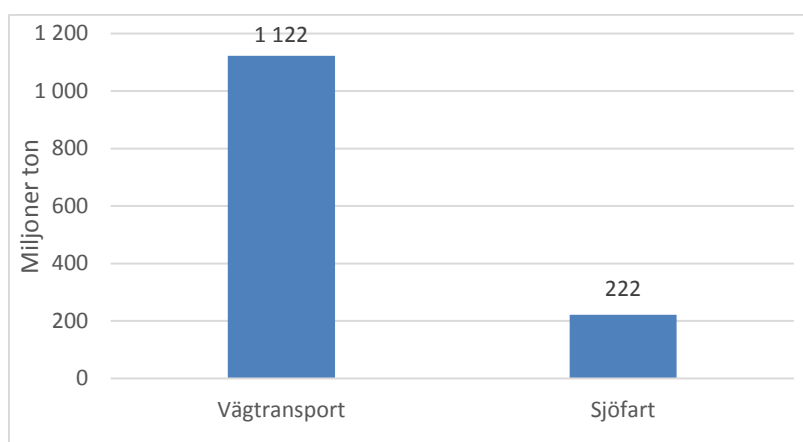
Lumsden (1995) påpekar att luftföroreningar, till följd av transporter, utgör ett mångdimensionellt problem; utsläppen kan inte enbart härröras till själva förbränningen av bränslet, utan bör också kopplas till processer längre upp i bränslets livscykel, som till exempel raffineringen av bränslet. Utsläppen från en transportaktivitet förenas efter en tid med andra utsläpp och miljösystem på en högre geografisk nivå och samverkar därmed med andra miljöeffekter som kanske inte ens har med transportsektorn att göra.

### **3.2 Koldioxid (CO<sub>2</sub>)**

Koldioxid bildas vid all förbränning av kolhaltigt organiskt material, som till exempel fossila bränslen som bensin och diesel. Koldioxidutsläpp som härrör från förbränning av fossila bränslen skiljer sig från de utsläpp som kommer av förbränning av biobaserat material (som till exempel skog). Detta beror på att fossil olja och kol har varit bundet i jordskorpan i miljontals år, medan kolet i biobaserade bränslen tagits upp av organismen under dess livstid. Vid

förbränning av bränsle från de fossila källorna ökar halten av koldioxid fortare än vad det hinner bindas av hav eller växter, varför växthuseffekten ökar då solens värmestrålning isoleras bättre av jordens atmosfär (Lumsden, 2012). Salo et al. (2016) framhåller att en minskning av koldioxidutsläppen i första hand handlar om att minska användandet av fossila källor, exempelvis genom att övergå till förnybar energi, eller att effektivisera energianvändningen. Förändringar av koncentrationen av växthusgaser i atmosfären påverkar jordens medeltemperatur genom den globala uppvärmningen. Trots att koldioxid är den mest förekommande växthusgasen, så finns det flera andra växthusgaser, som till exempel metan och dikväveoxid (lustgas). För att beskriva dessa olika gasers påverkan på växthuseffekten brukar effekten av dessa betecknas som koldioxidekvivalenter. De beskriver på så vis hur mycket koldioxid som de motsvarar ifråga om påverkan på klimatet. Den här uppsatsen fokuserar dock på utsläpp av koldioxid då andra växthusgaser primärt härrör från andra sektorer än transportsystemet som till exempel jordbruk.

Enligt IPCC (2015) stod transportsektorn för cirka 14 procent av de globala utsläppen av koldioxidekvivalenter år 2010, vilket i direkta tal motsvarar 6,7 miljarder ton. Enligt siffror från IMO (2015) genererade sjöfartssektorn utsläpp av 938 miljoner ton koldioxid (961 koldioxidekvivalenter). Detta motsvarar som nämnt cirka 2,2 procent av de totala utsläppen av koldioxid. Utsläppen från transporter på land kommer i första hand från fordon på väg och till en mindre del från järnvägstransporter. Landtransporter dominerar utsläppen av långlivade växthusgaser, men står också för utsläpp av mer kortlivade gaser och partiklar som påverkar luftkvaliteten. I sin helhet står vägtransporter för cirka 75-80 procent av det totala transportsystemets koldioxidutsläpp. Utsläppen från vägtransporter ökade stadigt under 1900-talet, trots att fordon ständigt blev mer energieffektiva. Ökade antal körda mil samt större och kraftfullare fordon har vägt upp utvecklingen av energieffektivare motorer. Motsvarande siffror för järnvägstransporter i Europa ligger på enstaka 1-3 procent (Uherek et al., 2010). De globala koldioxidutsläppen för år 2000 framgår i figur 2.



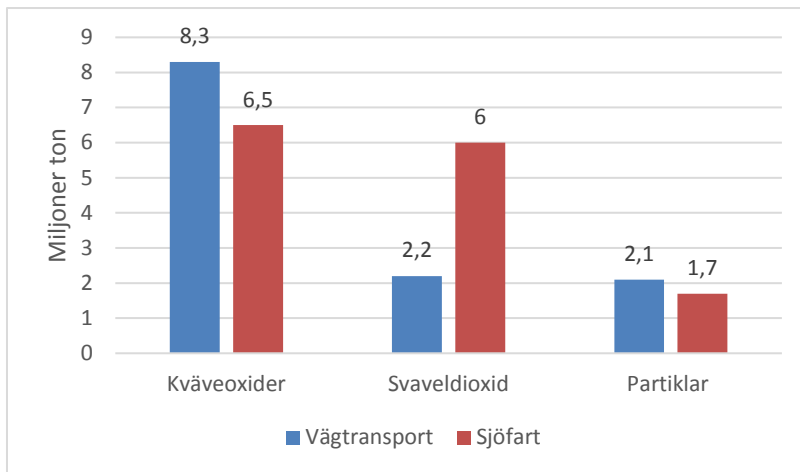
**Figur 2: Globala koldioxidutsläpp i miljoner ton från väg- respektive sjötransporter (Eyring et al., 2005).**

Regler kring utsläpp av koldioxid från sjöfart saknas och regleras inte i internationella överenskommelser som exempelvis Kyotoprotokollet eller Parisavtalet. Sjöfartens

internationella natur medför att koldioxidutsläppen inte kan allokeras till specifika, enstaka nationella ekonomier (Anderson & Bows, 2012). År 2013 införde dock IMO två tekniska regelverk i syfte att begränsa koldioxidutsläppen från sjöfarten. Den ena av dessa går under namnet EEDI (*Energy Efficiency Design Index*) och är ett obligatorium för nybyggda fartyg. EEDI är en indikator på hur energieffektivt ett fartyg är och ger en siffra på hur mycket koldioxid som släpps ut per tonkilometer. Beroende på fartygstyp och dödviktston finns det krav på lägsta energieffektivitet (Baldi, 2016). SEEMP (*Ship Energy Efficiency Management Plan*) är en typ av miljöledningssystem som är ett krav för alla fartyg. Syftet är att skapa rutiner för en mer energieffektiv operation av fartygen genom bland annat övervakning, datainsamling och förändrade procedurer (Johnson et al., 2013).

### **3.3 Svaveloxider (SO<sub>x</sub>)**

Svaveloxider (SO<sub>x</sub>) är ett paraplybegrepp som inbegriper en rad kemiska föreningar mellan svavel och syre, med negativa konsekvenser för miljön. Utsläppen av svaveloxider består till absolut största del av svaveldioxid (SO<sub>2</sub>) och till en mindre del av svaveltrioxid (SO<sub>3</sub>) (Salo et al., 2016 s. 186). Emissioner av svaveldioxid från transporter är direkt relaterat till svavelhalten i bränslet, vilket varierar beroende på bränsletyp. I samband med förbränningen i motorn reagerar svavlet med syret och bildar svaveloxider (Vestreng et al., 2007). I Europa har utsläppen av svaveldioxid minskat med 73 procent mellan 1990 och 2012, vilket i sin tur har medfört att svavelnedfallet har minskat med omkring 80 procent i Sverige under samma tidsperiod (Naturvårdsverket, 2015). År 2014 släpptes det ut 24 000 ton svaveldioxid i Sverige, varav de största utsläppskällorna var industri och el- fjärrvärmeproduktion med utsläpp av knappt 16 000 respektive drygt 6000 ton svaveldioxid. Eftersom utsläppen av svaveldioxid från sjöfart primärt kommer av just förbränning av svavelhaltiga fossila bränslen, har den kraftiga minskningen skett genom en minskad användning av exempelvis kol och eldningsolja, byte mot olja med lägre svavelhalt samt installation av reningsutrustning. Det är endast en mindre del av svaveldioxiden som kommer från transportsektorn, men denna del domineras emellertid av sjöfarten, som i stor utsträckning fortfarande använder svavelhaltigt bränsle. Svavelhalten i bensin, dieselolja och flygfotogen är låg, varför väg- och flygtransporter släpper ut begränsat med svaveldioxid (se figur 3) (Naturvårdsverket, 2016a.).



**Figur 3: Globala utsläpp av luftförorenare i miljoner ton år 2000 (Eyring et al., 2005).**

Svaveldioxid har negativa effekter både på hälsa och miljö. Överdriven exponering kan påverka och irritera ögon, hals och lungor. Sett till miljömässiga effekter är försurning ansett som det största problemet. I många regioner är just utsläpp och nedfall av svaveldioxid den primära orsaken till försurning (Salo et al., 2016 s. 186). Då svaveldioxid oxiderar i atmosfären, bildas svavelsyra som kan lösas upp i vatten, vilket leder till försurning av mark, sjöar och vattendrag genom så kallat surt regn (Naturvårdsverket, 2015). Detta grundar sig i en av svavelutsläppens egenskaper, nämligen att det kan färdas långt från själva utsläppskällan. Svavelnedfallet kan ske över 1000 kilometer från utsläppskällan, vilket gör svaveloxider till en luftförorenare som har regionala implikationer. Statsgränser är därmed oväsentliga och det faktum att utsläppen från sjöfart i många fall sker långt ifrån land är irrelevant (Salo et al., 2016 s. 188f). Detta kan exemplifieras med att år 2012 kom 90 procent av svavelnedfallet i Sverige från utländska källor, som till exempel Polen, Tyskland och sjöfart (Naturvårdsverket, 2016b). Värt att poängtera är att utsläpp av svaveldioxid även skapar nybildning av partiklar och påbyggnad av redan befintliga partiklar i atmosfären (se kapitel 3.5) (SMHI, 2014a).

Svavelutsläppens transnationella karaktär betonar vikten av att arbeta med en begränsning av dessa utsläpp från internationella verksamheter som just till exempel sjöfart. Utsläppen av svaveloxider regleras i *MARPOL annex VI regel 14*. I denna finns det bestämmelser kring bland annat gränserna för svavelinnehåll i fartygsbränslen. Sedan den 1 januari 2012 föreligger, globalt sett, en övre gräns på 3,5 viktprocent svavelinnehåll. För Sveriges kustvatten är dock gränserna betydligt hårdare. Då både Östersjö- och Nordsjöområdet ingår i en så kallad *emission control area* (ECA) ligger svavelgränsen sedan 1 januari 2015 på 0,1 procent svavelinnehåll (Cullinane & Bergqvist, 2014). Förutom MARPOL regleras svavelgränserna även i *EU-direktivet 2012/33/EU*, som inkorporerat bestämmelserna i *MARPOL annex VI regel 14* till tvingande lag inom EU. I europeisk lagstiftning finns därutöver ytterligare bestämmelser kring svavel. *EU-direktiv 1999/32/EC* reglerade svavelinnehållet i marin dieselolja och marin gasolja som används av fartyg i territorialvatten och inre vattenvägar. *EU-direktiv 2005/33/EC* implementerade bestämmelser om 1,5 procent svavelinnehåll i ECA-områdena, vilket då också gällde Nordeuropa. I direktivet sattes också en gräns på 1,5 procent svavelinnehåll på passagerarfartyg i trafik mellan EU-hamnar samt en gräns på 0,1 procent för alla fartyg

liggandes i hamn från och med den 1 januari 2010. Från och med 1 januari 2011 var svavelgränsen 10 ppm (0,001 procent) för fartyg på inre vattenvägar (Salo et al. s. 190ff). Genom hårda gränsvärden för svavelinnehåll i vägdiesel, genererar landtransporter enbart försumbara utsläpp av svaveloxider (Trafikanalys, 2015b). På grund av sjötransporternas bränsle kommer det mesta av transportsystemets svavelutsläpp från sjöfarten, men kring land (i synnerhet i ECA-områden) och för inlandssjöfart är kraven emellertid strängare. Förutom att byta till lågsvavligt bränsle, kan man även installera en så kallad skrubber-anläggning ombord på fartyget. Med en sådan är det möjligt att rena avgaserna från svaveloxider, trots att motorn fortsatt drivs med svavelhaltigt bränsle (Clean North Sea Shipping, 2016).

### 3.4 Kväveoxider (NO<sub>x</sub>)

Kväveoxider (NO<sub>x</sub>) inbegriper kemiska föreningar av syre och kväve. Kväveoxider beskrivs inte sällan som summan av kvävemonoxid (NO) och kvävedioxid (NO<sub>2</sub>). Kvävemonoxid reagerar dock med syret i atmosfären och omvandlas så småningom till kvävedioxid (Lenz et al., 2003). Kväveoxider bildas genom förbränning i motorer. Detta sker till största del som ett resultat av en oxidationsreaktion mellan kvävgas (N<sub>2</sub>) och syrgas (O<sub>2</sub>) som redan finns i luften. Gaserna reagerar med varandra under de höga förbränningstemperaturerna som förekommer i en förbränningsmotor. Kväveoxider kan dock även bildas om själva bränslet innehåller kväve, eftersom detta reagerar med syret i luften (Salo et al., 2016 s. 192). Magnusson (2014) betonar att mer än 90 procent av kväveoxiderna som bildas i förbränningsprocessen är kvävemonoxid som sedan oxiderar i atmosfären och omvandlas till kvävedioxid. Detta skiljer sig på så vis från bildandet av svaveloxider då det i deras fall är svavlet i själva bränslet som oxiderar, medan kväveoxiderna primärt bildas av kvävet som redan finns i luften och som behövs för förbränningen i motorn (Holm, 2013). Bildandet av kväveoxider är, som nämnt, starkt beroende av temperatur, men också av motorns varvtal. Ett reducerat varvtal i motorn förlänger tiden för kväveoxidbildning (Magnusson, 2014 s. 33). Detta samband mellan motorns varvtal och utsläpp av kväveoxider kan beskrivas som gram NO<sub>x</sub>/kWh. Kraven och gränserna för utsläpp av kväveoxider reglerar just detta samband (Salo et al., 2016 s. 194).

Utsläpp av kväveoxider har en negativ inverkan på miljön på flera sätt. Dels leder utsläppen till övergödning av vatten och mark samt försurning av desamma. Dessutom leder utsläpp av kväveoxider till bildande av marknära ozon och partiklar. Kväveoxider har även effekter på människans hälsa genom att de irriterar andningsvägarna (Magnusson, 2014 s. 15f). Globalt står vägtransporterna för den största mängden av kväveoxidutsläpp (se figur 3). År 2014 släpptes det ut 136 000 ton kväveoxider i Sverige, vilket är en halvering sedan 1990. 40 procent av utsläppen kommer från transportsektorn, varav den största delen härrör från personbilar samt både lätta och tunga lastbilar (Naturvårdsverket 2016c). 15 procent av alla kväveoxidutsläpp kommer från fartyg. Då omkring 70 procent av dessa sker inom en zon av 400 km från land förorenas många kustområden av dessa utsläpp, i likhet med svaveloxider (Eyring et al., 2010). För att begränsa utsläppen av kväveoxider kan katalysatorer användas för avgasrening.

Utsläppen av kväveoxider regleras i flera lagrum. För sjöfartens vidkommande finns det regler i *annex VI regel 13 i MARPOL 73/78*. Reglerna gäller motorer med en effekt överstigande 130 kW som ska installeras ombord på fartyg eller redan installerade motorer som skall genomgå någon form av modifiering efter 1 januari 2000. I bestämmelserna finns en indelning av tre olika nivåer för utsläpp av kväveoxider, så kallade *Tier I, II* och *III* (se tabell 4). Reglerna sätter maxgränser på utsläpp antal gram NO<sub>x</sub> per kWh vid olika varvtal i motorerna.

**Tabell 4: Utsläppsgränser för kväveoxider (IMO, 2016).**

|                 | Var?    | Vad?   | Krav - antal g NO <sub>x</sub> /kWh vid specifika varvtal (rpm) |                                 |                          |
|-----------------|---------|--|---|---------------------------------|--------------------------|
|                 |         |  | Rpm <130<br>(lågvarvig)   | Rpm 130 -1999<br>(mellanvarvig) | Rpm >2000<br>(högvarvig) |
| <b>Tier I</b>   | Globalt | Dieselmotorer byggda 1 jan 2000 och 1 jan 2011 | 17,0  | 45·rpm <sup>(-0.2)</sup>        | 9,8                      |
| <b>Tier II</b>  | Globalt | Dieselmotorer byggda efter 1 jan 2011          | 14,4  | 44·rpm <sup>(-0.23)</sup>       | 7,7                      |
| <b>Tier III</b> | ECA     | Alla fartyg som seglar i zonen.                | 3,4   | 9·rpm <sup>(-0.2)</sup>         | 2,0                      |

*Tier I* gäller för hela världen för driften av dieselmotorer installerade ombord på fartyg byggda mellan 1 januari 2000 och 1 januari 2011. *Tier II* gäller fartyg byggda efter januari 2011. *Tier III* gäller i så kallade utsläppskontrollområdena (ECA) (Magnusson, 2014 s. 19ff). Värt att poängtera är att Sverige eller Nordeuropa inte ingår i någon ECA för kväveoxider. Däremot har svenska Sjöfartsverket instiftat ekonomiska styrmedel, i syfte att reducera utsläppen, genom så kallade differentierade farledsavgifter. Dessa innebär att fartyg utrustade med katalysator får rabatt på sina farledsavgifter (Sjöfartsverkets föreskrifter 2014:8).

Sett till vägtransporter finns det stränga krav för utsläppsnivåer av kväveoxider. Sedan 1982 har avgasutsläpp från tunga fordon reglerats i Europa då gränsvärden för utsläpp av bland annat kväveoxid instiftades. Sedan 1995 har kraven på lastbilstillverkarna skärpts genom ett successivt införande av EU-standarder, så kallade *Euro-klasser*. Den senaste Euroklassen, *Euro VI*, trädde ikraft i januari 2014 och sätter gränser för nya lastbilsmotorers utsläpp av bland annat kväveoxider (Trafikanalys, 2015b).

### 3.5 Partiklar (PM)

Svenska akademien definierar *partikel* som ”smådel av ett ämne eller av materia”. Partiklar är på så vis ett mycket vitt begrepp, men avser i sammanhanget partiklar med en storlek på upp till tio mikrometer i en aerosol. Aerosol definieras av samma källa som ”gas med däri svävande partiklar av vätska eller fast ämne”. Avgaser, spray och rök är således exempel på aerosoler.

90 procent av partikelmassan i atmosfären uppstår till följd av naturliga processer, så som geologisk aktivitet, sandstormar eller skogsbränder. De resterande partiklarna är antropogena,

det vill säga de har skapats till följd av mänsklig aktivitet. (NASA, 2010). Antropogena partiklar är dock generellt av mindre storlek och har andra kemiska sammansättningar, vilket påverkar miljö och hälsa mer negativt än de större. Dessa mindre partiklar bildas till följd av ofullständig förbränning av fossila bränslen i transport-, energi- och industrisektorn (Salo et al., 2016 s. 202-203). Enligt figur 3 ovan uppgår de årliga globala utsläppen av luftburna partiklar till 1,7 miljoner respektive 2,1 miljoner ton från sjöfart och vägtrafik.

Hur man mäter och anger partikelinnehållet i en aerosol är, på grund av partiklarnas ringa storlek och dess fysikaliska egenskaper, inte alldeles självklart. Ett väletablerat sätt att beskriva partiklar är att använda begreppet *PM (particulate matter)*, det vill säga partikelmassa. Partiklar delas då ofta in i tre olika storleksordningar; PM10 innebär partiklar med en diameter mindre än 10 $\mu$  (mikrometer), medan PM2,5 är partiklar om max 2,5  $\mu$ m. Ännu mindre partiklar brukar benämnas som ultrafina, och har då en diameter på mindre än 0,1  $\mu$ m. Mätning av partiklarnas storlek är av naturliga skäl svårt att utföra på traditionellt vis, och sker därför genom studier av hur de rör sig i en aerosol (Pihlava et al., 2013 s. 5). Från att beskriva partikelutsläpp efter partiklarnas storlek, har fokus i många mätningar flyttats till att studera antalet partiklar som emitteras till luft. Att mäta partikelemissioner på detta sätt ger andra mätresultat, eftersom finare partiklar står för en liten del av massan men en större del av antalet partiklar i luften (Salo et al., 2016 s. 202). Detta sätt att mäta partiklar benämns som *PN (particulate number)* och tar sig bland annat uttryck i Euro 6-standarden för lastbilsutsläpp, där den angivna gränsen för partikelutsläpp är satt i både partikelmassa och i antalet partiklar (Pihlava et al., 2013 s. 26).

Salo et al. (2016 s. 205-206) framhåller en miljömässig målkonflikt mellan utsläpp av partiklar kontra kväveoxider från sjöfarten. En minskad injektionshastighet i förbränningsmotorn ger upphov till längre förbränningstid och högre temperatur i cylindern, vilket ger en mer fullständig förbränning av bränslet och därmed lägre partikelemissioner. Dock leder detta även till högre motortemperatur och därmed ökade utsläpp av kväveoxider. Även svavel- och partikelutsläpp har ett samband, då bränslets svavelhalt och motorns utsläpp av svaveldioxider är faktorer som påverkar partikelutsläpp.

Luftburna partiklar medför en rad negativa miljöeffekter. Beroende på kemisk sammansättning bidrar de till förändrad strålningsbalans och därmed höjning kontra sänkning av temperaturen i atmosfären och påverkar därmed klimatet. Partikelemissioner påverkar även atmosfärens molnbildning och sikt. Det torde emellertid vara de negativa hälsoeffekterna som har väckt störst uppmärksamhet bland allmänheten; fina och ultrafina partiklar (<2,5 $\mu$ m) kan tränga långt in i luftvägarna och bland annat orsaka hjärt-, kärl- och lungsjukdomar. Partikelföroreningar utgör således ett globalt hälsoproblem, och man räknar med att 800 000 människor per år dör i förtid på grund av höga partikelhalter i urbana områden (SMHI, 2014b).

Liksom för andra typer av luftförorenare har EU satt gränsvärden för tillåtna utsläpp av partiklar från vägtransporter i och med Euro-standarden för vägtrafik. Däremot saknas regelverk och utsläppsgränser av partiklar när det gäller oceangående sjöfart. Som tidigare nämnt finns



emellertid nivåer i *MARPOL 73/78* för tillåtna svavelutsläpp, och eftersom sådana utsläpp ger upphov till ökade partikelemissioner kan regelverket för svavelutsläpp i någon mån ses som en begränsande faktor även för tillåtna partikelutsläpp. Vad gäller inre vattenvägar inom EU så uttrycks utsläppsgränserna för partiklar som gram per kWh vid olika motorstorlekar. Dessa gränser ligger på 0,2-0,5 gram per kWh. Enligt en proposition från EU-kommissionen ska regleringen för partikelemissioner för fartyg på inre vattenvägar framöver överensstämja med utsläppsreglerna för Euro 6-standarden för vägtrafik, mätt i antal partiklar (Salo et al., 2016).

## 4 Metod

### 4.1 Fallstudier

Denna studie är primärt en fallstudie över sjöfarten i Västsverige, det vill säga på Göta älv och Vänern, och dess inverkan på miljön. En fallstudie syftar till att, utifrån ett specificerat syfte, beskriva ett specifikt samtida fenomen på djupet. Slutsatserna från detta specifika fall är oftast inte generaliserbara och forskaren gör därför inte anspråk att dessa kan appliceras på andra fall (Höst et al., 2006 s. 33f). En fallstudie fokuserar på en eller några enstaka förekomster av ett särskilt fenomen, i syfte att generera en djupare redogörelse för bland annat händelser, processer och förhållanden i detta separata fall. Inriktningen på endast en undersökningsenhet, i detta fall miljöeffekter av en fullt utvecklad inlandssjöfart till och från Vänern kontra en helt avvecklad, skapar möjlighet att studera och därigenom förstå detta unika och komplexa fall på en djupare nivå (Denscombe, 2009 s. 59f).

Uppsatsen vilar på två olika fundament: dels behandlar studien miljöeffekterna vid två olika scenarier för Vänersjöfarten och dels försöker studien identifiera faktorer som kan leda till respektive scenario. Genom att vi genom insamlad empiri gör anspråk på hur det förhåller sig i verkligheten, vilar studien på en induktiv ansats (Denscombe, 2009 s. 62). Sjöfarten i allmänhet och inlandssjöfarten i synnerhet framhålls ofta som ett miljövänligt transportslag. Sjöfartens roll och reella miljöeffekter i Västsverige är någonting som denna rapport ämnar att undersöka. Stämmer den positiva bilden av sjöfarten överens med verkligheten och innebär sjöfarten relativt sett miljövänligare godsflöden i Västsverige jämfört med landtransporter?

För att i resultatavsnittet kunna presentera sjöfartens och landtransporternas miljöeffekter ifråga om utsläpp till luft har det varit av vikt att sätta godsflödena i en kontext. Av denna anledning har det genomförts en arkivanalys för att kunna formulera två olika scenarier för sjöfarten i framtiden, år 2030. Vid genomförandet av fallstudier är det inte ovanligt att forskaren utför en arkivanalys, vilket går ut på att forskaren går igenom dokumentation som tagits fram, dock i ett annat syfte än den aktuella studien (Höst et al., 2006 s. 35).

Designen av en fallstudie är flexibel i det avseendet att det är möjligt att förändra forskningsfrågor och inriktning under studiens gång (Höst et al., 2006 s. 35). Detta är också någonting som skett flertalet gånger under skrivprocessen, då vi stegvist fått större förståelse

för denna komplexa situation med regionala intressen som både kan stärka och motverka en utveckling mot en utvecklad sjöfart. Oavsett är det intressant att se vad en utvecklad sjöfart ur en miljösynpunkt skulle innebära för regionen.

Förutom arkivanalysen har även en kvantitativ metod används, i det avseendet för att bedöma godsflödena till och från Väneren. För att kartlägga godsflödena idag och därigenom ha referensvärden för att kunna formulera framtida scenarion för Vänersjöfarten, har sekundära data i form av officiell statistik använts. Denscombe (2009) påpekar att en av fallstudiens absoluta styrkor är att forskaren tillåts använda flera olika datatyper och metoder i studien.

## 4.2 Nätverket för Transporter och Miljön (NTM)

För att beräkna miljöpåverkan från transporter har författarna varit i kontakt med *Nätverket för Transporter och Miljön (NTM)*; en ideell förening grundad 1993 med syfte att skapa en homogen metod för hur miljöpåverkan och miljöprestanda för olika transportslag skall beräknas och därmed kunna förbättras. De effekter från transportsektorn som NTM strävar efter att kvantifiera är bland annat utsläpp till luft och användning av naturresurser. NTM-metoden är primärt framtagen för köpare och säljare av transporter, så att dessa kan bedöma transporternas miljöpåverkan. NTM:s uttalade målsättning är att vara en på sikt ledande och oberoende leverantör av miljödata för transportsektorn. Den successiva metodutvecklingen sker i samverkan med internationellt erkända experter inom transport och logistik. Resultatet av detta arbete gestaltar sig i flera digitala verktyg, vilka kan användas av medlemmarna i nätverket för exempelvis systematiska miljöförbättringsarbeten (NTM, 2016a). Den här studien har genomförts med hjälp av verktyget *NTM Calc. 4.0*.

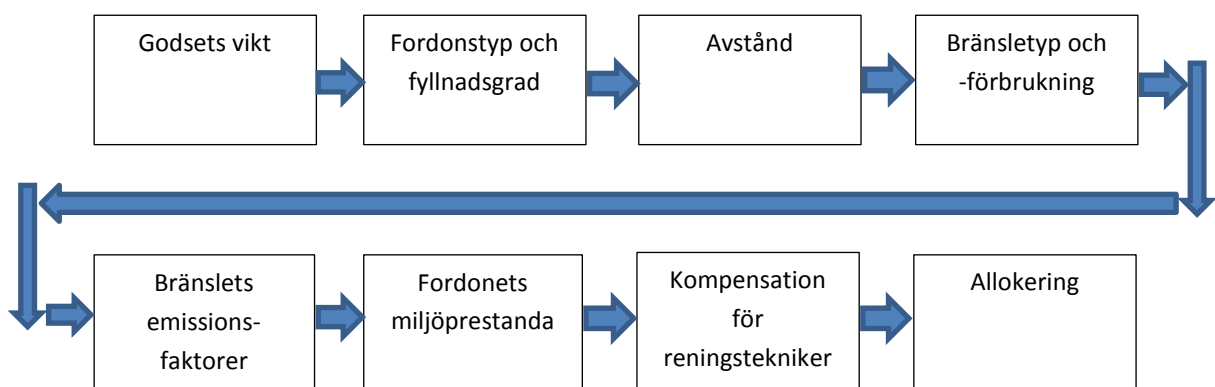
### 4.2.1 Miljöberäkning enligt NTM-metoden

*NTM Calc. 4.0* är en applikation som baserar sig på den så kallade NTM-metoden, vilken används av åtskilliga företag och myndigheter i Sverige. Metoden bygger på några grundkoncept (NTM, 2016b):

- *Kalkylobjektet* är själva föremålet för uträkningen, det vill säga fordonstyp. Kalkylobjekten i den här studien är bulkfartyg om 4000 dödviktston (Vänermax) samt tung lastbil med släp om 30 ton. Anledningen bakom valet av typ av lastbil är att denna används som referens för liknande jämförelser i Inre vattenvägsutredningen (SOU 2011:4).
- *Kalkylmodellen* bestämmer vilken beräkning som skall genomföras på kalkylobjektet, som till exempel transport av en viss mängd gods från punkt A till punkt B.
- *Transportaktivitet* är kombinationen av *kalkylobjektet* och en *kalkylmodell*, det vill säga fordonstypen utförandes exempelvis en godstransport.

Själva beräkningsprocessen av transporternas miljöpåverkan sker utifrån flertalet variabler och parametrar. En schematisk bild över hur NTM-metoden är uppbyggd återfinns i figur 4.

Inledningsvis måste man ha siffror på mängden gods som transporteras. Därefter måste fordonstypen definieras och hur mycket av detta som utnyttjas. Därefter bestäms avståndet i kilometer som godset skall transporteras. Vidare definieras vilket bränsle som den valda fordonstypen drivs av samt hur många liter bränsle per kilometer som den valda fordonstypen förbrukar. Bränslet har vissa emissionsfaktorer och ett visst energiinnehåll som också måste definieras. Därefter bestäms det valda fordonets miljöprestanda i form av maxgränser för utsläpp. Eventuell kompensation för katalysatorer görs. Avslutningsvis allokeras miljöpåverkan för försändelsens andel av den totala lasten. Detta sista steg är dock inte tillämpligt här då denna studie inte tar hänsyn till dellaster. Genom att använda denna beräkningsmodell kan de totala utsläppen per år samt utsläpp per tonkilometer för både lastbilstransporter respektive inlandssjöfart avgöras.



Figur 4: Schematisk figur av NTM-metoden (modifierad från NTM, 2016c).

## 5 Resultat

### 5.1 Faktorer för och emot inlandssjöfart i Västsverige

Göta älv/Trollhätte kanal, den så kallade farled 955, är utpekad som riksintresse för sjöfart, då denna förbinder Vänerens hamnar med Kattegatt och Västerhavet. Ett riksintresse är ett mark- eller vattenområde som anses viktigt på nationellt plan, vilket den kommunala och regionala planeringen inte får skada (Boverket, 2016). I och med utpekandet som riksintresse utgör farled 955 en viktig länk i Sveriges transportsystem. Rumsligt sett längs farleden, finns det dock andra intressen, som i flera fall kontrasterar mot detta sjöfartsintresse. Dessa har primärt manifesterat sig i olika tvärförbindelser över Göta älv, som på olika sätt har blivit eller riskerar att bli hinder för sjöfarten. De senaste åren har präglats av en bitvis hätsk debatt kring den nya broförbindelsen mellan centrala Göteborg och Hisingen. Även järnvägsbron till Göteborgs hamn har varit föremål för diskussion. Den kanske viktigaste faktorn mot en utvecklad sjöfart är dock slussarna i Trollhättan, kring vilka det råder en viss osäkerhet kring huruvida dessa skall läggas ned eller rustas upp.

### **5.1.1 Götaälvbron och Hisingsbron**

#### Bakgrund

Den första av de tvärförbindelser över Göta älv sett från havet, som kan sägas utgöra en begränsande faktor för sjöfarten, är Götaälvbron och dess framtida ersättare Hisingsbron. Götaälvbron byggdes år 1939 och betraktas vara uttjänt till år 2020. Pelarnas stålkonstruktion börjar bli spröd, varför en ny bro är nödvändig (Göteborgs stad, 2016a). Götaälvbron är en öppningsbar klaffbro och utgör en mycket viktig trafikled för Göteborg. Dagligen passerar stora mängder kollektivtrafik bron, som utgör den enda spårvagnsförbindelsen mellan centrala Göteborg och Hisingen. Götaälvbron har en segelfri höjd om 18,3 meter vid mittspannet, vilket har möjlighet att öppnas för passerande fartyg som annars inte får plats. Broöppning kan ske dygnet runt, men undviks under rusningstid mellan klockan 06.00–09.00 och 15.00–18.00 på vardagar (Sjöfartsverket, 2013). År 2009 trafikerades bron i genomsnitt av 2400 kollektivtrafikfordon per dygn (Göteborgs stad 2009a).

#### Utgångspunkt i översiktsplan

Redan 2009 konstaterades att nollalternativet, det vill säga alternativet att inte konstruera en ny älvförbindelse utan att istället reparera Götaälvbron, inte skulle vara en realistisk lösning. Detta på grund av de bärande stålpelarna oavsett behöver bytas ut, vilket kan likställas med att bygga en helt ny bro (Göteborgs stad, 2009a). I Göteborgs stads översiktsplan (2009b) definieras en ambition om att Göteborgs centrum skall utvecklas på båda sidor om Göta älv och att en sådan utveckling enbart är möjlig om förbindelserna över älven förbättras för alla trafikslag. Göteborgs stad uttrycker därmed en vilja att förbinda älvstränderna med lägre broar. Att utreda hur Vänersjöfarten skall fungera framhålls som en grundläggande stadsbyggnadsfråga och därför betonas att inblandade parter måste skapa en gemensam helhetssyn på brofrågorna. Det är värt att poängtera att Göteborgs stad säger sig acceptera att Göta älv utgör ett riksintresse för sjöfart, men vad som ”påtagligt kan försvåra” riksintresset måste definieras så att sjöfartsintressena och stadsutvecklingen ska kunna mötas.

#### Detaljplanen

Planeringsarbetet med samråd och konsekvensbeskrivningar resulterade i en detaljplan för Hisingsbron. I planen framgår det att höjden på bron blir cirka 13 meter, vilket ger en seglingsfri höjd om cirka 12 meter (Göteborgs stad, 2014). Parallellt med planarbetet genomfördes en internationell designtävling. Det vinnande förslaget utgörs av en cirka 350 meter lång bro med en lyftbar mittsektion, vilken bärs upp av fyra stycken 30 meter höga pyloner (Dissing+Weitling, 2016). Den lägre brohöjden ger bland annat möjlighet till bebyggelse och stadsutveckling runt i anslutning till de tidigare brofästena vid älvstränderna. Detta eftersom en stor del mark lösgörs i och med kortare påfartsramper, men också genom att älvstränderna knyts samman bättre med minskade geografiska barriärer (Göteborgs stad, 2014).

### Riksintresset

Trafikverket (2011b) poängterar att om en ny älvförbindelse i form av en mellanhög bro på cirka 13 meter byggs, kan inte dagens handelsfartyg passera utan broöppning. Detta gäller även en stor del av andra mindre fartyg, som till exempel segelbåtar. Behovet av broöppningar ökar betydligt med den lägre brohöjden, vilket i sin tur påverkar kollektivtrafikflödena mellan Göteborgs centrum och Hisingen. Hur som helst anser Trafikverket att riksintresset för Vänersjöfarten är tryggt om minst 15 handelsfartyg kan passera längs Göta älv per dygn samt att en bropassage kan garanteras per timma (undantaget under rusningstrafiken). Dock framhäver Trafikverket ett behov av att etablera ett trafikledningssystem för att kunna samordna sjöfarten med trafiken på tvärförbindelserna över Göta älv (se kapitel 5.1.4).

I detaljplanen för den nya Hisingsbron nämns också riksintresset för sjöfart. Planen medger att riksintresset berörs genom att Hisingsbron får en höjd om cirka 13 meter. Valet av höjd är en kompromiss mellan olika intressen. Kommunen menar dock att detaljplanen inte *påtagligt* påverkar riksintresset negativt eftersom bron är öppningsbar. Vid vilka tider som bron kommer att öppnas för sjöfarten framgår inte i planen (Göteborgs stad, 2014 s. 29).

### Beslut, domslut och överklaganden

Trafiknämnden i Göteborgs stad beslöt om en brohöjd på 13 meter i juni 2012, vilket föranledde att Göteborgs stad sökte tillstånd hos Mark- och miljödomstolen för att få anlägga den nya bron i enlighet med den då kommande detaljplanen. Domen kom den 15 september 2014 och medgav bland annat tillstånd att anlägga ny bro samt utföra därtill relaterade muddringsarbeten i Göta älv. Detta under en rad villkor, som till exempel att detaljplanen vinner laga kraft och att Göteborgs stad verkar för att ett trafikledningssystem införs (Mark- och miljödomstolen, 2014). Domslutet ställde sig bakom Trafikverkets bedömning om vilka krav som skall gälla för att riksintresset för sjöfart skall anses vara tryggt.

En rad olika aktörer har låtit yttra sig rörande anläggande av en ny bro. Bland andra har rederier med trafik på älven yrkat för ett avslag i Göteborgs stads ansökan. Likartade yrkanden har också getts av företag och kommuner belägna längre upp längs Göta älv och Vänern. I dessa yrkanden framgår det att dessa aktörer anser att den lägre brohöjden strider mot riksintresset för sjöfart. I yttrandet från rederierna uttrycks emellertid en förståelse att Göteborg har ett intresse för gestaltningen av bron och stadsutveckling. Däremot uttrycker de en oförståelse för att dessa intressen prioriteras framför brons primära funktion. De anser därför att brohöjden skall vara oförändrad (Mark- och miljödomstolen, 2014). Ale kommun menar att en lågbro avsevärt försvårar möjligheten att bedriva sjöfart på älven, vilket i sin tur kan leda till att den helt kommer att läggas ner eller reduceras kraftigt, något som ökar antalet lastbilstransporter i regionen.

Det dröjde inte lång tid förrän Mark- och miljödomstolens domslut överklagades till Svea Hovrätt. Överklagandet kom från bland annat sju kommuner kring Göta älv och Vänern, Sjöfartsverket samt en privatperson. Primärt yrkade dessa på att Mark- och miljödomstolens dom skulle upphävas, eftersom de ansåg att den nya bron påtagligt skadar sjöfarten och

därigenom näringslivet kring Göta älv och Vänern (Svea Hovrätt, 2014). Domen kom den 4 maj 2016 och slog fast Mark- och miljödomstolens beslut, utom i ett avseende: istället för att Göteborg enbart skall verka för ett trafikledningssystem upprättas på Göta älv, har Svea Hovrätt istället beslutat att Göteborgs stad är skyldiga att se till att det existerar ett driftklart trafikledningssystem senast när Hisingsbron tas i bruk (Svea hovrätt, 2016).

Även själva detaljplanen för Hisingsbron har blivit överklagad. Ale kommun överklagade Göteborgs kommunfullmäktiges beslut att anta detaljplanen till Länsstyrelsen. Detta ogillades varpå Ale kommun överklagade detta beslut i sin tur till Mark- och miljödomstolen (Länsstyrelsen i Västra Götaland, 2015). Denna process var emellertid inte särskilt fruktsam då Mark- och miljödomstolen avlog denna överklagan den 2 maj 2016 (Andersson, 2016, 3 maj).

### **5.1.2 Slussarna i Trollhättan**

#### Bakgrund

Vänerns medelvattenstånd över havet ligger på cirka 44 meter, vilket i sig utgör ett hinder för att bedriva sjöfart på Göta älv. Denna höjdskillnad mellan Kattégatt och Vänern överbryggas med sex stycken slussar i Trollhätte kanal (se kapitel 2). Dagens slussar stod färdiga år 1916 och anses idag nära sig slutet på sin tekniska livslängd. Detta beror främst på grund av en naturlig urlakningsprocess av betongen. Nedbrytningen kan tillfälligt bromsas, men på sikt är den ofrånkomlig. Genom analys av borrprover från betongen i slussarna, anses livslängden på slussarna vara begränsad till cirka år 2030, förutsatt att kontinuerliga reparationer utförs. Att utföra en ombyggnad av slussarna skulle innebära ett stopp för sjöfarten på älven under en eller flera längre perioder. En reparation och förstärkning skulle dessutom kunna minska bredden på slussarna, vilket skulle omöjliggöra passager av dagens Vänermax (Trafikverket, 2013a).

#### Den nationella transportplanen 2014-2025

Trafikverket genomförde en så kallad stråkstudie över Göta älv, vilken presenterades i april 2013 som ett beslutsunderlag inför Trafikverkets åtgärdsplanering 2014-2025. Åtgärdsplaneringen är en del av den nationella planen för transportsystemet. I utredningen konstateras att en fortsatt Vänersjöfart kräver nya slussar i Trollhätte kanal. Genom att anlägga nya slussar kan dessutom sjöfarten fortsatt bedrivas under själva byggtiden. Kostnaden för nya slussar är beräknad till 2,8 miljarder kronor i 2012 års penningvärde. För att motivera en sådan investering krävs ökade godsmängder på Göta älv, vilket Trafikverket anser kommer bli verklighet, bland annat genom införandet av EU-direktivet om inlandssjöfart på inre vattenvägar. Trots Trafikverkets egna beslutsunderlag, i form av stråkstudien, behandlades inte slussarna i Trollhätte kanal överhuvudtaget i den nationella planen för transportsystemet 2014-2025 (Trafikverket, 2014). Av de 18 utpekade och prioriterade infrastrukturprojekten i Västra Götaland, utelämnas slussarna i Trollhättan helt. Dock ingår slussarna som en utpekad ”namngiven brist” i den nationella planen, varför Trafikverket år 2015 initierade en fördjupad utredning för huruvida det skall byggas nya slussar eller inte (Trafikverket, 2015).

### Väneröverenskommelsen

Under september 2002 undertecknade en rad, mer eller mindre regionala, aktörer den så kallade Väneröverenskommelsen tillsammans med svenska staten genom Näringsdepartementet. Bland avtalsparterna återfinns bland andra sju kommuner kring Vänern, Region Värmland, Västra Götalandsregionen, Göteborgs hamn AB, Sjöfartsverket samt ett par företag, som till exempel Lantmännen och rederier med verksamhet på Göta älv och Vänern. I överenskommelsen betonar avtalsparterna Vänersjöfartens nationella vikt och betydelse för regionen. Syftet med Väneröverenskommelsen var att öka Vänersjöfartens effektivitet och sänka dess kostnader för att på så vis stärka näringslivets utveckling. Vänersjöfartens verksamhetsförhållanden skulle utvecklas så att en konkurrensneutralitet gentemot andra transportslag skulle kunna uppnås. Överenskommelsen består av 14 paragrafer som var och en förpliktigar någon eller några av avtalsparterna till någon prestation för Vänersjöfartens utveckling. Paragraf 13 utmärker sig dock med följande ordalydelse: ”Staten, genom Sjöfartsverket, garanterar Trollhätte kanals fortbestånd och standard genom långsiktigt underhåll och investeringar” (Näringsdepartementet, 2002). Runnsjö och Lindgren (2014) menar att åsikterna går isär kring huruvida staten har bundit sig att bibehålla Trollhätte kanals standard. Enligt en representant för Trafikverket är Väneröverenskommelsen inte mer än en avsiktsförklaring med föga juridisk verkan. Andra aktörer menar att överenskommelsen är bindande och staten skulle bli skadeståndsskyldig mot övriga avtalsparter om inte de inte presterar enligt avtalet.

### Arbete för slussarna

Det finns flera aktörer kring Vänern och Göta älv som under de senaste åren lobbat för att säkerställa slusskapaciteten i Trollhättan. Handelskammaren Värmland (2016) menar att infrastrukturen i regionen måste underhållas och byggas ut för uppnå fortsatt konkurrenskraft. För att uppnå hållbara godstransporter framhävs Vänersjöfarten som en viktig komponent. Vänersjöfarten beskrivs som ett flexibelt, hållbart och säkert sätt att transportera gods med stor kapacitet. Dessutom betonas dess roll för att avlasta väg- och järnvägsnätet. För Vänersjöfartens fortlevnad framhålls dock den oundvikliga nödvändigheten att bygga nya slussar. Handelskammaren säger sig därför arbeta för att nybyggnadsprojekt av nya slussar förs in den nationella planen för transportsystemet 2018-2029.

#### **5.1.3 Marieholmsbroarna**

Utöver Götaälvsbron/Hisingsbron finns det ett annat fysiskt hinder för sjöfarten på Göta älv, nämligen tvärförbindelserna Marieholmsbroarna. Den äldre Marieholmsbron är en lyftsvängbro som stod klar 1996, på vilken Bohusbanan löper över, som på Hisingen kopplar an till Hamnbanan. Hamnbanan är sin tur Göteborgs hamns koppling till det nationella järnvägsnätet (Trafikverket, 2011a). Marieholmsbron har en seglingsfri höjd på 5,8 meter, vilket är avsevärt lägre jämfört med Götaälvsbron och dess planerade ersättare. Denna låga höjd medför att behovet av antalet broöppningar vid fartygspassager ökar. Exempelvis behövde Marieholmsbron öppnas 3387 gånger under 2007, vilket är omkring tre gånger så mycket som Götaälvsbron 1113 broöppningar samma år (Göteborgs stad, 2009c).

Strax söder om den äldre Marieholmsbron beslöt Trafikverket i december 2010 att anlägga en likadan bro, för att på så vis få dubbelspårkapacitet över Göta älv (Trafikverket, 2010). Den nya bron fick namnet Södra Marieholmsbron och invigdes den 31 mars 2016 (Andersson, 2016, 31 mars). Anläggandet av bron är en av fem utbyggnadsetapper till dubbelspår på Hamnbanan. Syftet med den nya bron är därför att öka kapaciteten till och från Göteborgs hamn och på så vis säkerställa framtida godstransporter på järnväg (Göteborgs stad, 2012). Enligt Trafikverket (2011a) kommer järnvägskapaciteten över Göta älv öka från dagens 147 tåg, varav 105 godståg och 42 persontåg, till 156 godståg och 44 persontåg per dygn.

Marieholmsbroarna är en ofrånkomlig barriär för sjöfarten på Göta älv, eftersom sjöfarten under broarna måste samspela med tågtrafiken på broarna. Marieholmsbroarna opereras av Trafikverket och har som utgångspunkt att undvika broöppningar under pendeltågens rusnings- trafik (Viktoriainstitutet, 2015). Broöppningarna är inte reglerade i någon tidtabell, men den rådande principen är att tågtrafiken har företräde. Vissa fartyg måste dock släppas fram oberoende av korsande tågtrafik, som till exempel fartyg på väg nedströms med svårigheter att stanna. Sådana broöppningar skapar stora följdörseningar för tågtrafiken (Banverket, 2006).

Marieholmsbroarna och dubbelspåret på Hamnbanan utgör en viktig infrastrukturinvestering för Göteborgs hamn. Göteborgs hamn är i sig utpekad som ett riksintresse, vilket också inbegriper anslutande infrastruktur (Länsstyrelsen Västra Götalands län, 2007). Detta skapar således en konflikt mellan olika riksintressen för sjöfart, i och med att Vänersjöfarten ställs mot oceansjöfarten från Göteborgs hamn. I ett yttrande till detaljplanen för Södra Marieholmsbron betonar Göteborgs Hamn AB betydelsen av bron och dubbelspåret för att kunna fördubbla hamnverksamheten till år 2020 jämfört med år 2012 samt att öka andelen järnvägstransporter gentemot andelen vägtransporter. Hamnens järnvägspendel är enligt hamnen själva viktig för att uppnå de så kallade nationella klimatmålen (Göteborgs stad, 2012). Genom att använda järnvägspendlarna istället för lastbilstransporter reduceras utsläppen av koldioxid med ca 60 000 ton per år. Utsläppsreducering och därigenom att uppnå en klimatneutralitet har varit ett viktigt mål för Göteborgs Hamn AB. Med flera åtgärder, däribland tågpendlarna, blev detta mål uppnått under 2015 (Göteborgs Hamn AB, 2015).

#### **5.1.4 Trafikledningssystemet GOTRIS**

Som ovan nämnt slog Svea Hovrätt fast Mark- och miljödomstolens beslut ifråga om tillståndsprövningen för den nya Hisingsbron. Dock ändrades ett villkor om att Göteborgs stad inte bara skall verka för att ett trafikledningssystem skall finnas på plats på Göta älv. Istället är de förpliktigad att se till att existerar ett driftklart trafikledningssystem senast då Hisingsbron tas i trafik (Svea Hovrätt, 2016). I slutet av år 2014 avslutades det så kallade GOTRIS-projektet (RIS = River Information Services). GOTRIS-projektet hade sin bakgrund i en förstudie, initierad av Västra Götalandsregion, med syfte att undersöka möjligheterna att öka godsflödena på Göta älv, för att på så vis minska lastbilstransporterna i regionen (Arvidsson, 2008). För att



realisera ett sådant scenario ansågs det nödvändigt att implementera ett så kallat Intelligent Transport System, vilka är vanliga för inlandssjöfarten i Kontinentaleuropa. Med bakgrund i detta initierades en annan förstudie för hur ett intelligent transportsystem skulle kunna upprättas på Göta älv för att på så vis göra sjöfarten effektivare (Viktorianstitutet, 2011).

Mellan 2012 och 2014 implementerades GOTRIS-systemet i ett demonstrationsprojekt, vilket innefattade knappt 500 fartygspassager på Göta älv. I GOTRIS-projektet deltog 15 olika organisationer, däribland Trafikverket, Göteborgs stad, Västra Götalandsregionen, Chalmers, Sjöfartsverket samt både Vänerkommuner och Vänerrederier. Detta skedde under ledning av Viktorianstitutet, som arbetar för hållbara transporter med hjälp av digitala verktyg (Viktorianstitutet, 2015). Projektet visade hur koordinering och informationsdelning mellan aktörer kan förbättras och hur detta kan leda till ett mer effektivt användande av infrastrukturen.

Grundkonceptet med GOTRIS är att sjöfarten kan koordineras bättre med järnvägs- och vägtrafik genom informationsdelning, så att en ömsesidig anpassning kan uppnås. Genom informationsdelningen kan fartygen anpassa sin fart och slippa vänta på broöppning i exempelvis Göteborg. Rent praktiskt anmäls ett fartyg som skall till eller från Väneren i GOTRIS ett antal timmar i förväg. Genom delad information från andra aktörer skapas en preliminär resplan för fartyget som då kan följas av lots, tågtrafikledare, brovakt eller slussoperatör. I resplanen ges tider för lämpliga bro- och slusspassager som minimerar störningar i de landbaserade transportslagen, vilket gör att fartyget kan anpassa sin hastighet i färden på Göta älv. Om någon avvikelse uppstår delas denna information också och resplanen uppdateras. Informationsdelningen mellan aktörerna leder till att fartygen kan hålla jämnare fart och slippa väntetid vid broarna och slussarna. Likaså kan kollektivtrafiksresenärer få information om när exempelvis Hisingsbron kommer att öppnas. Fartanpassningen torde leda till att fartygens bränsleförbrukning minskar, med minskade utsläpp som följd (Viktorianstitutet, 2015).

### **5.1.5 Inlandssjöfart och inre vattenvägar i Sverige**

Den 16 december 2014 blev det genom utfärdandet av *Transportstyrelsens föreskrifter (2014:96)* möjligt att även i Sverige bygga och utrusta fartyg för inlandssjöfart på inre vattenvägar. I anslutning till att Sverige gick med i EU den 1 januari 1995, angavs i anslutningsakten bland andra Göta älv, Väneren, Mälaren och Södertälje kanal som inre vattenvägar i Sverige vid tillämpning av EU:s förordningar och direktiv (SOU 2011:4 s. 73ff). Det dröjde dock till juni 2013 innan dessa regelverk inkorporerades i svensk lagstiftning genom ett riksdagsbeslut, vilket innebar en ändring i fartygssäkerhetslagen (2003:364). Reglerna trädde formellt i kraft drygt ett år senare, den 1 september 2014 (prop. 2012/13:177). Transportstyrelsens föreskrifter med tekniska regler innebar det egentliga startskottet för den svenska inlandssjöfarten. Från och med detta blev det möjligt för rederier att ansöka om så kallade gemenskapscertifikat, det vill säga bevis på att rederiets fartyg lever upp till de tekniska kraven i *TFSFS 2014:96*. Reglerna refererar i sin tur till andra föreskrifter samt *EU-direktiv 2006/87/EG*. Eftersom dessa fartyg aldrig seglar på öppet hav är de tekniska kraven lägre jämfört med kraven

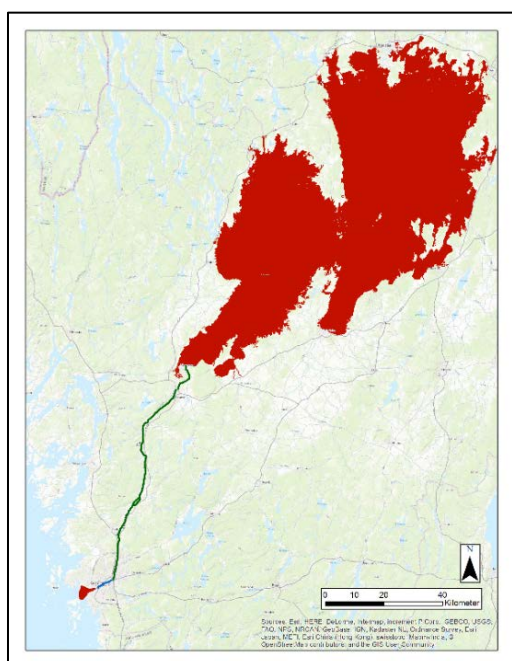
för havsgående fartyg (Länsstyrelsen Värmland, 2011). Däremot finns det ännu inte några speciella föreskrifter och regler rörande bemanning av fartygen som trafikerar de inre vattenvägarna (Transportstyrelsen, 2016a). Fram till den 25 februari 2016 hade det inte inkommit några ansökningar om gemenskapscertifikat till Transportstyrelsen (Regeringen, 2016).

Inre vattenvägar delas in i fyra zoner beroende på våghöjd. Fartyg som byggs och utrustas för inlandssjöfart tillåts bara segla inom de zoner som anges i gemenskapscertifikatet. Ett fartyg som enbart har tillstånd att segla i exempelvis zon 2, får inte segla i zon 1 (Transportstyrelsen, 2016b). Zon 1 har de högsta vågorna, medan zon 4 inte har några vindvågor (se tabell 5).

**Tabell 5: Zoner för inre vattenvägar (Transportstyrelsen, 2016b).**

|              |         |
|--------------|---------|
| <b>Zon 1</b> | ≤ 2,0 m |
| <b>Zon 2</b> | ≤ 1,2 m |
| <b>Zon 3</b> | ≤ 0,6 m |
| <b>Zon 4</b> | ≈ 0     |

I Sverige har Transportstyrelsen bemyndigats att bestämma vilka vatten som skall klassas som inre vattenvägar samt vilken zon de ska tillhöra. Det är enbart på dessa vatten som det är tillåtet att bedriva inlandssjöfart med de speciella reglerna. I figur 5 framgår vilka vatten i Västsverige som har klassificerat som inre vattenvägar samt vilken zon de tillhör. Dock är Sveriges inre vattenvägar isolerade från inre vattenvägar i andra EU-stater. Rådande vågförhållanden i svenska kustfarvatten gör att dessa inte kan klassas som inre vattenvägar, vilket medför att fart i dessa omfattas av internationella konventioner och regelverk med krav på bland annat certifikat och bemanning (SOU 2011:4 s. 75).



**Figur 5: Karta över zonindelning för inre vattenvägar i Västsverige (zon 1: röd; zon 2: blå; zon 3: grön) [skapad i ArcMap].**

I dagsläget är inte alla komponenter kring inlandssjöfarten utredda och implementerade; bestämmelser om bemanning, farledsavgifter och behörigheter är inte fastställda, vilket hindrar rederier från att fullt utveckla sjöfarten på exempelvis Vänern och Göta älv. Med utgångspunkt i detta, offentliggjordes den 25 februari 2016 att den svenska regeringen gett Sjöfartsverket i uppdrag att, i samarbete med Trafikverket, analysera möjligheten att öka andelen kust- och inlandssjöfart i Sverige. Utredningen skall presenteras i slutet av 2016 (Regeringen, 2016).

## 5.2 Miljöeffekter vid olika scenarier

Sett till för ovan redogjorda omständigheter och faktorer, beräknas Vänersjöfartens miljöpåverkan utifrån två framtidsscenarier. Det ena scenariot omfattar en situation i vilken sjöfarten på Vänern och Göta älv helt upphör vid år 2030, på grund av exempelvis nedlagda slussar i Trollhätte kanal. I detta scenario ersätts sjötransporterna och dess godsmängd helt och hållet med lastbilstransporter. Det andra scenariot behandlar istället en maximalt positivt utvecklad Vänersjöfart, i vilket regelverket för inlandssjöfart samt ett välfungerande trafikledningssystem gör att sjöfarten kan samspela med övriga trafikslag i regionen. Av referensskäl redovisas också ett utgångsläge med dagens utsläpp, beräknade utifrån godsmängder för år 2014.

Värt att poängtera är att scenarierna utgör extremer åt varsitt håll. Trafikverket (2013a) drar slutsatsen att Vänersjöfarten till år 2030 kan fördubblas, jämfört med 2010 års godsmängd på cirka 1,9 miljoner ton. Detta ger en godsmängd på knappt 4 miljoner ton per år. I statistik från Trafikanalys (2015a) identifieras emellertid en uppgång för Vänersjöfarten till drygt 3 miljoner ton för år 2014. I scenarierna för år 2030 har en godsmängd som motsvarar en fördubbling av siffrorna för 2014 använts som underlag för beräkningarna. För att jämföra Vänersjöfartens kontra lastbilstransporters miljöprestanda spelar dock själva godsmängderna en underordnad roll, utan tjänar som beräkningsunderlag; det är snarare transportslagens utsläpp per tonkilometer som är intressanta.

Beräkningarna i kapitel 5.5 och framåt har tagits fram med hjälp av NTM Calc. 4.0 med de antaganden och ingångsvärden som redogörs för nedan. De resultat som presenteras är inom den systemgräns som kallas *tank-to-wheel*. Vid beräkningar inom denna systemgräns redogörs enbart för de utsläpp som sker som en direkt följd av motorns förbränning, men inte för de miljöeffekter som sker längre upp i livscykeln, som exempelvis framställning och transport av bränslet. Systemgränsen *tank-to-wheel* är lämplig att använda för mätning av lokala miljöeffekter, vilket stämmer överens med de avgränsningar som den här studien görs inom (NTM, 2016d). Kompletta beräkningar, inklusive systemgränserna *well-to-tank* och *well-to-wheel* återfinns som bilaga till denna rapport.

### 5.3 Antaganden för sjöfart

För att beräkna miljöpåverkan och utsläppen till luft av inlandssjöfarten på Göta älv och Vänern har flera antaganden gjorts i enlighet med kapitel 4.2.1. Det valda *kalkylobjektet* för sjöfartsscenarioet är ett bulkfartyg om 4000 dödviktston, det vill säga ett så kallat Vänermax. Kalkylmodellen är gällande en transport av en mängd gods definierad utifrån vikt.

Godsets vikt per försändelse är antaget att vara 1600 ton då detta motsvarar 40 procent fyllnadsgrad, vilket är den genomsnittliga fyllnadsgraden för fartyg på Göta älv enligt Sweco Infrastructure AB & Sjöfartsverket (2009). Denna studie innefattar av jämförelseskäl även en 100-procentig fyllnadsgrad. Avståndet på 314 kilometer är distansen mellan Göteborg och Kristinehamn sjövägen. Anledningen till att denna distans används är att Kristinehamn är den hamn som ligger längst från Göteborg och är en av Vänerns mest betydande hamnar (Djurberg & Ryback Lehnér, 2012). Bränsletypen som används är marin dieselolja, vilken är den mest miljövänliga av de tillgängliga i *NTM Calc. 4.0*. För kväveutsläppen är *Tier II* tillämplig, då fartygen antas vara byggda efter 2009. Övriga antaganden återfinns i tabell 6.

**Tabell 6: Antaganden för sjöfart idag**

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <b>Kalkylmodell</b>                 | Efter vikt*                                  |
| <b>Lastvikt</b>                     | 4000 ton / 1600 ton                          |
| <b>Distans</b>                      | 314 kilometer                                |
| <b>Vatten</b>                       | Regionala vatten**                           |
| <b>Bränsletyp</b>                   | 100 % marin dieselolja, svavelinnehåll 0,1 % |
| <b>MARPOL-nivå för kväveutsläpp</b> | Tier II                                      |
| <b>Fyllnadsgrad</b>                 | 100 % / 40%                                  |
| <b>Lastbärarens kapacitet</b>       | 4000 ton                                     |

\*Standardvärde i *NTM Calc. 4.0*. \*\*Påverkar inte utslaget av beräkningen

### 5.4 Antaganden för lastbilstransporter

Även när det gäller transporter på land, har en rad antaganden gjorts. I scenariot där sjöfarten blivit helt ersatt av landtransporter, har en tung lastbil med släp om 28-34 ton använts som kalkylobjekt. I likhet med antagandena för sjöfart avser kalkylmodellen en transport av en mängd gods definierad utifrån vikt. Lastvikten på 30 ton används då denna används för liknande jämförelser i Inre vattenvägsutredningen (SOU 2011:4). Distansen är densamma som för sjöfarten. Antagandet är baserat på att det är själva transportarbetet som är intressant, vilket blir lättare att jämföra när man räknar med samma distans. Vidare ska inte allt omlastas till sjöfart i Göteborg, utan även andra hamnar torde vara aktuella. När det kommer till miljöprestanda och emissionsfaktorer har lastbilar av *Euro 6-standard* använts, då detta är krav sedan 2013 på nytillverkade lastbilar inom EU (Dieselnet, 2016). Avslutningsvis har en 100-procentig fyllnadsgrad använts. Antagandena för lastbilstransport framgår i tabell 7.

**Tabell 7: Antaganden för transporter med lastbil med släp om 28-34 ton.**

|                               |                    |
|-------------------------------|--------------------|
| <b>Kalkylmodell</b>           | Efter vikt*        |
| <b>Lastvikt</b>               | 30 ton             |
| <b>Distans</b>                | 314 kilometer      |
| <b>Bränsletyp</b>             | Diesel B5 – EU*    |
| <b>Vägtyp</b>                 | Genomsnittlig väg* |
| <b>Euroklassning</b>          | Euro 6             |
| <b>Väglutning</b>             | ± 2 %*             |
| <b>Fyllnadsgrad</b>           | 100 %              |
| <b>Lastbärarens kapacitet</b> | 30 ton             |
| <b>Bränsleförbrukning</b>     | 0,317 l/km*        |

\* Standardvärde i NTM Calc. 4.0.

## 5.5 Beräkningar av utsläpp per resa och transportslag

### 5.5.1 Fartygstransport Kristinehamn – Göteborg

Tabell 8 visar både totala utsläpp och utsläpp per tonkilometer för en resa mellan Kristinehamn och Göteborg (314 km) med ett fullastat bulkfartyg på 4000 dödviktston. Detta ger ett transportarbete på 1 256 000 tonkilometer per resa. Tabell 9 visar motsvarande siffror för en fyllnadsgrad på 40 procent, vilket ger ett transportarbete på 502 400 tonkilometer per resa.

**Tabell 8: Beräknade utsläpp för en resa med fullastat Vänermaxfartyg**

|                         | CO <sub>2</sub> [g] | NO <sub>x</sub> [mg] | SO <sub>2</sub> [mg] | PM [mg]   |
|-------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|-----------|
| <b>Totalt utsläpp</b>   | 13 630 000          | 324 200 000          | 8 492 000            | 2 287 000 |
| <b>Per tonkilometer</b> | 10,852              | 258,121              | 6,761                | 1,821     |

**Tabell 9: Beräknade utsläpp för en resa med Vänermaxfartyg med 40 % fyllnadsgrad**

|                         | CO <sub>2</sub> [g] | NO <sub>x</sub> [mg] | SO <sub>2</sub> [mg] | PM [mg]   |
|-------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|-----------|
| <b>Totalt utsläpp</b>   | 8 630 000           | 205 300 000          | 5 377 000            | 1 448 000 |
| <b>Per tonkilometer</b> | 17,178              | 408,639              | 10,703               | 2,882     |

### 5.5.2 Lastbilstransport 314 km, motsvarande sträckan Kristinehamn - Göteborg

Tabell 10 visar beräknade totala utsläpp och utsläpp per tonkilometer för en resa på 314 kilometer. Detta ger ett transportarbete på 9420 tonkilometer per resa.

**Tabell 10: Beräknade utsläpp för en resa med fullastad lastbil med släp**

|                         | CO <sub>2</sub> [g] | NO <sub>x</sub> [mg] | SO <sub>2</sub> [mg] | PM [mg] |
|-------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|---------|
| <b>Totalt utsläpp</b>   | 331 000             | 101 000              | 2 146                | 1 262   |
| <b>Per tonkilometer</b> | 35,138              | 10,722               | 0,256                | 0,134   |

## 5.6 Utsläpp från dagens sjöfart (2014)

Siffrorna i tabellerna 11-13 har tagits fram genom att räkna på totalt transportarbete multiplicerat med utsläpp per tonkilometer för transportslagen. Vänersjöfartens totala transportarbete år 2014 beräknas till 958 642 000 tonkilometer (314 km \* 3 053 000 ton).

Tabell 11 och 12 visar Vänersjöfartens totala utsläpp för år 2014 vid 100 respektive 40 procents fyllnadsgrad. Som jämförelse visar tabell 13 beräknade utsläpp i det fall 2014 års Vänersjötransporter skulle ha utförts av lastbilar.

**Tabell 11: Vänersjöfartens totala utsläpp år 2014 vid 100 % fyllnadsgrad**

|                       | CO <sub>2</sub> [ton] | NO <sub>x</sub> [ton] | SO <sub>2</sub> [ton] | PM [ton] |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| <b>Totala utsläpp</b> | 10 403                | 247                   | 6,48                  | 1,75     |

**Tabell 12: Vänersjöfartens totala utsläpp år 2014 vid 40 % fyllnadsgrad**

|                       | CO <sub>2</sub> [ton] | NO <sub>x</sub> [ton] | SO <sub>2</sub> [ton] | PM [ton] |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| <b>Totala utsläpp</b> | 16 468                | 392                   | 10                    | 2,76     |

**Tabell 13: Utsläpp från lastbilstransporter som ersättning för Vänersjöfart år 2014**

|                                 | CO <sub>2</sub> [ton] | NO <sub>x</sub> [ton] | SO <sub>2</sub> [ton] | PM [ton] |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| <b>Totala utsläpp (lastbil)</b> | 33 685                | 33                    | 0,25                  | 0,13     |

Tabell 14 visar transportslagens relativa miljöprestanda, det vill säga hur väl de presterar ifråga om totala utsläpp i förhållande till varandra. Siffrorna i tabellen är differensen av utsläppen från lastbil och sjöfart enligt tabell 11-13. Som framgår av tabellen blir de totala utsläppen av koldioxid lägre om 2014 års transportarbete utförs av Vänersjöfart. Däremot ökar utsläppen av luftförorenare i samtliga kategorier.

**Tabell 14: Skillnad i utsläpp mellan sjöfart och lastbil vid olika fyllnadsgrader**

|                           | CO <sub>2</sub> [ton] | NO <sub>x</sub> [ton] | SO <sub>2</sub> [ton] | PM [ton] |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| <b>100 % fyllnadsgrad</b> | -23 282               | 214                   | 6,23                  | 1,62     |
| <b>40 % fyllnadsgrad</b>  | -17 217               | 359                   | 9,75                  | 2,63     |

## 5.7 Scenario 1: Ingen Vänersjöfart

Detta scenario är grundat i att det finns en utveckling i vilken efterfrågan på transport har dubblerats från 2014 års nivåer till år 2030. Scenariot grundar sig också i att Vänersjöfarten har upphört helt på grund av begränsningar i infrastrukturen (nedlagda slussar). En fördubblad godsmängd ger på samma avstånd ett fördubblat transportarbete, det vill säga 1 917 284 000 tonkilometer. Tabell 15 visar beräknade utsläpp om detta transportarbete utfördes av lastbilar.

**Tabell 15: Beräkning av utsläpp från lastbilstransporter år 2030**

|                       | CO <sub>2</sub> [ton] | NO <sub>x</sub> [ton] | SO <sub>2</sub> [ton] | PM [ton] |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| <b>Totala utsläpp</b> | 67 370                | 66                    | 0,5                   | 0,26     |

## 5.8 Scenario 2: Fullt utvecklad Vänersjöfart

Scenario 2 bygger på en maximalt positiv utveckling för Vänersjöfarten. De faktorer som beskrivs i kapitel 5.1 har gynnat sjöfarten och eventuella hinder har avhjälpats med exempelvis trafikledningssystem. Scenariot bygger, liksom scenario 1, på att efterfrågan på transporter dubblerats från 2014 års nivåer till år 2030. Tabell 16 och 17 visar totala utsläpp för Vänersjöfarten år 2030 vid 100 respektive 40 procents fyllnadsgrad. Siffrorna har tagits fram genom att multiplicera utsläppen per tonkilometer för respektive fyllnadsgrad (se tabell 8 respektive 9) med det totala transportarbetet.

**Tabell 16: Vänersjöfartens totala utsläpp år 2030 vid 100 % fyllnadsgrad**

|                       | CO <sub>2</sub> [ton] | NO <sub>x</sub> [ton] | SO <sub>2</sub> [ton] | PM [ton] |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| <b>Totala utsläpp</b> | 20 806                | 494                   | 12,96                 | 3,5      |

**Tabell 17: Vänersjöfartens totala utsläpp år 2030 vid 40 % fyllnadsgrad**

|                       | CO <sub>2</sub> [ton] | NO <sub>x</sub> [ton] | SO <sub>2</sub> [ton] | PM [ton] |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| <b>Totala utsläpp</b> | 32 936                | 784                   | 20                    | 5,52     |

## 5.9 Jämförelse mellan scenario 1 och 2

Tabell 18 visar en jämförelse av de två extremerna som scenario 1 och 2 utgör. Liksom i tabell 14 är siffrorna resultatet av differensen mellan lastbil och sjöfart (se tabell 15-17). Vad som visas tydligt i denna jämförelse är, i likhet med tabell 14, att sjöfarten är energieffektiv i det avseendet att koldioxidutsläppen minskar under året. Detta medan utsläpp av luftförorenare ökar kraftigt.

**Tabell 18: Skillnad i utsläpp mellan sjöfart och lastbil vid potentiella scenarier**

|                           | CO <sub>2</sub> [ton] | NO <sub>x</sub> [ton] | SO <sub>2</sub> [ton] | PM [ton] |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| <b>100 % fyllnadsgrad</b> | -46 564               | 428                   | 12,46                 | 3,4      |
| <b>40 % fyllnadsgrad</b>  | -34 434               | 718                   | 19,5                  | 5,26     |

## 6 Diskussion

### 6.1 Utsläpp och miljöeffekter

Utifrån beräkningarna gjorda med NTM-metoden gör sig ett par tendenser tydliga. Att sjöfart eller lastbilstransporter skulle vara miljövänligare än det andra är en definitionsfråga och beror på vad man väljer att studera. Å ena sidan visar sjöfarten en genomgående tendens att vara mer energieffektiv jämfört med lastbilstransporter - detta gäller även för den lägre fyllnadsgraden på 40 procent, vilket kanske återspeglar verklighetens godstransporter och resursutnyttjande bättre. Det är intressant att sjöfarten även framstår som energieffektiv vid denna lägre fyllnadsgrad. Därigenom finns det sannolikt en stor utvecklingspotential för mer energieffektiva transporter, både i Västsverige såväl som på ett globalt plan. Sjöfarten torde vara en pusselbit i ekvationen att åstadkomma en större output med en relativt sett mindre input. Att optimera sjöfarten inom ett transportsystem är på så vis det kanske viktigaste steget i att optimera transportsystemet. En hög energieffektivitet är inte bara eftersträvansvärd ur miljösynpunkt, utan det finns även en given ekonomisk fördel för transportaktörerna.

Motsatsvis framgår det i resultatet att den genomgående tendensen är att sjöfarten inte presterar lika bra ifråga om luftföroeningar som med energieffektivitet. Utsläppen av kväveoxider, svaveloxider samt partiklar är alla väsentligt högre jämfört med lastbilstransporter. Även om dessa luftföroeningar kan färdas långt från utsläppskällan är effekterna av dessa mer regionalt förankrade jämfört med effekterna av klimatgaser. Dock kommer luftföroeningarna, med implikationer för människa och miljö, inte enbart från fartyg på inre vattenvägar i regionen. Luftföroeningarnas natur innebär att även oceangående fartyg, till exempel i Göteborgs hamn, påverkar den regionala miljön.

Sjöfarten har en stor förbättringspotential ifråga om luftföroeningar. Tekniska landvinningar och skärpta utsläppskrav kan medföra att sjöfarten blir miljömässigt bättre. Inför man skärpta krav vad gäller utsläpp av kvävedioxid i form av *Tier III* kommer sjöfartens utsläpp av kväveoxider att minska. Likaså gäller skärpta nivåer av svaveloxider, som genom gränserna inom SECA-området redan har kommit en bit på vägen jämfört med före 2015. Vad de reella effekterna för absoluta utsläppsnivåer skulle kunna bli av dessa skärpta krav och standarder är dock svårt att spekulera i utan ytterligare simuleringar. Det är dock troligt, sett till de senaste årens nya miljöklassningar och utsläppsregler för lastbilar, att sjöfarten relativt sett kommer att ha lättare krav gentemot lastbilar vad gäller luftföroenare under förestående framtid.

En överflyttning av gods till sjöfart kan i ett transportsystem ge följd effekter med positiv inverkan på miljön. Om gods flyttas från tåg över till sjöfart, frigörs kapacitet i järnvägssystemet, som kan fyllas av gods som istället skulle gått med lastbil. Detta minskar antalet lastbilstransporter, vilket åtminstone ifråga om energieffektivitet är värt att eftersträva.



## 6.2 Framtiden för Vänersjöfarten

Vänersjöfartens utvecklingspotential är beroende av flera parametrar. Förutom en grundläggande nödvändighet att det existerar en efterfrågan på transporter i regionen finns det krav på fungerande infrastruktur. Även om efterfrågan på transporter är hög kan Vänersjöfarten inte existera utan en fungerande vattenväg. Därmed är Vänersjöfarten beroende av politiska beslut och avväganden i den fysiska och regionala planeringen. I arkivanalysen identifieras ett antal hinder för Vänersjöfarten; vad som blir tydligt är att det grundläggande villkoret för Vänersjöfartens existens och fortlevnad är att slussarna i Trollhätte kanal finns kvar och fungerar, vilket kommer att kräva omfattande investeringar i ett nytt slussystem. Det är svårt att spekulera i hur en nedläggning av Vänersjöfarten skulle påverka näringslivet i regionen. Det är dock rimligt att anta att aktörerna kring Vänern skulle drabbas av en nedlagd Vänersjöfart på ett sådant sätt att godstillgången kring Vänern skulle minska betydligt. Vänersjöfarten skapar på så sätt en synergieffekt för industrin i regionen och är därmed inte bara viktig ur en eventuell miljösynpunkt utan likväl ur en ekonomisk.

De andra barriärerna, i form av broar över Göta älv spelar en underordnad betydelse. Detta trots den rådande synen, på framför allt Hisingsbron och dess låga höjd, i både samhälle och juridiska instanser. Låga brohöjder över Göta älv manifesterar även fall där sjöfartsintressen kan strida mot andra sjöfartsintressen. Järnvägspendlarna till och från Göteborgs hamn och det nationella järnvägsnätet innebär en minskad miljöpåverkan. Trafiken på Marieholmsbroarna blir dock en begränsande faktor för Vänersjöfarten som också avser att minska lastbilstransporter och energiåtgång. Därför är det av största vikt att flödena på Göta älv ges möjlighet att samspela med tvärgående flöden över älven på ett bättre sätt. Här har ett trafikledningssystem, som Göteborgs stad är förpliktigade att etablera, en stor roll att spela. Med ett rätt utfört system är det inte brohöjder som spelar någon avgörande roll för godsflödena. Informationsdelning och en ömsesidig anpassning mellan aktörerna är sannolikt det centrala för ett mer gynnsamt och energieffektivt transportsystem i regionen, med lägre total klimatpåverkan.

Utöver trafikledningssystemet kan även EU:s regelverk kring inlandssjöfart vara en positiv faktor för Vänersjöfarten. Med minskade driftskostnader och enklare regler kan sjöfarten bli mer konkurrenskraftig och bli ett mer utnyttjat alternativ för transporter. Dock ska inte betydelsen av detta regelverk överdrivas. Sveriges inre vattenvägar är isolerade från Kontinentaleuropas vattenvägar, vilket kräver omlastningar till andra trafikslag eller till oceangående fartyg för trafik mellan dessa system.

## 6.3 Metoddiskussion

Ifråga om metodvalet finns flera aspekter att problematisera. Varken studiens reliabilitet och validitet är oproblematiska. Reliabiliteten åsyftar tillförlitligheten i datainsamlingen och noggrannheten i analysen av dessa (Höst et al., 2006). Att använda sig av en fallstudie möjliggör att använda flera kompletterande metoder. I denna studie handlar det om en kvalitativ litteratur- och arkivstudie som kompletteras av kvantitativa beräkningar av miljöeffekter av utsläpp till

luft. En stor del av informationen kommer från offentliga dokument från myndigheter, i form av exempelvis detaljplaner, beslut och rapporter. Informationen i denna kan vara partisk, men eftersom syftet är att studera Vänersjöfarten är det rimligt att studera källor från aktörer som direkt eller indirekt påverkar denna. För att beräkna utsläppen till luft, har officiell, obearbetad statistik för godsflöden legat till grund för beräkningarna. För att omvandla denna statistik till miljöpåverkan från transporter enligt NTM-metoden har flertalet antaganden gjorts. Dessa är dock väl redogjorda för, varför intersubjektiviteten ökar. Läsare av denna rapport kan hänga med i beräkningsprocesserna och därmed förstå vilka variabler som påverkar resultatet.

Validitet avser att man faktiskt mäter det man ämnar att mäta, det vill säga att ens metod är lämplig för att nå rätt kunskap om det man avser att studera (Höst et al., 2006). Sett till uppsatsens frågeställningar har NTM-metoden varit ett logiskt sätt att genomföra studien. För att se på effekterna av Vänersjöfarten har bedömningen varit att koppla de aktuella godsflödena till omständigheter och faktorer i verkligheten. Att bara studera Vänersjöfartens miljöpåverkan utan att titta på dess samhälleliga kontext ger en fattigare studie av detta fenomen. Intervjuer har dock inte bedömts som nödvändiga för att besvara den primära frågeställningen.

En kritik som skulle kunna riktas mot denna studie är att antagandena för miljöberäkningarna kan framstå som godtyckliga. Som ovan nämnt är antagandena väl redogjorda för och den absoluta majoriteten av dessa antaganden har stöd i sakliga resonemang och empiriska avväganden. Något som uppsatsen skulle tjäna på är att undersöka känsligheten i NTM-metoden genom en så kallad känslighetsanalys av *NTM Calc. 4.0*. Detta har emellertid inte fått plats inom ramarna för studien. För att i någon mån kompensera för detta har utgångspunkten varit att använda pessimistiska antaganden för beräkningarna, till exempel att räkna på längsta möjliga avstånd.

Denna studie består till stor del av uppskattningar av framtida scenarier. Extremerna som används har valts för att påvisa transportslagens relativa miljömässiga fördelar. Verklighetens scenario kommer förmodligen att hamna någonstans emellan dessa två extremer.

## 7 Slutsatser

En fullt utvecklad kontra nedlagd Vänersjöfart år 2030 ger olika effekter på miljön. Ett scenario där Vänersjöfarten har en maximal utveckling kommer att innebära ett mer energieffektivt godsflöde i regionen jämfört med ett scenario där samma transportarbete utförs av lastbilar. Däremot påverkas utsläppen av luftförorenare negativt och blir istället betydligt större med fartyg. Skärpta utsläppskrav skulle kunna stärka sjöfartens konkurrensfördel, så länge den tekniska och politiska utvecklingen sker snabbare för sjöfarten än för vägtrafiken. Vänersjöfartens existens och utveckling är framför allt beroende av nya slussar i Trollhätte kanal. De broar som finns längs Göta älv har sannolikt en sekundär roll för inlandssjöfartens fortlevnad, men behovet av ett fungerande trafikledningssystem är också en central faktor.

## Referenser

- Anderson, K. & Bows, A. (2012). Executing a Scharnow turn: reconciling shipping emissions with international commitments on climate change. *Carbon Management*, (2012) 3(6), s. 615–628.
- Andersson, L. (2016, 31 mars). Ny bro över Göta älv invigd. *Sjöfartstidningen*. Hämtad 2016-05-13, från <http://www.sjofartstidningen.se/ny-bro-over-gota-älv-invigd/>
- Andersson, L. (2016, 3 maj). Ny Hisingsbro allt närmare. *Sjöfartstidningen*. Hämtad 2016-05-13, från <http://www.sjofartstidningen.se/ny-hisingsbro-allt-narmare/>
- Arvidsson, B. (2008). *Förstudie angående ökad godstrafik på Göta älv*. Slutrapport 2008-12-31.
- Baldi, F. (2016). *Modelling, analysis and optimisation of ship energy systems*. (Doktorsavhandlingar vid Chalmers tekniska högskola, Ny serie nr 4040). Göteborg: Institutionen för sjöfart och marin teknik, Chalmers tekniska högskola.
- Banverket. (2006). *Förstudie Ny hamnbana. Marieholmsbron: Kapaciteten för godstrafik över Göta älv* (BRVT 2006:02-24). Göteborg: Banverket Västra Banregionen.
- Björklund, M. (2012). *Hållbara logistiksystem*. Lund: Studentlitteratur.
- Boverket. (2016). *Riksintressen är nationellt betydelsefulla områden*. Hämtad 2016-04-25, från <http://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/riksintressen-ar-betydelsefulla-omraden/>
- Bäckström, S. (1999). *Environmental Performance Calculation in Transport LCI – Allocation Method Design Issues* (Licentiatavhandling, Rapport 45). Göteborg: Institutionen för transportteknik, Chalmers tekniska högskola.
- Clean North Sea Shipping. (2016). *Scrubber*. Hämtad 2016-05-02, från <http://cleantech.cnss.no/air-pollutant-tech/sox/scrubber/>
- Cullinane, K. & Bergqvist, R. (2014). Emission control areas and their impact on maritime transport. *Transportation Research Part D* 28, s. 1-5.
- Denscombe, M. (2009). *Forskningshandboken: för småskaliga projekt inom samhällsvetenskaperna*. Andra upplagan. Lund: Studentlitteratur.
- Dieselnet. (2016). Regulatory Framework. Hämtad 2016-05-05, från <https://www.dieselnet.com/standards/eu/hd.php>
- Dissing+Weitling. (2016). *Hisingsbron*. Hämtad 2016-02-29, från <http://www.dw.dk/hisingsbron/>
- Djurberg, C. & Ryback Lehnér, J. (2012). *Inlandssjöfart till Vänerområdet. Analys av miljökonsekvenser för olika fartygstyper* (kandidatuppsats SOL-12/100). Göteborg: Institutionen för sjöfart och marin teknik, Chalmers tekniska högskola.
- Europakommissionen. (2016). *Inland Waterways*. Hämtad 2016-04-02, från [http://ec.europa.eu/transport/modes/inland/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/modes/inland/index_en.htm)
- Eyring, V., Köhler, H. W., van Aardenne J. & Lauer, A. (2005). Emissions from international shipping: 1. The last 50 years. *Journal of Geophysical Research*, vol. 110 (2005).
- Eyring, V., Isaksen, I. S. A., Berntsen, T., Collins, W. J., Corbett, J. J., Endresen, O., Grainger, R. G., Moldanova, J., Schlager, H. & Stevenson, D. S. (2009). Transport

- impacts on atmosphere and climate: Shipping. *Atmospheric Environment* 44 (2010) s. 4735-4771.
- Göta Älvs Vattenvårdsförbund. (2006). *Fakta om Göta älv. En beskrivning av Göta älv och dess omgivning 2005*. Tillgänglig: <http://docplayer.se/4403577-Fakta-om-f-gota-alm-en-beskrivning-av-gota-alm-och-dess-omgivning-2005.html>
- Göteborgs Hamn AB. (2015). *Hållbar hamn. Göteborgs Hamns AB:s hållbarhetsredovisning 2015*. Hämtad 2016-05-14, från [http://www.goteborgshamn.se/globalassets/broschyer/gbghamn\\_hallbarhetsredovisning\\_2015\\_se.pdf](http://www.goteborgshamn.se/globalassets/broschyer/gbghamn_hallbarhetsredovisning_2015_se.pdf)
- Göteborgs stad (2009a). *Ny bangårds- och älvförbindelse. Förstudie spårtrafik. Samrådshandling* (Meddelande 2009:9). Göteborg: Trafikkontoret.
- Göteborgs stad. (2009b). *Översiktsplan 2009*. Antagen 2009-02-26.
- Göteborgs stad. (2009c). *Sjöfarten på Göta älv – en arkivstudie inför planerad ersättning av Götaälvsbron i Göteborg* (Meddelande 2009:3). Göteborg: Trafikkontoret.
- Göteborgs stad. (2012). *Detaljplan för ny Marieholmsbro inom stadsdelarna Backa och Gamlestaden i Göteborg* (Planhandling 2012-12-18, dnr. 460/10).
- Göteborgs stad. (2014). *Detaljplan för Bro över Göta Älv inom stadsdelarna Gullbergsvass och Tingstadsvassen i Göteborg* (Antagandehandling 2014-05-20., dnr. 10/0359).
- Göteborgs stad. (2016a). *Fakta om Götaälvsbron*. Hämtad 2016-03-15, från <http://goteborg.se/wps/portal/enhetssida/hisingsbron/fragor-och-svar-om-hisingsbron/fakta-om-gotaalvbron>
- Göteborgs stad. (2016b). *Planeringsläget för Hisingsbron*. Hämtad 2016-04-27, från <http://goteborg.se/wps/portal/enhetssida/hisingsbron/mer-om-Hisingsbron/planeringslaget/>
- Handelskammaren Värmland. (2016). *Program för att göra Värmland till en ännu bättre plats för företagen*. Karlstad: Handelskammaren Värmland.
- Holm, F. (2013). *Vad är ett miljöproblem? En introduktion med flera perspektiv*. Andra upplagan. Lund: Studentlitteratur.
- Höst, M., Regnell, B. & Runeson, P. (2006). *Att genomföra examensarbete*. Lund: Studentlitteratur.
- IMO. (2016). *MARPOL 73/78 (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships)*.
- IMO. (2015). *Third IMO GHG Study 2014*. London: International Maritime Organization.
- IPCC. (2015). *Climate change 2014. Synthesis Report*. Genève: The Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Johnson, H., Johansson, M., Andersson, K. & Södahl, B. Will the ship energy efficiency management plan reduce CO2 emissions? A comparison with ISO 50001 and the ISM code. *Maritime Policy & Management*, 40:2, s. 177-190.
- Lenz, H.P., Prüller, S. & Gruden, D. (2003). *Means of Transportation and Their Effect on the Environment*. I: D. Gruden. Traffic and Environment. The Handbook of Environmental Chemistry Vol. 3, Part T, s. 107-173. Berlin: Springer Verlag Berlin Heidelberg.
- Lumsden, K. (1995). *Transportekonomi – Logistiska modeller för resursflöden*. Lund: Studentlitteratur.

- Lumsden, K. (2012). *Logistikens grunder*. Tredje upplagan. Lund: Studentlitteratur.
- Länsstyrelsen Värmland. (2011). *Inlandssjöfart i Vänerregionen* (publ. nr: 2011:14). Karlstad: Länsstyrelsen Värmland.
- Länsstyrelsen Västra Götalands län. (2007). *Riksintresset Göteborgs Hamn* (Rapport 2009:67). Vänersborg: Länsstyrelsen Västra Götalands län.
- Magnusson, M. (2014). *NO<sub>x</sub> Abatement Technique for Marine Diesel Engines. Improved Marine SCR Systems* (Doktorsavhandlingar vid Chalmers tekniska högskola, ny serie nr 3685). Göteborg: Institutionen för sjöfart och marin teknik, Chalmers tekniska högskola.
- Mark- och miljödomstolen. (2014). Deldom 2014-09-15. Mål nr M 2557-13.
- NASA. (2010). *Aerosols: Tiny Particles, Big Impact*. Hämtas 2016-04-17, från <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/Aerosols/>
- Naturvårdsverket. (2015). *Fakta om svaveldioxid i luft*. Hämtad 2016-04-17, från <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Luftforeningar/Svaveldioxid/>
- Naturvårdsverket. (2016a). *Svavelutsläpp till luft*. Hämtad 2016-04-17, från <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Svaveldioxid-till-luft/>
- Naturvårdsverket. (2016b). *Fördjupning – nedfall av svavel*. Hämtad 2016-04-18, från <http://www.miljomal.se/Miljomalen/Alla-indikatorer/Indikatorsida/Fordjupning/?iid=101&pl=1&t=Land&l=SE>
- Naturvårdsverket. (2016c). *Kväveoxidutsläpp till luft*. Hämtad 2016-04-20, från <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Kvaveoxid-till-luft/>.
- Nilsson, R.P. (2012). *Sjöfartens bok*. Göteborg: Svensk Sjöfarts Tidning.
- NTM/Nätverket för Transporter och Miljön. (2016a). *Strategi*. Hämtad 2016-05-02, från <https://www.transportmeasures.org/sv/om-ntm/strategi/>
- NTM/Nätverket för Transporter och Miljön. (2016b). *1.1 Cargo calculations*. Hämtad 2016-05-02, från <https://www.transportmeasures.org/en/wiki/manuals/all-modes/1-2-calculations/>
- NTM/ Nätverket för Transporter och Miljön. (2016c). *5.2 General calculation*. Hämtad 2016-05-02, från <https://www.transportmeasures.org/en/wiki/manuals/road/general-calculation-process/>
- NTM/Nätverket för Transporter och Miljön. (2016d). *2. Scope and system boundaries*. Hämtad 2016-05-02, från <https://www.transportmeasures.org/en/wiki/manuals/system-boundaries/>
- Näringsdepartementet. (2002). *Överenskommelse om Vänersjöfarten*. 2002-09-30.
- Pihlava, T., Uuppo, M. & Niemi, S. (2013). *Health Effects of Exhaust Particles* (Proceedings of the University of Vaasa, report 187). Vaasa: University of Vaasa. Tillgänglig: [http://www.uva.fi/materiaali/pdf/isbn\\_978-952-476-479-7.pdf](http://www.uva.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-479-7.pdf)
- Potter, S., Berridge, C., Cook, M. & Langendahl, P. (2013). Transport and Energy Use. I: J. Rodrigue, T. Notteboom & J. Shaw (red.). *The SAGE Handbook of Transport Studies* (s. 397-411). London: SAGE Publications Ltd.
- Prop. 2012/13:177. *Tekniska föreskrifter för fartyg på inre vattenvägar*. Tillgänglig: <http://data.riksdagen.se/fil/77934589-686E-419F-9B62-608FCFC6BFF1>

- Regeringen. (2016). *Uppdrag att analysera utvecklingspotentialen för inlandssjöfart och kustsjöfart* (Regeringsbeslut 2016-02-25, N2016/01639/MRT). Tillgänglig: <http://www.regeringen.se/contentassets/0f5a9cb9a43b4f5e8823c662456301a9/uppdrag-att-analysera-utvecklingspotentialen-for-inlandssjofart-och-kustsjofart.pdf>
- Runnsjö, M. & Lindgren, D. (2014). *Vänernsjöfartens framtid. Konsekvenser vid en nerlagd Vänernsjöfart samt faktorer som påverkar Vänernsjöfarten* (kandidatuppsats SK-14/167). Göteborg: Institutionen för sjöfart och marin teknik, Chalmers tekniska högskola.
- Salo, K., Zetterdahl, M., Johnson, H., Svensson, E., Magnusson, M., Gabrielli, C. & Brynolf, S. (2016). Emissions to the Air. I: K. Andersson, S. Brynolf, M. Wilewska-Bien (red.). *Shipping and the Environment. Improving Environmental Performance in Marine Transportation* (s. 169-227). Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Sjöfartsforum. (2011). *EU-klassad inlandssjöfart – en handlingsplan. En rapport från Sjöfartsforums strategiprocess/Fokusgruppen Närsjöfart och inrikes sjöfart, 2011-12-19*. Stockholm: Sjöfartsforum.
- Sjöfartsverket. (2013). *Götaälvsbron*. Hämtad 2016-02-28, från <http://www.sjofartsverket.se/sv/Sjofart/Sjokort/Oppningstider-broar--kanaler/Gotaalvsbron/>
- Sjöfartsverkets föreskrifter (1993:28). *Sjöfartsverkets kungörelse med trafikföreskrifter för Södertälje kanal och Trollhätte kanal*.
- Sjöfartsverkets föreskrifter (2014:8). *Sjöfartsverkets föreskrifter om farledsavgift*.
- SMHI. (2014a). *Svaveldioxid*. Hämtad 2016-04-17, från <http://www.smhi.se/reflab/om-luftforeningar/luftforeningar/svaveldioxid-1.19621>
- SMHI. (2014b). *Partiklar*. Hämtad 2016-04-17, från <http://www.smhi.se/reflab/om-luftforeningar/luftforeningar/partiklar-1.19671>
- SOU 2011:4. *Genomförande av EU:s regelverk om inre vattenvägar i svensk rätt. Betänkande av inre vattenvägsutredningen*. Stockholm: Fritzes Offentliga Publikationer.
- Stein, R. S. & Powers, J. (2011). *The Energy Problem*. Hackensack: World Scientific Publishing Co.
- Svea Hovrätt. (2014). Målnr. M 8396-14. Aktbilaga 12. Överklaganden.
- Svea Hovrätt. (2016). Målnr. M 8396-14.
- Sweco Infrastructure AB & Sjöfartsverket. (2009). *Sjötransporter. Godsvolymer, fartygsstorlekar, laster och scenarion*. Uppdragsnummer 2342645. Göteborg.
- Talley, W. K. (2003). Environmental impacts of shipping. I: Hensher, D. A. & Button K. J. (red.), *Handbook of Transport and the Environment*. Oxford: Elsevier Ltd.
- Trafikanalys. (2015a). *Sjötrafik 2014* (Statistik 2015:12). Stockholm: Trafikanalys.
- Trafikanalys. (2015b). *Lastbilars klimateffektivitet och utsläpp* (Rapport 2015:12). Stockholm: Trafikanalys.
- Trafikverket. (2010). *Trafikverkets val av alternativ efter utredning om ny Marieholmsbro* (Beslut 2010-12-2, ärendenr: TRV 2010/33675).
- Trafikverket. (2011a). *Järnvägsplan. Hamnbanan/Bohusbanan, dubbelspår på sträckan Olskroken - Kville. Göteborgs stad. Planbeskrivning* (Utställelsehandling 2011-11-03).
- Trafikverket. (2011b). *Trafikverkets yttrande över Riksintresset Vänernsjöfarten och Ny Götaälv bro* (Ärendenr: TRV 2011/63892A).

- Trafikverket. (2013a). *Trafikslagsövergripande stråkstudie och åtgärdsvalsanalys, Göta älv-Vänerstråket - Godsutredning och samhällsekonomisk analys* (Sammanfattande slutrapport 2013-04-04). Göteborg: Trafikverket region väst.
- Trafikverket. (2013b). *Tabeller över anläggningar av riksintresse 2013-02-30*. Hämtad 2016-04-25, från Tillgänglig <http://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/samhallsplanering/Riksintressen/Beslut-om-faststallda-riksintressen/>
- Trafikverket. (2014). *Fastställd nationell plan för transportsystemet 2014-2025*. Hämtad 2016-05-13, från <http://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/planera-och-utreda/planer-och-beslutsunderlag/nationell-planering/nationell-plan-for-transportsystemet-2014--2025/faststalld-nationell-plan-for-transportsystemet-2014--2025/>
- Trafikverket. (2015). *Vänersjöfart*. Hämtad 2016-05-13, från <http://www.trafikverket.se/nara-dig/Vastra-gotaland/Atgardsvalsstudier-i-Vastra-Gotalands-lan/vanersjofart/>
- Transportstyrelsen. (2014). *Nu införs inlandssjöfart även i Sverige*. <https://www.transportstyrelsen.se/sv/Press/Pressmeddelanden/Nu-infors-inlandssjofart-aven-i-Sverige/>
- Transportstyrelsen. (2016a). *Inlandssjöfart (inre vattenvägar)*. Hämtad 2016-04-12, från <https://www.transportstyrelsen.se/sv/sjofart/Fartyg/Inlandssjofart/>
- Transportstyrelsen. (2016b). *Zoner inlandssjöfart*. Hämtad 2016-04-13, från <https://www.transportstyrelsen.se/sv/sjofart/Fartyg/Inlandssjofart/Zoner-inlandssjofart/>
- Vestreng, V., Myhre, G., Fagerli, H., Reis S. & Tarrason L. (2007). Twenty-five years of continuous sulphur dioxide emission reduction in Europe. *Atmospheric Chemistry and Physics* 7, s. 3663–3681.
- Viktoriasinstitutet. (2011). *GOTRIS GÖTA ÄLV RIVER INFORMATION SERVICES* (Projektrapport 2011-02-21). Tillgänglig: [http://soda.swedish-ict.se/4156/1/GotRIS\\_FINAL20110221.pdf](http://soda.swedish-ict.se/4156/1/GotRIS_FINAL20110221.pdf)
- Viktoriasinstitutet. (2015). *GOTRIS öppnar upp för effektivare transporter på och över Göta älv*. Tillgänglig: <http://web.viktoria.se/gotris2/>
- Vänerhamn AB. (2014). *Om Vänerhamn*. Hämtad 2016-02-25, från <http://www.vanerhamn.se/Svenska/sidor/Webbsida32.asp?MenuId=32>

## Bilagor

### Bilaga 1 – Ingångsvärden och resultat vid beräkning av lastbilstransporter

|                                 |                             |
|---------------------------------|-----------------------------|
| Label                           | Truck with trailer 28-34 t  |
| Vehicle type                    | Truck with trailer 28-34 t  |
| Calculation model               | Shipment transport - weight |
| Shipment weight                 | 30 tonne                    |
| Distance                        | 314 km                      |
| Fuel                            | Diesel B5 - EU              |
| Road type                       | Average road                |
| Euro class                      | Euro 6                      |
| Road gradient                   | ±2%                         |
| Cargo load factor - weight      | 100 % weight                |
| Cargo carrier capacity - weight | 30 tonne                    |
| Fuel consumption                | 0,402l/km                   |

|                               | Climate gases  |                 |                 |           |         |         | Pollutants |        |        |         |        | Energy & fuel |                    |
|-------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|---------|------------|--------|--------|---------|--------|---------------|--------------------|
|                               | CO2 total [kg] | CO2 fossil [kg] | CO2 biogen [kg] | CO2e [kg] | CH4 [g] | N2O [g] | SO2 [g]    | CO [g] | HC [g] | NOx [g] | PM [g] | Energy [MJ]   | Diesel B5 – EU [l] |
| <b>Vessel (tank to wheel)</b> | 331.0          | 315.1           | 15.90           | 320.0     | 0.1262  | 16.41   | 2.146      | 25.25  | 7.574  | 101.0   | 1.262  | 4506          | 126.2              |
| <b>Fuel (well to tank)</b>    | >33.80         | 33.80           | >0              | 44.13     | 338.0   | 6.309   | 180.3      | 43.26  | 365.0  | 103.6   | 5.858  | 811.1         |                    |
| <b>Total</b>                  | >364.8         | 348.9           | >15.90          | 364.1     | 338.1   | 22.72   | 182.4      | 68.51  | 372.6  | 204.6   | 7.121  | 5317          | 126.2              |



## Bilaga 2 – Ingångsvärden och resultat vid beräkning av fartygstransporter med 100 % fyllnadsgrad

|                            |                             |
|----------------------------|-----------------------------|
| Label                      | Bulk carrier                |
| Vehicle type               | Bulk carrier                |
| Calculation model          | Shipment transport - weight |
| Type of waters             | Regional                    |
| Shipment weight            | 4000 tonne                  |
| Distance                   | 314 km                      |
| Ship size                  | 4000 dwt                    |
| Cargo load factor - weight | 100 % weight                |
| RO 2.7%S, fuel share       | 0 %                         |
| RO 1%S, fuel share         | 0 %                         |
| MD 0.1%S, fuel share       | 100 %                       |
| NOx emission compliance    | Tier II                     |

|                               | Climate gases        |                       |                       |              |            |            | Pollutants |           |           |            |           | Energy & fuel  |                     |
|-------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|------------|-----------|----------------|---------------------|
|                               | CO2<br>total<br>[kg] | CO2<br>fossil<br>[kg] | CO2<br>biogen<br>[kg] | CO2e<br>[kg] | CH4<br>[g] | N2O<br>[g] | SO2<br>[g] | CO<br>[g] | HC<br>[g] | NOx<br>[g] | PM<br>[g] | Energy<br>[MJ] | MD<br>0.1%S<br>[kg] |
| <b>Vessel (tank to wheel)</b> | 13630                | 13630                 | 0                     | 13850        | 135.9      | 721.9      | 8492       | 11680     | 6289      | 324200     | 2287      | 182600         | 4246                |
| <b>Fuel (well to tank)</b>    | 1333                 | 1333                  | 0                     | 1699         | 14240      | 32.87      | 8216       | 1826      | 15340     | 4747       | 273.9     | 32870          |                     |
| <b>Total</b>                  | 14960                | 14960                 | 0                     | 15550        | 14380      | 754.7      | 16710      | 13500     | 21630     | 329000     | 2561      | 215500         | 4246                |

### Bilaga 3 – Ingångsvärden och resultat vid beräkning av båttransporter med 40 % fyllnadsgrad

|                            |                             |
|----------------------------|-----------------------------|
| Label                      | Bulk carrier                |
| Vehicle type               | Bulk carrier                |
| Calculation model          | Shipment transport - weight |
| Type of waters             | Regional                    |
| Shipment weight            | 1600 tonne                  |
| Distance                   | 314 km                      |
| Ship size                  | 4000 dwt                    |
| Cargo load factor - weight | 40 % weight                 |
| RO 2.7%S, fuel share       | 0 %                         |
| RO 1%S, fuel share         | 0 %                         |
| MD 0.1%S, fuel share       | 100 %                       |
| NOx emission compliance    | Tier II                     |

|                               | Climate gases  |                 |                 |           |         |         | Pollutants |        |        |         |        | Energy & fuel |               |
|-------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------|---------|---------|------------|--------|--------|---------|--------|---------------|---------------|
|                               | CO2 total [kg] | CO2 fossil [kg] | CO2 biogen [kg] | CO2e [kg] | CH4 [g] | N2O [g] | SO2 [g]    | CO [g] | HC [g] | NOx [g] | PM [g] | Energy [MJ]   | MD 0.1%S [kg] |
| <b>Vessel (tank to wheel)</b> | 8630           | 8630            | 0               | 8678      | 86.03   | 457.0   | 5377       | 7394   | 3982   | 205300  | 1448   | 115600        | 2688          |
| <b>Fuel (well to tank)</b>    | 843.9          | 843.9           | 0               | 1076      | 9017    | 20.81   | 5202       | 1156   | 9711   | 3006    | 173.4  | 20810         |               |
| <b>Total</b>                  | 9474           | 9474            | 0               | 9844      | 9109    | 477.8   | 10580      | 8550   | 13690  | 208300  | 1621   | 136400        | 2688          |

