HÖGKAPACITETSTRANSPORTER

- En utvärdering av två alternativa transportlösningar
med avseende på effektivitet och miljöpåverkan

Examensarbete – Högskoleingenjörsprogrammet Logistikingenjör

Anna Karlsson
Linda Malyk

2017.22.04

HÖGSKOLAN I BORÅS

Svensk titel:	Högkapacitetstransporter En utvärdering av två alternativa transportlösningar med avseende på effektivitet och miljöpåverkan
Engelsk titel:	High capacity transport An evaluation of two transport solutions focusing on efficiency and environmental impact
Utgivningsår:	År 2017
Författare:	Anna Karlsson s143034@student.hb.se Linda Malyk s143475@student.hb.se
Handledare:	Henrik Ringsberg henrik.ringsberg@hb.se Akademin för textil, teknik och ekonomi Högskolan i Borås
Examinator:	Andreas Hagen andreas.hagen@hb.se Akademin för textil, teknik och ekonomi Högskolan i Borås

Abstract

Freight transport increases as foreign trade grows, which contributes to greenhouse gas emission. Sustainable development and the environment are important factors in today's society, which imposes demands on new and innovative transport solutions. One way of meeting these demands is through high capacity transports, which are currently being tested, performed and researched frequently in Sweden. High capacity transport refers to truck vehicles that are longer and/or heavier than today's conventional truck that has been given the dispensation to traffic certain areas on the Swedish road network. This study is based on evaluating two intermodal transport solutions for the carriage of goods on the route between Port of Gothenburg and Viared, Borås. One transport solution is based on high capacity transport and the other is based on a rail-based transport solution. Through a case study, the alternative transport solutions are evaluated based on efficiency, including transportation costs, flexibility and time, and the environmental impact including CO_2 emissions.

The conclusions have resulted in high capacity transport generating a higher transport efficiency compared with today's truck that operates the designated road distance in the case study. In lack of material, no concrete costs have been calculated for the various transport solutions. On the other hand, a conclusion could be drawn that alternative transport solutions should not be at a higher cost than today's transport solution results in. From an environmental point of view, CO_2 emissions for the various transport solutions have been calculated. Implementing the entire road haulage with high capacity transport has resulted in a reduction of CO_2 emissions by 30,6 percent compared to the current truck. On the other hand, the study showed that rail transport wins environmental benefits, as compared to the truck that carries the route today, emissions reduce by 80,4 percent. However, CO_2 emissions in the intermodal railroad solution show that road transport contributes 98 percent of emissions.

This study weighs strengths and weaknesses towards each other for the implementation of high capacity transport on the designated route. High capacity transport is also set against the railroad with pros and cons of transporting container goods. The study also contributes to strengthening and reflecting the theory from previously published studies within the subject.

Key words: High capacity transport, CO_2 emissions, Intermodal transports, Railroad, Container transport, Road safety, Flexibility, Dry port.

Sammanfattning

Godstransporter ökar i takt med att utrikeshandeln växer, vilket bidrar till utsläpp av växthusgaser. Hållbar utveckling och miljö är viktiga faktorer i dagens samhälle vilket gör att det ställs krav på nya och innovativa transportlösningar. Ett alternativ att bemöta dessa krav är genom högkapacitetstranporter, som i dagsläget testas, utförs och forskas kring frekvent i Sverige. Högkapacitetstransport avser lastbilsfordon som är längre och/eller tyngre än dagens konventionella lastbil som har fått dispens att trafikera vissa zoner på det svenska vägnätet. Denna studie baseras på att utvärdera två intermodala transportlösningar för transport av gods på sträckan mellan Göteborgs hamn och Viared, Borås. Den ena transportlösningen baseras på högkapacitetstransport och den andra baseras på en järnvägsbaserad transportlösning. De alternativa transportlösningarna utvärderas med avseende på effektivitet omfattande transportkostnad, flexibilitet och tid samt miljöpåverkan omfattande koldioxidutsläpp genom en fallstudie.

Slutsatserna har resulterat i att högkapacitetstransport genererar en högre transporteffektivitet jämfört med dagens dragbil som trafikerar den utpekade vägsträckan i fallstudien. I brist på material har inga konkreta kostnader kunnat beräknats för de olika transportlösningarna. Däremot kunde en slutsats dras kring att de alternativa transportlösningarna ej bör uppgå till en högre kostnad än vad dagens transportlösning genererar. Ur miljösynpunkt har koldioxidutsläpp för de olika transportlösningarna beräknats. Implementeras hela vägsträckan med högkapacitetstransport har resultatet gällande koldioxidutsläpp genererat i en minskning med 30,6 procent jämfört med dagens dragbil. Däremot visade studien att järnvägstransporten vinner miljömässiga fördelar då den jämfört med dragbilen som trafikerar vägsträckan idag reducerar utsläppen med 80,4 procent. Dock visar koldioxidutsläppet i den intermodala järnvägslösningen att vägtransporterna bidrar med 98 procent av utsläppen.

Denna studie väger för- och nackdelar gentemot varandra för en implementering av högkapacitetstransport. Högkapacitetstransporten jämförs även gentemot järnvägens för- och nackdelar vid transport av containergods. Studien bidrar dessutom till att stärka och reflektera över tidigare publicerade studier som finns inom ämnet.

Nyckelord: Högkapacitetstransport, CO_2-Utsläpp, Intermodala transporter, Järnväg, Containertransport, Trafiksäkerhet, Flexibilitet, Dryport.

Förord

Detta examensarbete instiftas som avslutande moment på högskoleingenjörsprogrammet Industriell Ekonomi med inriktning Logistik. Examensarbetet har genomförts vid akademin för textil, teknik och ekonomi på Högskolan i Borås. Uppdragsgivaren var Borås Stad i samarbete med flertalet involverade aktörer och utfördes under våren år 2017.

Vi vill rikta ett stort tack till vår externa handledare Robert Ljunggren på TransportSupport Göteborg, som möjliggjort utförandet av vårt examensarbete genom ett gott samarbete.

Vi vill även rikta ett stort tack, till vår interna handledare, Henrik Ringsberg, universitetslektor för akademin textil, teknik och ekonomi på Högskolan i Borås, som under utförandet av examensarbetet stöttat och väglett med rådgivning.

Slutligen vill vi även tacka alla involverade aktörer som deltagit vid möten och bidragit med stor erfarenhet inom ämnet.

Borås, juni 2017

Anna Karlsson

Linda Malyk

Terminologi

Dolly- Ett hjälpmedel till att sammankoppla flertalet trailers med hjälp av hjulpar eller en lös hjulboggie, som innehåller en dragstång och vändskiva (Lumsden 2006).

Dryport- En dryport (torrhamn), definieras som en intermodal inlandsterminal direkt ansluten till en hamn med huvudsakligen järnväg, där kunderna kan lämna och hämta deras enheter som om det vore direkt till en hamn (Roso & Lumsden 2010).

Fallstudie- Definitionen av en fallstudie är en metod för att studera ett empiriskt område, vilket genomförs av att följa ett visst tillvägagångssätt som noga är angett på förhand (Yin 2007).

Fyllnadsgrad- Avser utnyttjad lastkapacitet, vilket mäts som utnyttjad andel av den totala lastvolymen, flakmeter, maxvikten eller lastytan (Jonsson & Mattsson 2011). I denna studie avser fyllnadsgraden utnyttjad lastvolym.

Högkapacitetstransporter- Är en gemensam term som används för alla kombinationer eller system som ökar transportkapaciteten (Bergqvist & Monios 2016). I denna studie kommer högkapacitetstransporter att avse transporter av lastbilsfordon som överstiger dagens bestämmelser gällande vikt och längd.

Intermodala transporter- En intermodal transport innebär att en transport kombineras med två eller flera trafikslag, till exempel järnväg och vägtransport (Jonsson & Mattsson 2011).

Pre and post haulage- Pre and Post Haulage-aktiviteter innebär att järnvägstransporten står för huvudaktiviteten av transporten i en intermodal transportkedja, där godset transporteras till och från en terminal via vägtransport, med hantering och överflyttning av lastenheter mellan trafikslag (Ye, Shen & Bergqvist 2014).

Twenty- foot Equivalent Unit- Är ett mått som används gällande kapacitetsuppgifter på lastenheter, där 1 TEU är ekvivalent med en 20 fots container (Lumsden 2006).

Förkortningar

BK= Bärighetsklass (vägens förmåga att bära fordon).

EMS= European Modular System (Europeiska modulsystemet).

ETT= En Trave Till, projekt som kör timmertransport med HCT- fordon i norra Sverige.

HCT= Högkapacitetstransport (se terminologi).

NTM- analys= Network for Transport Measures Analysis (beräkningsverktyg för att beräkna koldioxidutsläpp).

PPH = Pre and Post Haulage (se terminologi).

SURFLOGH= Smart URban Freight LOGistics Hubs (smarta urbana godstransportlösningar).

TEU= Twenty-foot Equivalent Unit (se terminologi).

Innehållsförteckning

1. Introduktion 1
1.1 Bakgrund 1
1.2 Syfte och frågeställning 2
1.3 Avgränsningar 2
1.4 Disposition 3
2. Metod 4
2.1 Analys av data 5
2.2 Validitet och Reliabilitet 7
3. Teoretisk referensram 8
3.1 Högkapacitetstransport 8
3.1.1 Trafiksäkerhet 10
3.1.2 Flexibilitet 12
3.2 Intermodala transporter 13
3.3 Järnväg 15
3.4 Dryport 16
4. Fallstudie 17
4.1 Kundbehov 18
4.2 Högkapacitetstransport 19
4.3 Järnvägstransport 21
5. Resultat 22
5.1 Utgångspunkt- Referensfordon 22
5.1.1 Transportkostnad 22
5.1.2 Koldioxidutsläpp 24
5.2 Alternativ 1- Referensfordon med ett inkluderande HCT-fordon 24
5.2.1 Transportkostnad 25
5.2.2 Koldioxidutsläpp 26
5.3 Alternativ 2- Transportlösning med endast HCT 27
5.3.1 Transportkostnad 27
5.3.2 Koldioxidutsläpp 28
5.4 Alternativ 3- Järnvägsbaserad transportlösning 28

5.4.1 Transportkostnad 29
5.4.2 Koldioxidutsläpp 30
5.5 Sammanställning 32
5.5.1 Effektivitetsvariabler 32
5.5.2 Miljöpåverkan 35
6. Diskussion 39
6.2 Teoretiskt bidrag 41
7. Slutsats 41
8. Referenslista 43
Bilagor 49

1. Introduktion

Detta avsnitt introducerar läsaren till ämnet, behandlar studiens bakgrund och syfte innehållande frågeställningar samt beskriver studiens avgränsningar.

1.1 Bakgrund

FN:s klimatpanel Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) har konstaterat att människan är en bidragande orsak till att jordens klimat blir varmare (Naturvårdsverket 2016a). Växthusgaserna har ökat globalt med 40 procent sedan förindustriell tid, vilket i huvudsak kommer från förbränning av fossila bränslen (Naturvårdsverket 2016a). En fjärdedel av Europas koldioxidutsläpp kommer från lastbilstransporter (European Commission 2017). Trots framsteg inom bränsleeffektivitet, ökar utsläppen i takt med att godstransporterna växer (European Commission 2017). En orsak till att godstransporten ständigt ökar varje år beror på tillväxten av utrikeshandeln (Trafikanalys 2014). Åtgärder för att minska koldioxidutsläppen inom transporter måste vidtas omgående inom alla nationer (Banister et al. 2011). För att minska utsläppen av växthusgaser måste transportsystemet bli mer energieffektivt, samtidigt som beroendet av fossila bränslen måste minska (Trafikverket 2017). En tredjedel av Sveriges totala utsläpp kommer från växthusgaser (Naturvårdsverket 2016b), där godstransporter är en bidragande orsak till framförallt koldioxidutsläpp (Abbasi & Nilsson 2012). I juni år 2015 ändrades bruttovikten för en lastbil från 60 ton till 64 ton som får köras på det svenska vägnätet med bärighetsklass 1 (BK1) (Transportstyrelsen 2015). För att öka konkurrenskraften inom industrin och för att nyttja vägarna på ett mer effektivt sätt, vill regeringen öka bruttovikten på lastbilar ytterligare och tillåta 74 tons fordon på ett utpekat vägnät (Trafikverket 2016a). Till följd av en ökad bruttovikt kan dessutom mer gods fraktas med färre antal lastbilar som har resulterat i minskade utsläpp, vilket kan stärka den miljömässiga hållbarheten för godstransporter (Guzman, Vassallo & Hortelano 2016). Enligt Ye, Shen och Bergqvist (2014) finns det två anmärkningsvärda förbättringsåtgärder för att öka transporteffektiviteten, intermodala transporter samt högkapacitetstransporter (HCT) (Ye, Shen & Bergqvist 2014). Ett HCT-fordon, innebär att fordonet får överskrida de bestämmelser som idag finns i både avseende vikt och längd (Volvo Trucks 2016). Studier har visat att bränsleförbrukningen per tonkilometer har minskat för 74 tons fordon, jämfört med ett fordon på 60 ton (Adell et al. 2016). Studier har även visat att HCT-fordon ger kostnadsfördelar för företag, då det krävs färre antal förare att transportera samma mängd gods (Grislis 2010). HCT- fordon omges av ett relativt strikt regelverk med restriktioner på både fordon, förare, trafikering och infrastruktur, vilket gör att många forskare anser att HCT-fordon är mer säkra än andra lastbilsfordon (Asp & Berndtsson 2015). Däremot kan HCT-fordon bidra till ett skifte från järnväg till väg (Mellin & Ståhle 2010). Tidigare publicerade studier presenterar för- och nackdelar med införande av HCT-fordon med utgångspunkt från ett konkurrensperspektiv (Adell et al. 2016). Tidigare forskning som gjorts i Sverige kring högkapacitetstransporter, har framför allt avsett timmertransporter i Norrland (Fogdestam & Löfroth 2015). Däremot finns det inte mycket forskning kring huruvida högkapacitetstransporter kan fungera i mindre stadsmiljöer eller ej. Det finns fortfarande ett

gap inom den akademiska litteraturen avseende jämförande analyser där användning av HCT jämförs med användning av järnväg inom intermodala transporter av gods. Denna studie kommer att utvärdera två alternativa transportlösningar vilka omfattar högkapacitetstransport alternativt intermodal transportlösning innehållande järnvägstransport med avseende på effektivitet och miljöpåverkan.

1.2 Syfte och frågeställning

För att tillmötesgå behovet av ytterligare jämförande studier omfattande HCT-fordon har följande syfte formulerats nedan.

Syftet med studien är att utvärdera två intermodala transportlösningar för gods: en baserad på användning av en HCT-fordonslösning och en baserad på användning av en järnvägsbaserad lösning. Transportlösningarna kommer att utvärderas med avseende på effektivitet (tid, transportkostnad, flexibilitet) och miljöpåverkan (koldioxidutsläpp).

Frågeställningar:

Utifrån syftet har följande huvudfrågeställning formulerats:

- Hur kan högkapacitetstransporter effektivisera transport av gods?

För att besvara huvudfrågeställningen har följande två mindre delfrågeställningar formulerats:

- Vilka effektivitetsfördelar i tid, kostnad och flexibilitet kan erhållas vid införande av högkapacitetstransport?
- Vilka miljömässiga fördelar kan erhållas vid införande av högkapacitetstransport?

1.3 Avgränsningar

Studien avgränsar sig till att studera två alternativa transportlösningar innehållande containergods på sträckan mellan Göteborgs hamn och Viared, Borås. I denna studie kommer slutdestinationen för godset att avse Viared, Borås. Studien kommer att avgränsa sig till att betrakta de olika transportlösningarna utifrån ett kundperspektiv, vilket innebär att beräkningarna endast kommer att avse transportkostnader för kunds räkning. Med avseende på kostnad och miljöpåverkan kommer inga beräkningar utföras för de rundturer som har tomretur och är baserad på användningen av HCT-fordonslösningar. Däremot kommer studien att beräkna tomreturer på den järnvägsbaserade transportlösningen. Tomreturerna kommer inte att beräknas på godståget utan endast på vägtransporten. Beräkningar gällande miljöpåverkan kommer endast att avse koldioxidutsläpp. Benämningen högkapacitetsfordon kommer endast att avse lastbilsfordon i denna rapport.

1.4 Disposition

Avsnittet presenterar en sammanfattande översikt på respektive kapitel i studien, som syftar till att underlätta för läsaren.

Kapitel 1- Introduktion
Introduktionen beskriver bakgrunden till studien, dess syfte och frågeställningar samt de avgränsningar som använts i studien.

Kapitel 2- Metod
Metoden beskriver hur studien har genomförts samt dess vetenskapliga grund. I detta avsnitt beskrivs vilka metoder som använts vid respektive datainsamling. Metodens syfte är att presentera studiens genomförande så pass detaljerat i den grad att den skall kunna repeteras utifrån metoden och erhålla samma resultat.

Kapitel 3- Teoretisk referensram
Teoretisk referensram presenterar den tillgängliga teori som litteraturinsamlingen gav resultat av. I detta avsnitt presenteras teori kring ämnet högkapacitetstransporter, intermodala transporter, järnvägstransporter och dryport.

Kapitel 4- Fallstudie
I fallstudien presenteras en nulägesbeskrivning innehållande dagens transportlösning med kundbehov. I avsnittet presenteras två olika transportlösningar med respektive utgångspunkt i hur de skulle genomföras vid en implementering. Fallstudiens syfte är att med hjälp av den teoretiska referensramen kunna besvara studiens forskningsfråga i avsnittet som berör resultatet.

Kapitel 5- Resultat
I resultatet görs jämförande analyser mellan teori och empiri. I resultatet presenteras den data som framkommit utifrån fallstudien innehållande bland annat koldioxidutsläpp samt transportkostnader. I detta avsnitt besvaras studiens frågeställningar som sedan kommer att leda till slutsatser.

Kapitel 6- Diskussion
I detta kapitel förs en diskussion kring resultatet som studien har uppvisat, där avsnittet dessutom behandlar författarnas egna synpunkter.

Kapitel 7- Slutsats
Slutsatsen består av en sammanfattning där det mest betydelsefulla resultatet presenteras, dessutom framförs det rekommendationer till vidare forskning.

2. Metod

Detta avsnitt beskriver studiens process och arbetsgång, vilket behandlar studiens litteratursökning, vilka metodval som gjorts och studiens vetenskapliga perspektiv.

Denna studie bygger på en empirisk fallstudie, där mixed methods (mixade metoder) har använts. Yin (2007) definierar en fallstudie som en metod för att studera ett empiriskt område, vilket genomförs av att följa ett visst tillvägagångssätt som noga är angett på förhand (Yin 2007). Enligt Flyvbjerg (2006) är en fallstudie en tillräcklig metod för viktiga forskningsfrågor i samhällsvetenskap och det är en metod som håller sig väl i jämförelse med andra metoder i spektrat av samhällsvetenskaplig forskningsmetodik (Flyvbjerg 2006). Mixed methods erkänner vikten av traditionell kvantitativ och kvalitativ forskning men erbjuder även ett tredje paradigm (Johnson, Onwuegbuzie & Turner 2007). Kvantitativ forskning kan studeras som en forskningsstrategi som understryker kvantifiering när det gäller insamling och analys av data (Bryman 2011). Kvalitativ forskning lägger vanligtvis tyngd på ord och inte kvantifiering under insamlingen och analysen av data (Bryman 2011). Att använda mixed methods kan både bredda och stärka studien då metoden använder sig av både kvalitativ och kvantitativ forskningsmetodik (Yin 2007). Enligt Johnson, Onwuegbuzie och Turner (2007) ger mixed methods det mest informativa, kompletta, användbara och balanserade forskningsresultatet (Johnson, Onwuegbuzie & Turner 2007). En kvantitativ metod innehåller material som bygger på kvantifierbara analyser, alltså siffror eller tal, som kan behandlas kvantitativt genom olika slags beräkningar (Justesen & Mik-Meyer 2011). Kvantitativa och kvalitativa metoder är i allmänhet associerat med två huvudsakligen olika forskningsparadigm (Mangan, Lalwani & Gardner 2004). Kvantitativa metoder associeras med positivism och kvalitativa metoder associeras med fenomenologi (Mangan, Lalwani & Gardner 2004). Kvantitativ forskning har ett deduktivt synsätt medan kvalitativ forskning har ett induktivt synsätt (Bryman 2011). Inom samhällsvetenskap representerar deduktiv teori den vanligaste uppfattningen om förhållandet mellan teori och praktik samt induktiv teori beskriver konsekvenserna av resultaten för den teori som låg bakom undersökningen (Bryman 2011). Enligt Spens och Kovács (2006) är det viktigt att redogöra vilket angreppssätt studien förhåller sig till, då ett felaktigt redogörande kan minska reliabiliteten och möjligheten till upprepning inom en studie (Spens & Kovács 2006).

Studien utgick från att göra en övergripande litteraturgenomgång av den tillgängliga teorin kring ämnet för att sedan kunna kartlägga dess kunskapsgap. När kunskapsgapet väl var identifierat, formulerades studiens syfte och frågeställningarna fastställdes med uppgift att besvara syftet. Det teoretiska ramverket byggdes upp med insamling av litteratur och vetenskapliga artiklar. Litteraturstudien hade sin utgångspunkt i databasen “Summon” med avgränsningar i form av vetenskapliga publikationer (Peer review). De sökord som användes i databasen demonstreras nedan:

- Mixed methods
- Reliability and validity
- Triangulation
- Quantitative and qualitative
- Case study
- LHV and safety

- LHV and flexibility
- High capacity transport
- Sustainability and logistics
- Dry ports
- Intermodal transports
- Longer and heavier vehicles

Förutom litteraturgenomgången av de vetenskapliga artiklarna, gjordes dessutom en utökad litteraturgenomgång i form av kurslitteratur, vetenskapliga böcker och trovärdiga webbsidor från myndigheter och institutioner, för att kunna stärka det teoretiska ramverket. Vetenskapliga publikationer kring ämnet visade sig vara av ett begränsat antal på grund av det kunskapsgap som finns. Därav gjordes även en sökning bland befintliga rapportserier som berör ämnet. De rapportserier som användes var främst från svenska myndigheter och institutioner då de ofta bygger på ett team med forskare och ämnesexperter.

Enligt Yin (2007) ökar en studie sin sannolikhet och övertygelse om forskarna använder sig av fler olika typer av informationskällor, samstämmigheten ökar i studien, vilket kallas för trianguleringsprocess (Yin 2007). Triangulering innebär att flera metoder eller datakällor används vid en studie, vilket stärker tillförlitligheten (Bryman 2011). Metodologisk triangulering använder både kvalitativa och kvantitativa forskningsmetoder för att få en ökad multidimensionell insikt vid managementforskning (Mangan, Lalwani & Gardner 2004). Dessutom ökar insikten i forskningsämnet om fler än en forskningsmetodik används (Mangan, Lalwani & Gardner 2004). Easterby-Smith et al. (1991) beskriver att det finns fyra stycken olika trianguleringsmetoder att ta hänsyn till för att stärka en studie, dessa är:

1. Datatriangulering, där uppgifterna samlas in från olika källor och/eller vid olika tidpunkter.
2. Forskare-triangulering, där olika forskare oberoende samlar data.
3. Metodtriangulering, där både kvalitativa och kvantitativa forskningsmetoder används.
4. Triangulering av teorier, där teorier är tagna från en disciplin och används för att förklara ett fenomen i en annan disciplin.

(Mangan, Lalwani & Gardner 2004).

Teoretiska referensramen färdigställdes och fallstudien påbörjades, där insamling av data på nytt genomfördes. Datainsamlingen som presenteras i avsnittet som berör fallstudien är inhämtat under genomförda möten med de olika aktörerna som är delaktiga i projektet. Efter att fallstudien färdigställdes påbörjades resultatavsnittet och arbetet med den kvantitativa bearbetningen. Jämförande analyser genomfördes mellan teori och empiri, där slutsatser för studien kunde fastställas.

2.1 Analys av data

Den insamlade kvantitativa data som berör fallstudien och koldioxidutsläpp har analyserats med verktyget network for transport measures (NTM). På NTM:s hemsida beskrivs verktyget som en metod för att främja och utveckla transportsektorns miljöpåverkan. Verktyget skapar en gemensam värdegrund för miljöutsläpp på olika transportfordon. Beräkningarna görs med

avseende på gods- och persontransporternas emissioner, användning av naturresurser samt andra externa effekter (Transportmeasures 2017).

För att behandla NTM-analysen har miljöklassen på fordonen i studien iakttagits. Det finns tre stycken olika miljöklasser gällande diesel (se tabell 2.1). Antaganden har tagits i NTM-analysen om att svensk diesel kommer att användas i studien då transporterna avser inrikestransporter. De beräkningar som gjorts bygger på diesel med miljöklass 1. Antaganden som gjorts i studien är att godståget drivs av fossila bränslen, detta för att verktyget gällande beräkning av koldioxidutsläpp lämpar sig bäst för denna typ av drivmedel. Dessutom blir det en likvärdig jämförelse, då alla transportsätt använder samma bränsleslag. På samtliga beräkningar i studien gällande koldioxidutsläpp har uträkningarna avrundats uppåt. Bränsleförbrukningen togs fram utifrån en tabell och koldioxidinnehåll diesel är en konstant på 2 600 gram per liter.

Tabell 2.1. Miljöklasser för diesel (Transportstyrelsen 2017).

Miljöklass 1	Används på de svenska bensinstationerna sedan år 1990, 10 ppm i svavelhalt.
Miljöklass 2	Infördes i Sverige år 1990
Miljöklass 3	EU-krav, tillåter polyaromatiska kolväten, 10 ppm i svavelhalt

Formler som använts i NTM-analysen illustreras nedan (se figur 2.1).

$$CO_2 - \text{Utsläpp/länk} = \frac{\text{Transportarbete [tonkm]} * CO_2\text{–utsläpp [g/tonkm]}}{1000}$$

Där,

$$CO_2 - \text{Bidrag} = \frac{\text{Bränsleförbrukning [l/km]} * CO_2 \text{ innehåll diesel [g/l]}}{\text{Vikt på gods [ton]}}$$

$$\text{Transportarbete} = \text{Vikt på gods [ton]} * \text{Sträcka [km]}$$

Figur 2.1. Formler gällande beräkningar för NTM-analys.

Resultatet är uppdelat i tre stycken olika transportlösningar med referensfordonet som utgångspunkt, vilket är dagens dragbil som transporterar containrarna. De tre olika transportlösningarna benämns i studiens resultatavsnitt som alternativ 1, alternativ 2 och alternativ 3, där alternativen kommer att jämföras med dagens referensfordon (se kapitel 4). Alternativ 1 och alternativ 2 avser en HCT-baserad transportlösning, där det i alternativ 1 implementeras ett HCT-fordon på den utpekade vägsträckan och det resterande godset transporteras med referensfordonet för att uppfylla kundbehovet. I alternativ 2 beläggs hela vägsträckan med HCT-fordon och referensfordonet exkluderas. Alternativ 3 är baserad på en intermodal järnvägsbaserad transportlösning. I detta alternativ transporteras godset med järnväg till en terminal, där rangering av contaniergodset sker till vägtransport.

Enligt NTM-analysen innebär CO_2-utsläpp per länk att beräkningen utgår från vad transporten har för körning på en viss sträcka, det vill säga i form av stadskörning, motorvägskörning etcetera (se figur 2.1). I denna rapport har antaganden tagits kring vägsträckan som referensfordonet trafikerar idag, där vägsträckan Göteborgs hamn till Viared, Borås har en längd på 69 kilometer med motorvägskörning. Rundkörningen på Viared har beräknats till en längd på 6 kilometer med stadskörning, vilka sedan har adderats för att få fram det totala koldioxidutsläppet för sträckan. Detta antagande har beaktats i alternativ 1 och alternativ 2. Andra antaganden som studien har tagit är att respektive transportlösning har 100 procent fyllnadsgrad i de olika alternativen. Gällande transportkostnaden som beräknats avser denna endast kostnaden utifrån kundens synvinkel, det vill säga kostnaden för att frakta en container från en punkt A till en punkt B. Gällande NTM-analysen gjordes inga beräkningar på rundturer som har en tom retur på alternativ 1 samt alternativ 2, då antaganden har gjorts att transporter som inte har returer från Viared, åker vidare inom området för nya uppdrag, istället för att köras tomma tillbaka till Göteborg. Däremot har beräkningar gjorts för alternativ 3 vid tomreturer som berör vägtransport då fordonet kommer att köra till och från järnvägsterminalen för upphämtning av containrar till Viared. Beräkningar har däremot inte gjorts kring tomreturer som berör godståget på alternativ 3, då antaganden gjorts att fordonet endast lossar containergodset vid terminalen och därefter återupptar rutten. Antaganden har tagits i studien att transporten av godset sker med frekventa intervaller, närmare bestämt att antalet TEU per vecka fördelats jämnt över en femdagarsperiod för att uppfylla kundbehovet.

I rapporten kommer benämningarna rundtur, transportlänk och transportsträcka att nämnas. Med rundtur avses transport mellan en punkt A tillbaka till punkt A. Inom en rundtur förekommer en transportsträcka, där en transportsträcka i denna rapport kommer att avse godstransport enkelväg från punkt A, Göteborgs hamn, till punkt B, Viared i Borås. Inom en transportsträcka kan flertalet transportslag användas mellan destinationerna och kommer då att benämnas som transportlänk. Med transportlänk avses vilken typ av trafikslag som används och dess bränsleförbrukning.

2.2 Validitet och Reliabilitet

Validitet innefattar om huruvida de slutsatser som uppkommit från en studie hänger ihop eller inte (Bryman 2011), medan reliabilitet, tillförlitlighet, handlar om huruvida studiens utförande skall kunna genomföras på nytt och uppnå samma resultat (Yin 2007). Syftet med reliabiliteten är att minimera fel som kan uppstå under studiens gång (Yin 2007).

Studien har använt sig av två stycken trianguleringsmetoder av de fyra stycken som nämnts tidigare för att stärka studiens reliabilitet. De två som tillämpats i studien är datatriangulering och metodtriangulering. Datatriangulering har använts då datainsamlingen skett över en längre tid samt att olika källor har använts för att skapa den teoretiska referensramen. Genom att i studien använda flertalet vetenskapliga artiklar samt kompletterad litteratur stärks studiens validitet. När olika källor används medföljer en större bredd av författare, vilket också stärker studiens validitet. Slutsatserna som studien påvisat sammanlänkas och verifieras med flertalet källor. Metodtriangulering har nyttjats i form av att studien har tillämpat både

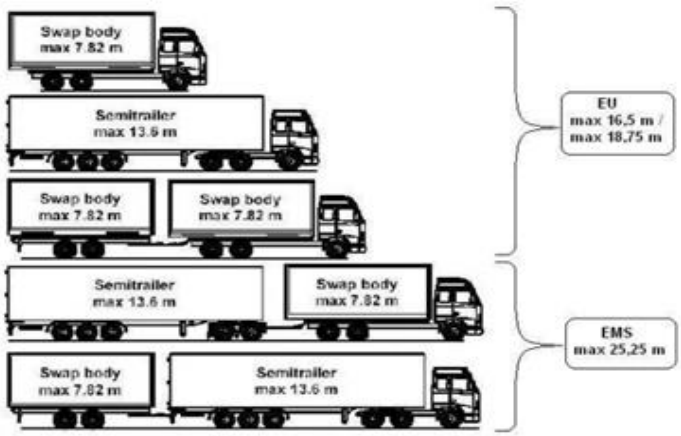
kvalitativa och kvantitativa metoder i form av mixed methods. Där en större bredd av insamlingen av data nyttjas. Studiens reliabilitet har dessutom styrkts genom metodavsnitt som beskriver hur studien är uppbyggd och på vilket sätt den utförts för att uppnå resultatet i resultatavsnittet. NTM-analysen som använts vid beräkning av koldioxidutsläpp har tydligt redogjorts i metodavsnittet innehållande formler. I fallstudien har samtliga data som berör NTM-analysen redovisats, vilket innebär att en upprepning av NTM-analysen skulle ge identiskt resultat vilket styrker studiens slutsatser gällande koldioxidutsläpp.

3. Teoretisk referensram

Detta avsnitt behandlar insamlad information från tidigare forskning kring högkapacitetstransporter. Teoriavsnittet presenterar HCT utifrån säkerhets- och flexibilitetsaspekter och relaterar till intermodala transporter, järnvägsbaserade transportlösningar samt dryports.

3.1 Högkapacitetstransport

Europeiska unionen (EU) fastställde under 1980-talet bestämmelser gällande tunga fordon, vilket genererade i att direktivet 96/53/EG utformades för att uppfylla tre viktiga mål, vilka var att skydda infrastrukturen, garantera trafiksäkerhet och trygga fri konkurrens på den inre marknaden (European Commission 2017). Det nya direktivet löd enligt Europaparlamentets och rådets direktiv 96/53/EG av den 25 juli 1996 som största tillåtna dimensioner i nationell och internationell trafik och högsta tillåtna vikter i internationell trafik för vissa vägfordon som framförs inom gemenskapen (OJ L235, 17.9.1996, s. 59–75). Detta direktiv 96/53/EG är det så kallade europeiska modulsystemet (EMS) (European Modular System 2009).



Figur 3.1. Dimensioner för EMS (Åkerman & Jonsson 2007)

Regelverket EMS, kring tyngre och längre fordonsdimensioner grundar sig i direktivet 96/53/EG. Det omfattar bland annat totalvikt, axelvikt, längd, höjd och bredd på fordonet (se figur 3.1) (Asp & Berndtsson 2015). Syftet är att fordon som är godkända inom EU ska ha möjlighet att färdas fritt över gränserna (Asp & Berndtsson 2015). Natanaelsson, Åsman, Grudemo & Adell (2015) skriver att alla länder inom EU har samma direktiv att följa,

däremot finns det skillnader gällande användningen av längre och tyngre fordon. Det har utförts mycket forskning kring införande av längre och tyngre fordon i andra länder (Natanaelsson et al. 2015). I dessa länder har det studerats en förändring på fordon från 40 ton och 18,75 meter till 60 ton och 25,25 meter, vilka är mått som Sverige redan använder sig av (Natanaelsson et al. 2015). Enligt undersökningar kan en ändring av de nuvarande lastbilarna i EU till HCT-fordon reducera vägtransportkostnaderna med approximativt 15–30 procent i genomsnitt (De Ceuster et al. 2008). Den 1 juni 2015 ändrades bruttovikten på lastbilar med tillkopplad släpvagn från 60 ton till 64 ton i Sverige på vägnätet som har bärighetsklass 1 (BK 1), där längden 25,25 meter förblir oförändrad (Transportstyrelsen 2015). Trafikverket har även tagit fram ett förslag på att införa ett nytt vägnät med en ny bärighetsklass 4 (BK 4) i Sverige, där tillåten bruttovikt kommer att vara 74 ton (Natanaelsson & Ngo 2016). BK 4-vägnätet kommer att nyttja cirka 8 procent av det statliga BK 1-vägnätet i dagsläget, innehållande fem geografiska zoner. Vägnätet är framtaget utifrån infrastruktur och överflyttningseffekter, där det långsiktiga målet är att BK 4-vägnätet skall täcka det nuvarande BK 1-vägnätet (Natanaelsson & Ngo 2016). Vid ett införande av HCT-fordon på det allmänna vägnätet i Sverige kan fordonen däremot öka belastningen på broar, då de inte är dimensionerade utefter ett HCT-fordon (Natanaelsson et al. 2015; Knight et al. 2008; Grislis 2010). Trafikverket har uppskattat att det rör sig om cirka 600–700 stycken broar som behöver förstärkas i Sverige, vilket uppskattas få en kostnad på 12 miljarder kronor fram till år 2030, med en årlig reparation på cirka 80 stycken broar (Adell et al. 2016).

ETT (En Trave Till) är det mest omfattande projektet som utförts i Sverige med syfte att testköra HCT-fordon (Fogdestam & Löfroth 2015). Sedan år 2011 har en utveckling skett i Sverige gällande HCT-fordon, där intresset för HCT-lösningar har ökat bland företag och intressenter även utanför skogsindustrin (Asp & Berndtsson 2015). Det första ETT-projektet inleddes med Skogforsk, det svenska skogsbrukets forskningsinstitut, som pionjär redan år 2009 och har inkluderat två fordonstyper av tyngre och längre slag (Fogdestam & Löfroth 2015). Den första fordonstypen kallas ETT och är 30 meter långt med en bruttovikt på 90 ton. Den andra fordonstypen kallas ST (Större Travar) och innehar en längd på 24 meter med en bruttovikt på 74 ton. ETT-projektets utfall resulterade i att 1 300 stycken konventionella timmerlastbilar kan reduceras. Detta förutsatt att dagens 2 000 stycken konventionella 60-tons timmerlastbilar i Sverige ersätts av 30 procent ETT-fordon och 70 procent ST-fordon (Fogdestam & Löfroth 2015). Samtidigt skulle den totala bränsleförbrukningen kunna minska med minst 20 miljoner liter diesel per år i Sverige (Fogdestam & Löfroth 2015). Enligt Mellin och Ståhle (2010) är det viktigt att se över beroendet av fossila bränslen och utvecklingen till hållbara drivmedel inom godstransport (Mellin & Ståhle 2010). En studie utförd av Asp och Berndtsson (2015) visar att om HCT-fordon använder sig av 100 procent förnybart bränsle år 2050 så kommer en implementering av HCT-fordon inte påverka koldioxidutsläppen (Asp & Berndtsson 2015). Studier har visat att bränsleförbrukningen per tonkilometer minskat med 8–15 procent för 74 tons fordon med en längd på 25,25 meter och 18–27 procent för 74 ton och 34 meter, jämfört med ett fordon på 60 ton och en längd på 25,25 meter (Adell et al. 2016). Enligt Adell et al. (2016) beror reduceringen av bränsle på utformningen av ekipaget och dess möjlighet till optimering av nyttolasten (Adell et al. 2016). Varugrupper med lättare vikt som till exempel livsmedel drar nytta av en längdreform, där volymen har en större

inverkan än vikten. Transporter av tyngre gods som till exempel skogsbruk, råolja, stål och anläggningsmaterial med mera, har större användning av en lastbil med en tyngre bruttovikt (Natanaelsson et al. 2015).

Publicerade studier gällande HCT-fordon tar upp fem viktiga faktorer som måste beaktas gällande fordonets inverkan (Rodrigues Sanchez, Piecyk, Mason & Boenders 2015). De faktorer som definieras är energieffektivitet, koldioxidutsläpp, kostnad, säkerhet och infrastruktur (Rodrigues Sanchez et al. 2015). Tidigare studier visar även på att HCT- fordon bidrar till kostnadsfördelar samtidigt som transporteffektiviteten ökar och utsläpp av koldioxid minskar (Guzman, Vassallo & Hortelano 2016; Mellin & Ståhle 2010; Natanaelsson et al. 2015; Adell et al. 2016). Enligt Ye, Shen och Bergqvist (2014) finns det två anmärkningsvärda förbättringsåtgärder för att öka transporteffektiviteten, HCT-fordon samt intermodala transporter (Ye, Shen & Bergqvist 2014). Det krävs ett mindre antal lastbilar att transportera samma mängd gods vid användning av ett HCT-fordon istället för konventionella lastbilar, detta bidrar till minskade koldioxidutsläpp samt kostnadsfördelar (Guzman, Vassallo & Hortelano 2016; Mellin & Ståhle 2010; Natanaelsson et al. 2015; Adell et al. 2016). Grislis (2010) anser att HCT-fordon ger kostnadsfördelar för företag, då det krävs ett färre antal förare och en reducerad bränsleförbrukning att transportera samma mängd gods (Grislis 2010). Däremot kan HCT-fordon bidra till ett skifte från järnväg till väg (Mellin & Ståhle 2010; Natanaelsson et al. 2015; Adell et al. 2016).

3.1.1 Trafiksäkerhet

Försörjningskedjan inom transportlogistiken har utvecklats i Europa och är idag beroende av vägtransport (Rodrigues Sanchez et al. 2015). Det har byggts logistikparker runt om i Europa som är kopplade till motorvägarna och som har kommit att bli en etablerad del inom försörjningskedjan (Rodrigues Sanchez et al. 2015). Huruvida trafiksäkerheten påverkas negativt eller ej av ett införande av HCT skiljer sig mellan olika publicerade studier. Vissa studier och forskare anser att olycksrisken kan öka och ge värre konsekvenser vid ett införande av HCT-fordon (Natanaelsson et al. 2015). Däremot hävdar andra studier och forskare att teorierna kan falsifieras då det blir en minskad exponering av fordon på vägarna (Natanaelsson et al. 2015; Castillo-Manzano, Castro-Nuño & Fageda 2016). Grislis (2010) anser att säkerhetsaspekten kring HCT-fordon skiljer sig mellan olika experter och länder. Detta kan bland annat bero på skillnaden i tillgänglig data, geografi och infrastruktur (Grislis 2010).

I dagsläget omges HCT- fordon av ett relativt strikt regelverk med restriktioner på både fordon, förare, trafikering och infrastruktur, vilket gör att flera forskare anser att HCT-fordon är säkrare än andra fordon (Asp & Berndtsson 2015). Däremot menar Björnstig, Björnstig och Eriksson (2008) att den procentuella andelen dödsolyckor kopplat till tunga fordon har ökat de senaste decennierna, medan dödsolyckorna mellan två personbilar har minskat med två tredjedelar (Björnstig, Björnstig & Eriksson 2008). Fem gånger så många dödsolyckor sker med tunga lastbilar och bussar jämfört med personbilar. För att minska dessa olyckor exemplifieras olika åtgärder, bland annat att antalet tunga vägtransporter bör minskas på

vägarna (Björnstig, Björnstig & Eriksson 2008). Dessutom kan åtgärder vidtas genom att tidsmässigt och fysiskt separera tunga och lätta fordon (Björnstig, Björnstig & Eriksson 2008). Enligt af Wåhlberg (2008) minskar olyckorna med storleken på fordonet, där det har visat sig att lastbilar som framförts utan last eller utan tillkopplad trailer varit mer utsatta för olyckor. Detta kan bero på att föraren anpassar sitt körbeteende till det bättre när ett tyngre fordon skall köras (af Wåhlberg 2008). Enligt af Wåhlberg (2008) påverkas inte trafiksäkerheten av en övergång på fordon från 60 ton till 80 ton, då det skulle leda till att färre antal fordon skulle trafikera vägarna (af Wåhlberg 2008; Castillo-Manzano, Castro-Nuño & Fageda 2016). En jämförelse som gjordes mellan lätta-, medeltunga- och tunga lastbilar resulterade i att de lätta lastbilarna visade sig vara mest utsatta för trafikolyckor då de ofta framförs i stadsmiljöer, vilket ökar riskexponeringen (Castillo-Manzano, Castro-Nuño & Fageda 2016). De medeltunga lastbilarna resulterade i flest antal dödsolyckor, vilket kan bero på att de kan vara mindre flexibla än de lätta lastbilarna och kör med en högre hastighet än de tyngre lastbilarna (Castillo-Manzano, Castro-Nuño & Fageda 2016). Däremot visade sig de tunga lastbilarna inte vara mer förknippade med trafikolyckor eller dödsfall (Castillo-Manzano, Castro-Nuño & Fageda 2016). Enligt Castillo-Manzano, Castro-Nuño och Fageda (2016) kan detta bero på att HCT-fordon cirkulerar på bredare och säkrare vägar med säkerhetsutrustning (Castillo-Manzano, Castro-Nuño & Fageda 2016).

Säkerheten kring tyngre och längre lastbilar på vägarna är en viktig aspekt som de stora tillverkningsföretagen arbetar frekvent med (Grislis 2010). Aspekter som bör beaktas gällande säkerhetssynpunkter vid ett införande av HCT-fordon på vägnätet är, vilken hastighet som fordonet kommer att färdas i, vilken rutt den kommer att färdas samt vilken tid på dygnet som fordonet trafikerar vägen (Bergqvist & Behrends 2011). Rodrigues Sanchez et al. (2015) betonar vikten av att studera HCT-fordonets hastighetsbegränsning utifrån diverse säkerhetsaspekter, likaså till att ge förarna rätt utbildning samt att se över fordonets säkerhetsutrustning (Rodrigues Sanchez et al 2015; Hanley & Forkenbrock 2005). När ett HCT-fordon skall köras om av ett annat fordon, kan det ta längre tid för det andra fordonet vid omkörningen på grund av HCT-fordonets utökade längd, vilket kan öka olycksrisken (Knight et al. 2008; Hanley & Forkenbrock 2005). På större och raka vägar med flertalet körbanor, är omkörningsrisken inte lika stor som vid en smalare och mer kurvig väg (Knight et al. 2008). Hanley och Forkenbrock (2005) menar också på att omkörningar av HCT-fordon bör beaktas utifrån en säkerhetsaspekt, då de andra trafikanterna färdas i en högre hastighet på vägarna och kan därmed vilja passera, vilket kan leda till säkerhetsmässiga konsekvenser (Hanley & Forkenbrock 2005). Hanley och Forkenbrock (2005) har utvecklat en fordonsmodell innehållande fem faktorer för att en omkörning av ett HCT-fordon ska bli framgångsrik. Dessa faktorer är:

1. Prestandanivåer för olika fordonsklasser.
2. Aggressivitetsnivån på föraren i det fordonet som kör om.
3. Trafikvolym och avståndet till mötande trafik.
4. Längden på fordonet som blir omkört.
5. Hastigheten som lastbilen färdas i vid omkörning.

(Hanley & Forkenbrock 2005)

Enligt Grislis (2010) är säkerhetsaspekten gällande risken att kantra för ett HCT-fordon lika sannolikt som för en normalstor lastbil, då risken att välta istället är relaterat till lastbilens höjd, vilket inte berör HCT-fordon (Grislis 2010).

3.1.2 Flexibilitet

Flexibiliteten gällande HCT-fordon tas även upp i flertalet studier, där säkerheten som tidigare nämnts oftast samverkar (Knight et al. 2008). Studier har undersökt hur längden på fordonen påverkar säkerheten, där bland annat omkörningar, korsningar och järnvägsövergångar beaktas med avseende på flexibilitet (Knight et al. 2008). Grislis (2010) beskriver att ett HCT-fordon tar upp mer plats på vägarna genom att fordonet blockerar skärningen i skarpa svängar, exempelvis korsningar och rondeller, under en längre tid än en kortare lastbil (Grislis 2010). Som tidigare nämnts upplyste Bergqvist och Behrends (2011) ur säkerhetssynpunkt att det bör ses över när på dygnet HCT-fordon skall trafikera vägarna (Bergqvist & Behrends 2011). Ett alternativ kan vara att nyttja HCT-fordon på mindre belagda tider på dygnet, till exempel under kvällar och nätter, där aspekter som berör flexibilitet bör beaktas både ur ett kundperspektiv och ett transportperspektiv (Mellin & Ståhle 2010). HCT-fordon har dessutom ett mer strikt regelverk vad gäller hastighetsbegränsning på grund av sin vikt och storlek, vilket kan påverka flexibiliteten (Castillo-Manzano, Castro-Nuño & Fageda 2016).

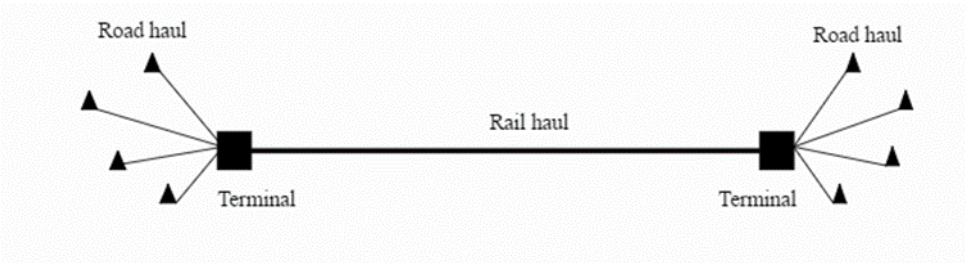
En aspekt som berör trängsel har även studerats i tidigare forskning, där trängseln varierar beroende på vägnätets struktur (Knight et al. 2008). Fordonets manövreringsförmåga och hastighet kan påverka trängseln på vägnätet vid till exempel stadstrafik och avfarter (Knight et al. 2008). Natanaelsson och Ngo (2016) har tidigare nämnts, där de tar upp att HCT-fordon får köras på vissa utpekade vägnät inom Sverige. Sträckan mellan Borås och Göteborg finns inte med som förslag på de geografiska zonerna som kan komma att tillhöra det nya vägnätet med bärighetsklass 4 (Natanaelsson & Ngo 2016). Angående dispenstrafik skriver trafikverket i sin rapport:

> *Dispenstrafik*: Det har inte tagits någon särskild hänsyn till den dispenstrafik som redan idag trafikerar delar av vägnätet. Den hanteringen får hanteras från fall till fall i det framtida arbetet när ett vägnät konkret ska upplåtas för BK4. Det kan handla om rena forskningsprojekt till dispenser som har ett samband med brister i infrastrukturen som innebär att det kan tillåtas att trafikeras under vissa förutsättningar.
>
> (Natanaelsson & Ngo 2016)

Förslagen på de geografiska zonerna är utformade på det sätt att de inte skall kunna ske risker för överflyttningseffekter från sjö- och järnvägstransporter (Natanaelsson & Ngo 2016).

3.2 Intermodala transporter

En intermodal transport innebär att en transport kombineras med två eller flera trafikslag, till exempel järnväg och vägtransport (Jonsson & Mattsson 2011). Enligt McKinnon (2011) är en konsolidering av laster innehållande HCT-fordon det mest effektiva sättet att minska fordonskilometer och miljöpåverkan för godstransporter på väg (Rodrigues Sanchez et al. 2015). Exempel på en intermodal lösning kan vara att godset från ett flertal avsändare transporteras med lastbil till en tågterminal, för att konsolideras och transporteras på järnväg till slutterminalen, där det sedan distribueras ut med lastbilar till de enskilda mottagarna (Lumsden 2008). Genom att använda sig av kombinerade trafikslag inom godstrafik, kan det mest effektiva transportalternativet användas vid en särskild sträcka. Järnvägens låga transportkostnad och miljövänlighet kan till exempel kombineras med vägtransportens flexibilitet vid närdistribution (Jonsson & Mattsson 2011). Enligt Bontekoning, Macharis och Trip (2004) kan en intermodal transportkedja innehållande järnväg- och vägtransport karakteriseras av att vägtransporten står för den korta sträckan med insamlingen av gods och där järnvägen står för de längre sträckorna i kedjan med en synkronisering av scheman (se figur 3.2) (Bontekoning, Macharis & Trip 2004). Synkronisering av kedjan innebär att godset varken lagras eller hanteras under transporten, vilket resulterar i en sömlös transport (Bontekoning, Macharis & Trip 2004). Enligt Lowe (2006) sker Pre and post haulage (PPH)-aktiviteter vid intermodala transporter (se figur 3.2). PPH-aktiviteter innebär att godset transporteras till och från en terminal via vägtransport, med hantering och överflyttning av lastenheter mellan trafikslag, där järnvägstransporten står för huvudaktiviteten av transporten (Ye, Shen & Bergqvist 2014). Trots att järnvägstransporten står för en längre sträcka än vägtransporten i en intermodal transport, står PPH-aktiviteterna för cirka 25–40 procent av transportkostnaderna (Bontekoning, Macharis & Trip 2004). I förhållande till transportkapaciteten har en intermodal transport innehållande väg- och järnvägstransport relativt höga kostnader, som beror på att det oftast är trailern på lastbilen som dimensionerar systemet och ställer krav på terminalutrustning och vagnar (Nelldal, Bark, Wajsman & Troche 2005). Enligt Lowe (2006) har längden på fordonet en stor inverkan gällande kostnader kring PPH-aktiviteter, där längden relaterar till hur många containrar eller växelflak som fordonet kan transportera (Bergqvist & Behrends 2011). Studier har visat att längden 32 meter på fordonen resulterade i att kostnaderna kunde reduceras gällande PPH-aktiviteter (Bergqvist & Behrends 2011).



Figur 3.2. En intermodal transport med PPH- aktiviteter (MacHaris, Van Mierlo & Van Den Bossche 2007).

MacHaris, Van Mierlo och Van Den Bossche (2007) föreslår eldrivna fordon respektive hybridfordon vid intermodala transporter under PPH-aktiviteter, för att minska de externa kostnaderna för utsläpp och buller (MacHaris, Van Mierlo & Van Den Bossche 2007). Eldrivna fordon kan däremot ha tekniska begränsningar vid för långa sträckor då livslängden på batteriet kan vara begränsat (MacHaris, Van Mierlo & Van Den Bossche 2007). Enligt Kreutzberger et al. (2006) sker de flesta PPH-aktiviteter inom Europa runt inlandsterminaler med ett avstånd på cirka 25 kilometer enkel väg, där endast några få sträckor överstiger 100 kilometer (Bergqvist & Behrends 2011). Ungefär hälften av all godstransport med lastbil transporteras mindre än 50 kilometer i Sverige (Natanaelsson et al. 2015). Inom PPH-aktiviteter kan HCT reducera approximativt 25 procent av ekonomiska kostnader och 34 procent av emissionskostnader (Ye, Shen & Bergqvist 2014). Genom att nyttja HCT-fordon i PPH-aktiviteter, finns eventualiteter för intermodal väg- och järnvägstransport i termer av ökad effektivitet, reducerat behov för investering, minskad total av energianvändning och reducerade emissioner (Ye, Shen & Bergqvist 2014). Genom att tillåta längre och tyngre fordon, kan kostnadseffektiviteten öka vid intermodala transporter (Ye, Shen & Bergqvist 2014; Bergqvist & Behrends 2011) och dessutom hantera problemet gällande “the last mile” (Bergqvist & Behrends 2011). Intermodal transport är en viktig beståndsdel mot en hållbar godstransportpolitik på medellånga och långa sträckor (Limbourg & Jourquin 2009). Enligt beräkningar av Limbourg och Jourquin (2009), bör sträckan för en intermodal transport vara längre än 343 kilometer för att den skall vara lönsam (Limbourg & Jourquin 2009).

För intermodala transporter för kortare sträckor, exempelvis under 300 kilometer, där PPH-aktiviteter utförs på båda sidorna av kedjan, är konkurrenskraften låg för en intermodal transport jämfört med en unimodal transport (Bergqvist & Behrends 2011). I en intermodal transportlösning är det fler aktörer inblandade till skillnad mot en unimodal transport (ett transportsätt) som kör från start- till slutdestination utan omlastning och byte av trafikslag. En intermodal transportlösning resulterar i en högre grad av komplexitet med en decentraliserad struktur (Bontekoning, Macharis & Trip 2004). För att en intermodal transport skall vara att föredra är det viktigt att kostnaderna för terminalaktiviteterna vid överflyttning är lägre än vad det hade kostat med en unimodal lösning. Detta resulterar i att terminalaktiviteterna måste ske effektivt relaterat i tid (Jonsson & Mattsson 2011). För att öka den operationella flexibiliteten vid terminalarbete kan outsourcing av vissa tjänster vara ett alternativ att beakta (Hsu 2013). När överflyttning skall ske mellan trafikslagen är det fördelaktigt att använda effektiv samt standardiserad hanteringsutrustning, så att lasten inte behöver brytas och lastas om (Jonsson & Mattsson 2011). Inom intermodala transporter och dess effektivitet, beror effektiviteten på placeringen av containerterminalerna (Limbourg & Jourquin 2009).

Vid intermodala transporter bör gränssnittet vara effektivt i form av hanteringsutrustning, vilket kan möjliggöras genom att använda standardiserade containrar, semitrailrar och växelflak (Jonsson & Mattsson 2011). Standardiserade lastenheter bör användas för att öka effektiviteten vid intermodala transporter, där omlastningen har en betydande samt avgörande roll i en synkroniserad och ofta pressad tidsplan (Bontekoning, Macharis & Trip 2004). Med avseende på säkerhet, hastighet och standardisering har containertransport blivit det vanligaste transportsättet internationellt (Hsu 2013). Internationella studier visar dessutom att

90 procent av godstransporter sker via sjöfart, där 80 procent är containerbaserat (Hsu 2013). En container är en standardiserad lastbärare, som kan transporteras via järnväg, sjöfart och lastbil (Lumsden 2006). Enligt International Organization for Standardization (ISO) skall en standardiserad container (ISO-container) uppfylla följande tre kriterier:

1. Containern skall vara tillräckligt robust för att uthärda upprepad användning.
2. Containern skall vara speciellt utformad för att underlätta godstransporter med ett eller flera transportmedel utan att omlastning av godset krävs.
3. Containern skall vara försedd med anordningar som möjliggör snabb och effektiv hantering, framförallt vid överflyttning mellan olika transportmedel.

(Lumsden 2006)

Måtten på de mest förekommande ISO-containrarna inom transportsektorn är 10 fot, 20 fot, 30 fot och 40 fot. TEU (twenty foot equivalent unit) är ett mått som ofta används gällande kapacitetsuppgifter, där 1 TEU är ekvivalent med en 20 fots container (Lumsden 2006). I Europa är användningen av ISO-containrarna inom distribution 60 procent för 40 fots container och 40 procent för 20 fots container (Limbourg & Jourquin 2009). Vikten på containrarna har en inverkan på kostnaden för terminalhanteringen, där lättare containrar hanteras med enklare terminalteknik, medan de tyngre containrarna kräver större terminalyta för ett mer effektivt hanteringsarbete (Nelldal et al. 2005).

3.3 Järnväg

I Europa kan ett tåg ersätta 25 stycken lastbilar (Roso 2007). Studier visar att HCT kommer att skapa ett skifte från järnväg till väg med cirka 8–18 procent i EU om det införs (De Ceuster et al. 2008; Knight et al. 2008). Det finns potential till utsläppsreducering genom byte av trafikslag från vägtransport till järnvägstransport (Västra Götalandsregionen 2015). Däremot krävs det stora infrastrukturinvesteringar för att realisera ett skifte från vägtransport till järnvägstransport inom en sträcka (Västra Götalandsregionen 2015). I Sverige kännetecknas järnvägen av att den är betydligt glesare än det svenska vägnätet, där många bandelar har lagts ner på grund av bristande lönsamhet (Lumsden 2006). Järnvägstransporter har relativt långa transporttider jämfört med vägtransporter, vilket gör att transporter av högvärdigt gods inte är att föredra då det binder kapital (Jonsson & Mattsson 2011). Däremot kan järnvägstransporter frakta gods av stora volymer över långa distanser (Jonsson & Mattsson 2011). Under år 2015 var det totala godstransportarbetet på järnväg i Sverige 20,583 miljarder tonkilometer, vilket var en minskning med 3 procent jämfört med år 2014 (Trafikanalys 2016). Om järnvägens marknadsandelar fortsätter att sjunka, kommer lastbilarnas volymer att öka, vilket kan resultera i en ökning av luftföroreningar och buller, trafikstockningar, förseningar och känslomässiga kostnader med högre olyckstal (Roso 2008). För att kontrollera risken gällande ett skifte från järnväg till vägtransporter, kan detta kontrolleras genom att använda HCT-fordon på specifika vägnät (Ye, Shen & Bergqvist 2014). Om HCT skulle införas fritt i Sverige visar beräkningar på att järnväg inte skulle minska i absoluta tal, utan enbart öka långsammare mot vad de annars skulle ha gjort (Adell

et al. 2016). Utifrån ett miljöperspektiv, bör HCT kombineras med andra åtgärder som stärker konkurrenskraften för järnväg, med till exempel en paketlösning (Adell et al. 2016).

Normalt har vägtransporter mer frekventa avgångstider än vad järnvägen har, vilket kan göra järnvägen mindre flexibel än vägtransporter (Jonsson & Mattsson 2011). Utifrån ett perspektiv gällande energieffektivitet, det vill säga energiåtgång för att genomföra en transporttjänst, är järnvägen det mest effektiva transportslaget (Jonsson & Mattsson 2011). Under det senaste årtiondet har andelen järnvägsterminaler i Sverige vuxit och under år 2011 var Göteborg sammankopplat med 25 stycken olika terminaler. Göteborgs hamn har på senare tid blivit mer involverad i terminalverksamheten i inlandet (Wilmsmeier, Monios & Lambert 2011). Detta för att få ett sammanhang och med tiden öka IT-integrationen mellan hamnen och inlandsterminalerna, vilket förutspås leda till effektivitetsvinster för hela transportkedjan (Wilmsmeier, Monios & Lambert 2011). Västra Götaland har ett mål att vara oberoende av fossila bränslen år 2030 (Västra Götalandsregionen 2015). För att detta skall kunna förverkligas krävs nya klimatsmarta lösningar, genom att exempelvis producera el eller för att leverera gods. För att uppnå målet är både kommun, region och länsstyrelse viktiga komponenter för bland annat markanvändning (Västra Götalandsregionen 2015).

3.4 Dryport

Många terminaler är idag inte utformade för den belastning som ett HCT-fordon kan åstadkomma, med till exempel svår framkomlighet från större vägar med små terminalytor (Adell et al. 2016). En dryport (torrhamn), definieras som en intermodal inlandsterminal direkt ansluten till en hamn med huvudsakligen järnväg, där kunderna kan lämna och hämta deras enheter som om det vore direkt till en hamn (Roso & Lumsden 2010). En dryport fungerar som en förlängning av hamnen där administrationen förflyttas från hamnen till dryporten samt att lagring av tomma containrar även är möjligt (Roso 2007). Jarzemskis och Vasiliauskas (2007) definierar däremot en dryport som “A Dry Port is a port situated in the hinterland servicing an industrial/commercial region connected with one or several ports by rail and/or road transport and is offering specialised services between the dry port and the transmarine destinations” (Jarzemskis & Vasiliauskas 2007). En dryport kan alltså vara länkad med både järnväg och vägtransporter (Jarzemskis & Vasiliauskas 2007). Dagens intermodala transporter innehållande trailers, containrar och växelflak kräver stora terminaler där monetära investeringar erfordras (Nelldal et al. 2005). Detta leder till få terminaler, med relativt höga omlastningskostnader där avstånden mellan terminalerna ökar (Nelldal et al. 2005). Bergqvist och Monios (2016) anser att det sker en ökad trängsel runt terminalen där ett skifte mellan järnväg och vägtransport sker, där utsläpp i egenskap av koldioxid och partiklar dessutom ökar runt terminalerna (Bergqvist & Monios 2016). Drivmedlen på fordonen bör ses över och förslagsvis borde eldrivna fordon användas i största utsträckning till och från terminalen för att minska utsläppen (Bergqvist & Monios 2016).

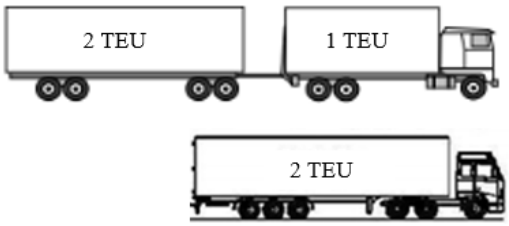
Studier visar att en implementering av en dryport resulterar i bättre kundservice, minskade transportkostnader, snabbare tullklarering med förenklad dokumentation och nya jobbmöjligheter (Roso & Lumsden 2010). Att implementera en dryport leder till ett skifte från

väg till järnväg, med mindre trängsel i hamnen, med minskade koldioxidutsläpp och även minskad olycksrisk (Roso 2007). I Falköping, Västra Götaland, har en dryport etablerats där containrar transporteras med järnväg från hamnen i Göteborg till terminalen i Falköping, vilket genererar en sträcka på cirka 120 kilometer. Kopplat till dryporten transporteras containrar vidare till Skara med HCT-fordon. En studie på detta visar positiva resultat med kostnadsfördelar, bättre processkontroll och förbättrad informationshantering (Bergqvist & Monios 2016). En dryports framgång eller misslyckande kan bero på otillräcklig politik och regelverk samt institutionella hinder som hindrar en effektiv drift av en dryport (Cullinane, Bergqvist & Wilmsmeier 2012). Därför måste en dryport kunna anpassas till ett komplext system, där nödvändig infrastruktur skall finnas för att understödja, med ett garanterat underhåll, vilket innebär att lagar och institutionella system skall vara utformade för att optimera medverkandet av både offentlig och privat sektor (Roso 2008).

En dryport behöver inte ägas av hamnen som den är länkad till utan kan bedrivas av både privat och offentlig sektor (Cullinane, Bergqvist & Wilmsmeier 2012). Kommuner kan vara initiativtagare till att bygga och äga dryports vid ett intresse av att förbättra transportkedjan (Wilmsmeier, Monios & Lambert 2011). En terminal kan öka attraktionskraften för företag att etablera sig i området, där det dessutom skapar arbetstillfällen samt ekonomisk utveckling i kommunen (Wilmsmeier, Monios & Lambert 2011). Faktorer som bidrar till en framgångsrik utvecklingsprocess gällande dryports har identifierats, där en viktig faktor gällande utvecklingsprocessen är valet av placering för terminalen (Bergqvist, Falkemark & Woxenius 2010). Terminaler behöver hitta och lokalisera ett kritiskt upptagningsområde där en stor andel av godset flödar, för utveckling av en effektiv verksamhet (Bergqvist, Falkemark & Woxenius 2010). En faktor gällande utvecklingsprocessen är lönsamhet, där möjligheter till finansiering och upprätthållande av en terminal ökar ju högre lönsamhet det är för ett privat företag att nyttja en terminal (Bergqvist, Falkemark & Woxenius 2010).

4. Fallstudie

I detta avsnitt presenteras den fallstudie som studien bygger på, där den befintliga informationen kring fallstudien samt erhållen data kommer att redovisas. Insamlad data har erhållits genom flertalet möten och genom kontinuerlig kontakt med involverade aktörer.



Figur 4.1. Dragbil med total lastkapacitet på 3 TEU respektive 2 TEU.

Fallstudien grundar sig i ett SURFLOGH-projekt där ett HCT-ekipage kommer att införas för transport av containergods på vägsträckan mellan Göteborgs hamn och Viared, Borås. I dag trafikeras vägsträckan med en dragbil som kan utnyttja en maximal lastkapacitet på 3 TEU

(tjugofotsekvivalenter), vilket innebär att dragbilen antingen kan lasta tre stycken 20 fots containrar eller en styck 40 fots container och en styck 20 fots container per transport (se figur 4.1). Däremot är det sällan som dragbilen utnyttjar full kapacitet, detta på grund av att kundbehovet består av ett större antal 40 fots containrar än 20 fots containrar (se avsnitt 4.1). Istället används en dragbil med två eller tre axlar som transporterar godset med en maximal kapacitet på 2 TEU. Dragbilen transporterar med andra ord antingen en styck 40 fots container eller 2 stycken 20 fots containrar (se figur 4.1). Det förekommer även att dragbilen endast transporterar en styck 20 fots container. Dragbilen kommer fortsättningsvis benämnas som referensfordon i avsnittet som berör resultatet, då dess uppgifter ligger som utgångspunkt för jämförande analyser mellan de olika alternativa lösningarna.

Vägsträckan som dragbilen kör innehar en längd på cirka 69 kilometer enkel väg och tar cirka 65 minuter att köra beroende på trafikläge, från Göteborgs hamn till första lossningsstället i Viared, Borås. Referensfordonet får köra med en maximal hastighet på 90 kilometer i timmen, såvida fordonet inte har en tillkopplad släpvagn där hastighetsbegränsningen är 80 kilometer i timmen. Godset transporteras i dagsläget på samma sträcka som HCT-fordonet är tänkt att köra, vilket beskrivs mer ingående i avsnitt 4.2. Containrarna ställs i dagsläget antingen av hos kund och hämtas dagen efter, eller går på tomretur tillbaka till Göteborg. Returgodset är av mindre antal än vad som går på import, vilket gör att det ofta körs tomma returer tillbaka till Göteborgs hamn.

Tabell 4.1. Kostnad för att transportera respektive containerstorlek med referensfordonet.

Transportkostnader för referensfordon (SEK)			
	Kostnad för 1 TEU	Kostnad för 2 TEU	Kostnad för 3 TEU
Import	1 700	2 100	3 500
Export	-	2 500	-

Kostnaden för att transportera respektive containerantal med referensfordonet för import är 1 700 kronor per TEU, 2 100 kronor för två TEU och 3 500 kronor för tre TEU (se tabell 4.1). Transportkostnaden för export med referensfordonet är 2 500 kronor för att transportera 2 TEU (se tabell 4.1). Anledningen till att kostnaden är högre för exporten att transportera 2 TEU jämfört med importen med samma antal TEU, beror på att containern kräver speciell hanteringsutrustning. Dessa kostnader ligger som grund för jämförande analyser i kommande avsnitt.

4.1 Kundbehov

Fallstudien grundar sig i att studera tre stycken kunder för import, Kund A, Kund B och Kund C som är belägna i Viared, Borås. Kund D kommer även att involveras i studien men denna kund kommer endast att efterfråga transporter för export. Kund A, B och C kommer i studien

att benämnas som Kund X, där gemensamma beräkningar kommer att göras för import. För exporten kommer Kund D att benämnas som Kund D.

Kundernas gods ankommer i containrar till Göteborgs hamn med sjöfart och transporteras därefter till Viared, Borås. Kund X är belägna kring området i Viared och Kund D är beläget nära en motorvägsavfart. Importbehovet per vecka för Kund X är 120 TEU, varav 50 stycken 40 fots containrar och 20 stycken 20 fots containrar (se tabell 4.2). Behovet för export är cirka 56 TEU per vecka som består av enbart 40 fots containrar, vilket innebär att 28 stycken 40 fots containrar kommer att gå på retur varje vecka (se tabell 4.2).

Tabell 4.2. Sammanställning av totala antalet containrar i flöde.

Kundbehov	Summa TEU enheter	Varav 40 fot i styck	Varav 20 fot i styck
Import			
Totalt per vecka	120	50	20
Totalt per dag (5dgr/v)	24	10	4
Export			
Totalt per vecka	56	28	-
Totalt per dag (5dgr/v)	11,2	5,6	-

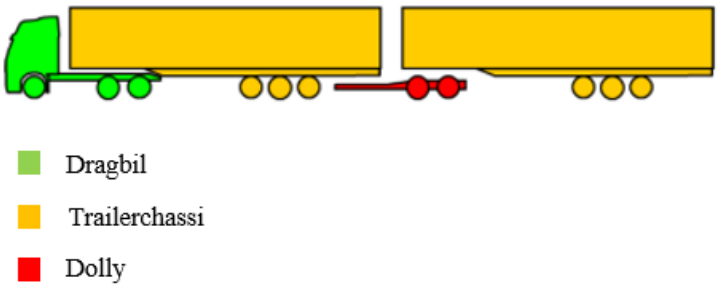
De fullastade containrarna för import har en genomsnittlig vikt på 12 ton för 40 fots containrar och 8 ton för 20 fots containrarna (se tabell 4.3). Lägg därtill containerns tara, vilket är själva containerns vikt utan last, där taran på en 40 fots container är 4 ton och taran på en 20 fots container är 2,7 ton. Detta utgör en fullastad totalvikt för import på 16 ton för en 40 fots container och 10,7 ton för en 20 fots container. För export transporteras endast 40 fots containrar med en genomsnittlig godsvikt på 16 ton. Inkluderas containerns tara på 4 ton, blir den totala genomsnittliga vikten för en container på export 20 ton (se tabell 4.3). Vikten på containrarna skiljer sig på grund av att kunderna transporterar olika typer av gods.

Tabell 4.3. Vikt för respektive container.

	Import		Export	
	40 fot	20 fot	40 fot	20 fot
Genomsnittlig vikt på gods (ton)	12	8	16	-
Vikt på tom container	4	2,7	4	-
Total vikt per container	16	10,7	20	-

4.2 Högkapacitetstransport

Fallstudien grundar sig som tidigare nämnts i ett SURFLOGH-projekt där ett HCT-ekipage kommer att implementeras för transport av gods på sträckan mellan Göteborgs hamn och Viared, Borås. Dispenstrafik har blivit godkänd i forskningssyfte av trafikverket att på sträckan mellan Göteborgs hamn och Viared, Borås, köra HCT-fordon.



Figur 4.2. Högkapacitetsfordon.

HCT-fordonet kommer att bestå av en dragbil som är anpassad till större vikter och längder med fyra stycken trailerchassin. Dragbilen kommer att kunna dra två stycken trailerchassin per rundtur (se figur 4.2), där det skall finnas två stycken extra trailerchassin för rangering. En "Dolly" kommer även att användas för att sammankoppla två trailerchassin med styrbara sensorer för ökad automation. Vardera trailerchassi kommer att kunna transportera en 40 fots container, eller två stycken 20 fots containrar, vilket resulterar i att ekipaget totalt kommer att kunna transportera 4 TEU per enkelväg. Ekipaget kommer att köra två stycken rundturer per dag vilket resulterar i att sammanlagt 8 TEU kommer att kunna transporteras för import till Kund X samt export för Kund D, det vill säga 16 TEU totalt per dag. Resterande gods kommer att transporteras med referensfordon.

Den utpekade sträckan som HCT-fordonet kommer att köra är densamma som dagens referensfordon kör och innehar en längd på cirka 69 kilometer enkel väg (se figur 4.3). Sträckan går från Göteborgs hamn genom Tingstadstunneln, via Kallebäck och riksväg 40 samt avslutningsvis till Viared. I studien räknas en rundtur inneha en längd på 150 kilometer, där det inkluderas rundkörning inom området på Viared, Borås. Körtiden för enkel väg med HCT-fordonet till första lossningsstället i Viared, har beräknats till cirka 75 minuter beroende på trafikläge. Eftersom HCT-fordonet har tillkopplad släpvagn, får fordonet färdas med en maxhastighet på 80 kilometer i timmen.

Figur 4.3. Sträckan mellan Göteborgs hamn och Viared, Borås med HCT-fordon.

4.3 Järnvägstransport

Det finns planer kring ombyggnationer i samband med projekten gällande Västlänken på sträckan mellan Göteborg och Borås (Trafikverket 2016b). Det finns i dagsläget en planerad terminal i Boråsområdet som kommer att vara belägen söder om Borås och är tänkt att inneha liknande funktioner som en dryport (se bilaga 1). Den planerade terminalen vid Borås har däremot inte någon fastställd detaljplan, vilket innebär att det kan komma att dröja flera år för att detta skall träda i kraft. Viktigt att ha i beaktning, då terminalen ej har någon detaljplan, är att terminalen möjligen inte kommer att byggas. Transport av containergods på järnväg mellan Göteborgs hamn och Viared, Borås avser ett framtida scenario i studien, då järnvägslänken samt terminalen ej är etablerade ännu. Järnvägen avser en intermodal transportlösning, där tåget transporterar godset från Göteborgs hamn via centralstationen i Borås, till den nya tänkta terminalen söder om Borås (se bilaga 1). Vid terminalen rangeras godset och transporteras med vägtransport till Viared. Vägtransporten avser referensfordon, vilket i detta framtida scenario exkluderar involveringen av HCT-fordon. Järnvägssträckan mellan Göteborgs hamn och terminalen är uppskattad till en längd på cirka 86 kilometer (se figur 4.4).

Figur 4.4. Järnvägssträckan mellan Göteborgs hamn och järnvägsterminalen.

Sträckan med vägtransport från järnvägsterminalen till Viared är cirka 8 kilometer, där vägtransporten kommer att färdas via riksväg 27. I detta alternativ kommer tomreturer att beräknas på vägtransporten, då det krävs flertalet vägtransporter vid den intermodala lösningen. Detta innebär att en lastbil kommer att köra slingtrafik mellan järnvägsterminalen och Viared, vilket medför att tomkörning bör beaktas.

I dagsläget finns ingen infrastruktur för järnvägen på sträckan till och från Viaredsområdet, vilket gör det svårt att få fram konkreta siffror gällande containerpriser på transportsträckan. Stig-Göran Thorén[1] som är affärsutvecklare för järnväg vid Göteborgs hamn menar på att en hypotetisk kostnad för att transportera en styck 40 fots container på sträckan, från hamnen till kunden i Viared, är svår att få fram. Stig-Göran[2] säger att transportkostnaden för järnväg måste kunna förhålla sig till kostnaderna för vägtransport för att kunna vara konkurrenskraftig. De fasta kostnaderna för järnväg är höga relaterat till vägtransport. Lägg därtill rörliga kostnader som exempelvis elavgift och banavgift samt terminalavgift som hanteringskostnad och distribution, gör det svårt att matcha priserna med vägtransport, detta

[1] Stig-Göran Thorén, Affärsutvecklare Järnväg vid Göteborgs hamn, telefonsamtal den 28 april 2017.
[2] Stig-Göran Thorén, Affärsutvecklare Järnväg vid Göteborgs hamn, telefonsamtal den 28 april 2017.

med avseende på den korta körsträckan. Enligt Thorén[3] kan ett tåg transportera sammanlagt 40 stycken 40 fots containrar, med andra ord 80 TEU per transport. Järnvägen ger dessutom mer exakta tider, i form av regelbundenhet då tåget alltid är vid terminalen en viss utpekad tid, detta bidrar till en högre grad av planeringsbarhet[4].

Vid terminalen kommer ett skifte av trafikslag att ske, där järnvägen ersätts av referensfordon. Referensfordonet har mindre lastkapacitet än tåget, vilket resulterar i att referensfordonet får köra fler rundturer för att uppfylla kundbehovet. Ett hypotetiskt pris för att transportera en styck container både på import och export uppskattas till cirka 550 kronor. Lägg därtill kombiterminalens kostnader i form av hanteringskostnader, vilket har uppskattats till cirka 350 kronor. Viktigt att ha i beaktning vid beräkning av kostnader är om hanteringskostnader bestående av lyft etcetera ingår i järnvägstransportörens kostnad eller i åkeriets vägtransportkostnad. Totalt har ett marknadspris grovt uppskattats till 900 kronor för att transportera en styck container på vägsträckan mellan terminalen och Viared.

5. Resultat

I detta avsnitt beskrivs studiens resultat och besvarar de uppsatta frågeställningarna. Resultatet är uppdelat i tre stycken olika transportlösningar med referensfordonet som utgångspunkt. Transportlösningarna redovisas i alternativ 1, alternativ 2 och alternativ 3. I avsnitt 5.1, 5.2, 5.3 och 5.4 presenteras resultatet av de beräkningar som gjorts för transportkostnad samt koldioxidutsläpp för respektive transportlösning. I avsnitt 5.5 görs en genomgående analys med jämförelser mellan teori och empiri.

Samtliga alternativ utgår från samma kundbehov, som framgick i föregående avsnitt. Viss upprepning i de olika avsnitten kan förekomma.

5.1 Utgångspunkt- Referensfordon

I detta avsnitt presenteras referensfordonets kostnader samt koldioxidutsläpp för dagens transporter. Referensfordonet är ämnat som utgångspunkt för jämförelse mellan de olika transportlösningarna.

5.1.1 Transportkostnad

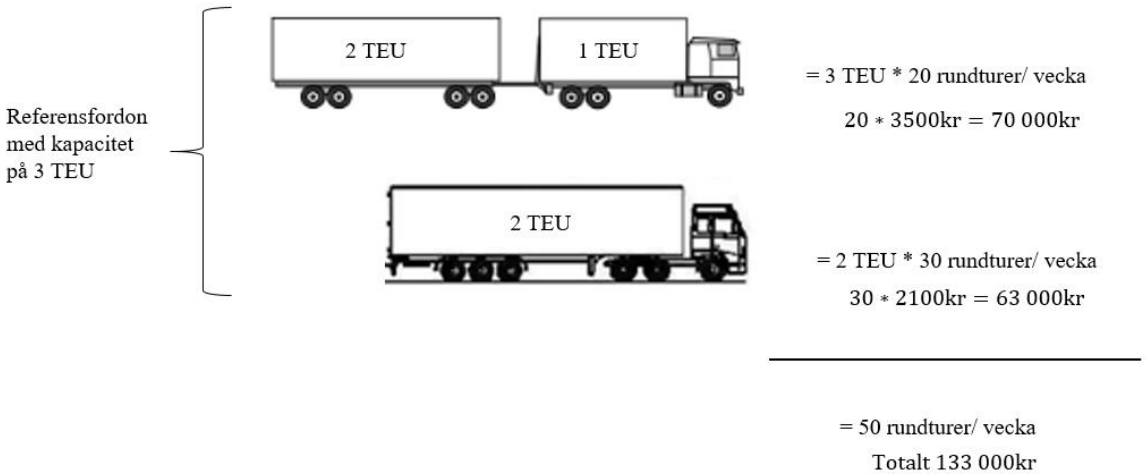
Importbehovet för Kund X är 120 TEU per vecka, där även specifikationer finns angående containerantal för respektive containerstorlek (se tabell 4.2). Referensfordonet kan enbart transportera 1 styck 40 fots container per transport. Detta resulterar i en begränsning i form av att containerantalet för 40 fot sätter mallen för hur många enkelturer för import som minst kan köras per vecka. Utgångspunkten i studien ligger på att belägga transporterna med 40 fots containrar i prioritet, då de överstiger antalet 20 fots containrar och därefter komplettera transporten med de resterande 20 fots containrarna för full beläggning. Studiens resultat

[3] Stig-Göran Thorén, Affärsutvecklare Järnväg vid Göteborgs hamn, telefonsamtal den 28 april 2017.
[4] Stig-Göran Thorén, Affärsutvecklare Järnväg vid Göteborgs hamn, telefonsamtal den 28 april 2017.

grundar sig i att använda dragbilar med en kapacitet på 3 TEU i första hand, för att sedan komplettera med dragbilar som endast kan transportera 2 TEU och på så sätt bemöta kundbehovet.

Importbehovet av 40 fots containrar uppkommer till 50 stycken, vilket resulterar i att referensfordonet kör 50 stycken enkelturer per vecka (se figur 5.1). Därefter har de 50 stycken transporterna med 40 fots containrar kompletterats med de resterande 20 fots containrarna, vilket resulterar i att 20 stycken transporter är fullbelagda med 3 TEU vid importen. Vid beräkningarna görs antaganden kring att en arbetsvecka innehåller fem arbetsdagar vilket resulterar i att referensfordonet kör 10 enkelturer per dag för att uppfylla importbehovet för Kund X.

Kostnaden för respektive container framgick i föregående avsnitt (se tabell 4.1). Referensfordonet har högsta tillåtna kapacitet på sammanlagt 3 TEU och då kundbehovet skiljer sig i containerantal för respektive containerstorlek kan transporten delas in i två olika transportalternativ (se figur 5.1). Transportalternativens kostnader, innehållande antingen 3 TEU eller 2 TEU, har därefter multiplicerats med antalet enkelturer för importen (se tabell 4.1). Totalt kostar transporterna för importen i dagsläget 133 000 kronor per vecka för Kund X (se figur 5.1).



Figur 5.1. Antalet rundturer samt kostnader för referensfordonet med avseende på import per vecka.

Returerna som går på export innefattar endast 40 fots containrar, där exportbehovet ligger på 56 TEU per vecka, vilket motsvarar 28 stycken 40 fots containrar. Referensfordonet som tidigare nämnts, kan enbart transportera 1 styck 40 fots container per transport, vilket resulterar i totalt 28 stycken enkelturer på export. Kostnaden för returerna beräknas genom att multiplicera antalet enkelturer per vecka med transportkostnaden per container för export. Kostnaden gällande exporten är 70 000 kronor per vecka för Kund D (se figur 5.2).

= 2 TEU * 28 returer/ vecka

28* 2500 kr = 70 000kr

Figur 5.2. Transportkostnad innehållande 2 TEU för export per vecka med referensfordonet.

Totalt resulterar importen i 50 stycken transporter per vecka, där 28 stycken returer går på export. Detta innebär att 56 procent av rundturerna har returer i dagsläget, där den totala transportkostnaden för både import och export är 203 000 kronor per vecka.

5.1.2 Koldioxidutsläpp

NTM-analysen används för att beräkna koldioxidutsläppen för respektive transportlösning, där utsläppen beräknas utifrån givna formler som presenteras i metodavsnittet (se figur 2.1).

NTM-analysen resulterar i att koldioxidutsläppet för importen med referensfordonet ligger på 76 kilogram i dagsläget för enkel väg, Göteborgs hamn till Viared, där det har inkluderats rundkörning på området för lossning samt lastning (se bilaga 2.1).

Gällande transporterna som går på export, ligger koldioxidutsläppet på 68 kilogram för enkelväg från Viared till Göteborgs hamn. Beräkningarna utgår från att containrarna för export lastas på en specifik lokalisering på Viared utan rundkörning i området, då det endast är Kund D i dagsläget som har returer för export. Kund D är belägen nära en motorvägspåfart vilket gör att beräkningarna utgått från att lastbilen endast kör motorvägstrafik på 69 kilometer.

Det totala koldioxidutsläppet per rundtur är 143 kilogram, där koldioxidutsläppen för import och export adderats. Det totala koldioxidutsläppet för referensfordonet per vecka är 5 655 kilogram (se tabell 5.1).

Tabell 5.1. Referensfordonets koldioxidutsläpp.

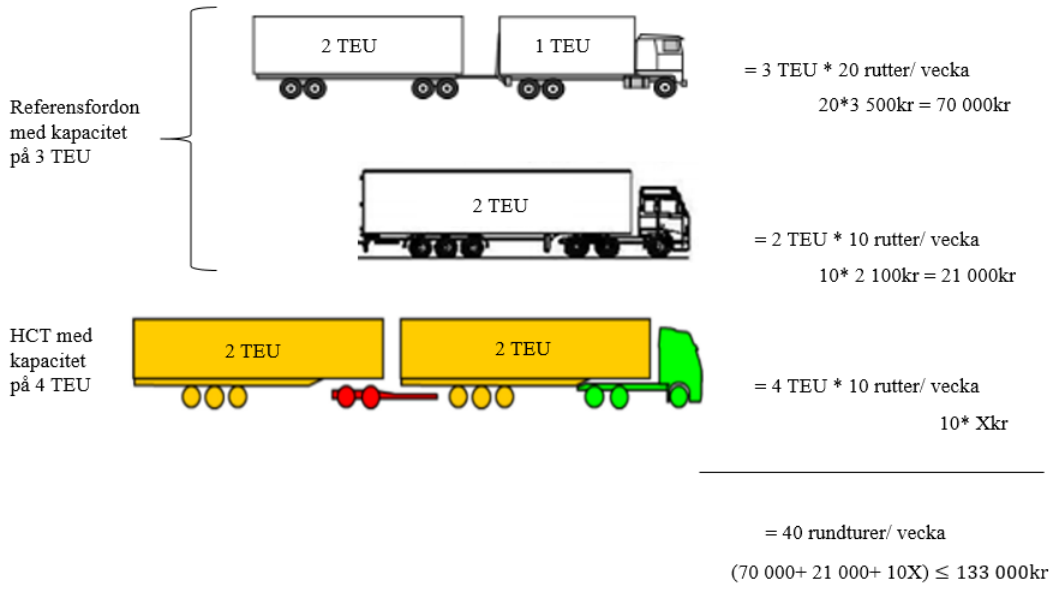
Referensfordon	**Koldioxidutläpp för referensfordon (kg)**		
	CO_2 Utsläpp (kg)		Totalt
	Import	Export	
Per rutt	75,4	67,3	**142,7**
Per vecka	3 770,0	1 884,4	**5 654,4**

5.2 Alternativ 1- Referensfordon med ett inkluderande HCT-fordon

Alternativ 1 inkluderar ett HCT-fordon för att transportera gods på sträckan mellan Göteborgs hamn och Viared, Borås för import samt export. Det resterande godset transporteras med referensfordon.

5.2.1 Transportkostnad

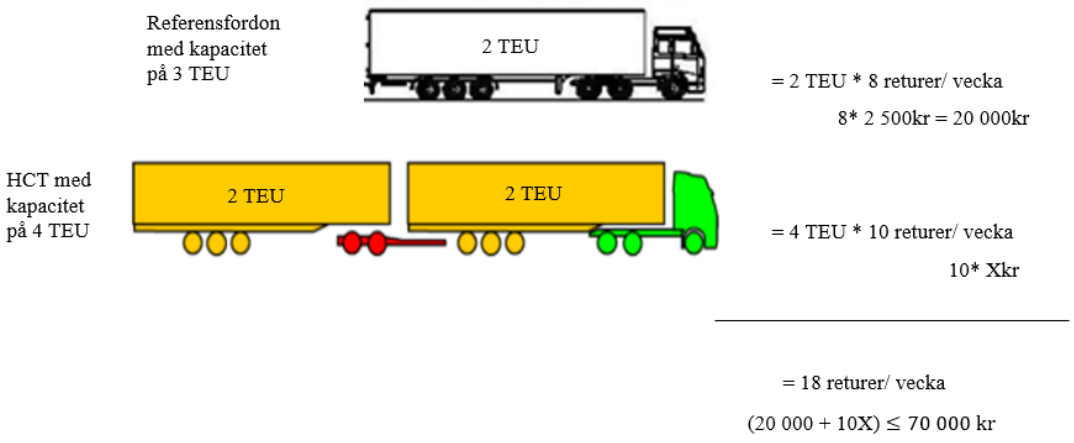
Importbehovet för Kund X är densamma som föregående avsnitt på 120 TEU, vilket inkluderar 50 stycken 40 fots containrar och 20 stycken 20 fots containrar per vecka (se tabell 4.2). HCT- fordonet kör två rundturer per dag, vilket leder till att fordonet kör 10 stycken rundturer per vecka (se figur 5.3). Detta leder till att HCT-fordonet kan transportera 20 stycken 40 fots containrar i veckan, alltså 40 TEU och därav vara fullbelagd på samtliga rundturer som fordonet kör.



Figur 5.3. Antalet rundturer och kostnader för import per vecka med HCT-fordon och referensfordon.

Det resterande importbehovet på 80 TEU körs med referensfordonet som har en kapacitet på 3 TEU per transport. De containrar som återstår att transportera är 30 stycken 40 fots containrar och 20 stycken 20 fots containrar, vilket resulterar i 30 stycken enkelturer, då referensfordonet endast kan transportera 1 styck 40 fots container per transport. Därefter adderas de resterande 20 fots containrarna på 20 av de 30 stycken transporterna, vilket leder till att referensfordonet använder full kapacitet, 3 TEU, på 20 av 30 stycken transportsträckor. Totalt kör referensfordonet 30 stycken transportsträckor enkelväg per vecka på import, där 20 stycken är fullbelagda och 10 stycken använder 2 TEU (se figur 5.3).

Den totala transportkostnaden för referensfordonet vid importen är 91 000 kronor, där kostnaden för respektive transportalternativ har adderats (se figur 5.3). I avsnittet gällande dagens referensfordon är den totala kostnaden per vecka för import 133 000 kronor (se avsnitt 5.1.1). Detta resulterar i att HCT-fordonet inte bör kosta mer än 42 000 kronor per vecka för att alternativ 1 skall vara att föredra. Således innebär det att transportkostnaden inte bör överstiga 1 050 kronor per TEU för HCT-fordonet om detta alternativ skall vara att föredra utifrån ett kostnadsperspektiv.



Figur 5.4. Exportbehovet för alternativ 1.

Exportbehovet för Kund D är 56 TEU, vilket består av 28 stycken 40 fots containrar (se tabell 4.2). Ett HCT-fordon kan med sin maximala kapacitet på 4 TEU, transportera 2 stycken 40 fots containrar per transport. HCT-fordonet kör 10 stycken rundturer per vecka, vilket leder till att 20 stycken 40 fots containrar kan transporteras per vecka på retur (se figur 5.4). De resterande 8 stycken 40 fots containrarna som HCT-fordonet inte har kapacitet till att köra, transporteras med referensfordonet, vilket resulterar i 8 stycken transporter på export. Det totala antalet returer för export uppkommer till 18 stycken innehållande båda fordonstyperna. Föregående avsnitt gällande referensfordonets returer, är kostnaden 70 000 kronor (se avsnitt 5.1.1). Detta innebär att HCT-fordonets transportkostnad inte bör överstiga 50 000 kronor per vecka, det vill säga 1 250 kronor per TEU. Utifrån de totala antalet transportsträckor på import som körs på sträckan innehar 45 procent returer i alternativ 1.

5.2.2 Koldioxidutsläpp

NTM-analysen används för att beräkna koldioxidutsläppen för respektive transportlösning, där utsläppen beräknas utifrån givna formler som presenteras i metodavsnittet (se figur 2.1).

Referensfordonets totala koldioxidutsläpp för import och export per rundtur är densamma som föregående avsnitt på 143 kilogram. Däremot förändras referensfordonets koldioxidutsläpp per vecka då fordonet endast kör 30 stycken transportsträckor på import vid detta alternativ, istället för de tidigare 50 stycken transportsträckorna. NTM-analysen resulterar i att referensfordonets koldioxidutsläpp per vecka gällande importen är 2 262 kilogram och för exporten 539 kilogram, vilket ger ett totalt koldioxidutsläpp per vecka på 2 801 kilogram för referensfordonet i alternativ 1.

HCT-fordonets koldioxidutsläpp resulterar i 93 kilogram för importen och 83 kilogram för exporten, vilket ger ett totalt utsläpp på 175 kilogram per rundtur. HCT-fordonet kör 10 stycken rundturer per vecka vilket gör att NTM-analysen resulterar i ett koldioxidutsläpp på totalt 1 747 kilogram per vecka (se tabell 5.2).

Tabell 5.2. Koldioxidutsläpp för alternativ 1.

Alternativ 1	Koldioxidutläpp för HCT (kg)			Koldioxidutläpp för referensfordon (kg)			Totalt koldioxidutsläpp Alternativ 1		
	CO_2 - Utsläpp (kg)		Totalt	CO_2 - Utsläpp (kg)		Totalt			
	Import	Export		Import	Export		Import	Export	Total
Per rundtur	92,4	82,3	**174,7**	75,4	67,3	**142,7**			
Per vecka	924,0	823,0	**1 747,0**	2 262,0	538,4	**2 800,4**	3 186,0	1 361,4	**4 547,4**

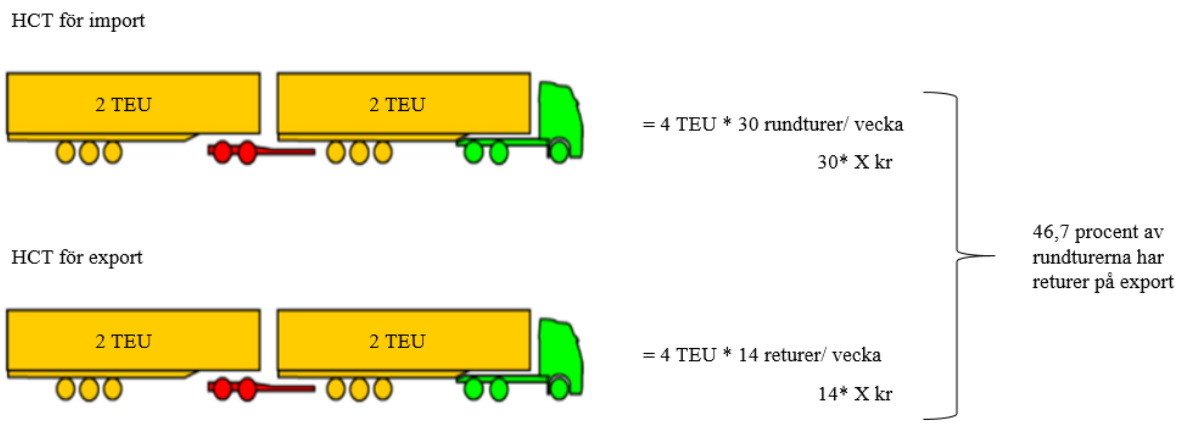
Genom att addera referensfordonet och HCT-fordonets utsläpp resulterar det totala koldioxidutsläppet per vecka i 4 548 kilogram för alternativ 1. Vid jämförelser med föregående avsnitt, där endast referensfordonet trafikerar den utpekade vägsträckan och det totala koldioxidutsläppet per vecka resulterade i 5 655 kilogram, medför alternativ 1 i en minskning av koldioxidutsläpp med 1 107 kilogram per vecka (se bilaga 3). Procentuellt sker en minskning med 19,6 procent för alternativ 1, jämfört med att enbart transportera godset med referensfordonet (se bilaga 3).

5.3 Alternativ 2- Transportlösning med endast HCT

I alternativ 2 beläggs hela transportkedjan för import och export med HCT-fordon, där referensfordonet exkluderas.

5.3.1 Transportkostnad

Importbehovet för Kund X är densamma som föregående avsnitt på 120 TEU, vilket inkluderar 50 stycken 40 fots containrar och 20 stycken 20 fots containrar per vecka (se tabell 4.2). Ett HCT-fordon kan transportera 4 TEU per transportsträcka, vilket resulterar i att det krävs 30 stycken transporter per vecka för att kundbehovet gällande import skall tillfredsställas (se figur 5.5). Kostnaden för HCT-lösningen bör inte överstiga dagens kostnad gällande importen på 133 000 kronor för att det skall vara att föredra (se avsnitt 5.1.1). Det innebär att transportkostnaden per TEU inte bör överstiga 1 108 kronor för att alternativ 2 skall vara att föredra utifrån ett kostnadsperspektiv.



Figur 5.5. Antalet rundturer per vecka med HCT.

Exportbehovet för Kund D är 56 TEU, vilket inkluderar 28 stycken 40 fots containrar som skall gå på retur varje vecka. Varje HCT-fordon kan transportera två stycken 40 fots

containrar i retur, vilket genererar i att 14 stycken rundturer kan inneha returgods från Kund D (se figur 5.5). Gällande transportkostnaderna bör inte transportkostnaden överstiga 70 000 kronor per vecka för exporten för att alternativ 2 skall vara att föredra. Det innebär att kostnaden per TEU inte bör överstiga 1 250 kronor för att alternativ 2 skall vara att föredra utifrån ett kostnadsperspektiv. Med utgångspunkt i importens 30 stycken transporter per vecka har 46,7 procent av dessa returer på export.

5.3.2 Koldioxidutsläpp

NTM-analysen används för att beräkna koldioxidutsläppen för respektive transportlösning, där utsläppen beräknas utifrån givna formler som presenteras i metodavsnittet (se figur 2.1).

I alternativ 2 resulterar NTM-analysen för import i 93 kilogram koldioxid per transportsträcka, där de olika länkarna har adderats beroende på vilken typ av genomsnittlig bränslekonsumtion som fordonet förbrukar (se bilaga 2.3). Genom att multiplicera 93 kilogram, med antalet rundturer per vecka på 30 stycken, medför koldioxidutsläppet i 2 772 kilogram per vecka för import för alternativ 2 (se tabell 5.3).

Exporten för HCT-fordonet har ett totalt koldioxidutsläpp på 83 kilogram per transportsträcka (se bilaga 2.3). Kund D är belägen nära en motorvägspåfart vilket innebär att beräkningarna gjorts utifrån motorvägskörning. Genom att multiplicera 83 kilogram med antalet returer på 14 stycken per vecka resulterar exporten i 1 153 kilogram koldioxid per vecka (se tabell 5.3).

Tabell 5.3. Koldioxidutsläpp för alternativ 2.

Alternativ 2	**Koldioxidutläpp för HCT (kg)**		
	CO_2 - Utsläpp (kg)		Totalt
	Import	Export	
Per rundtur	92,4	82,3	**174,7**
Per vecka	2 772,0	1 152,2	**3 924,2**

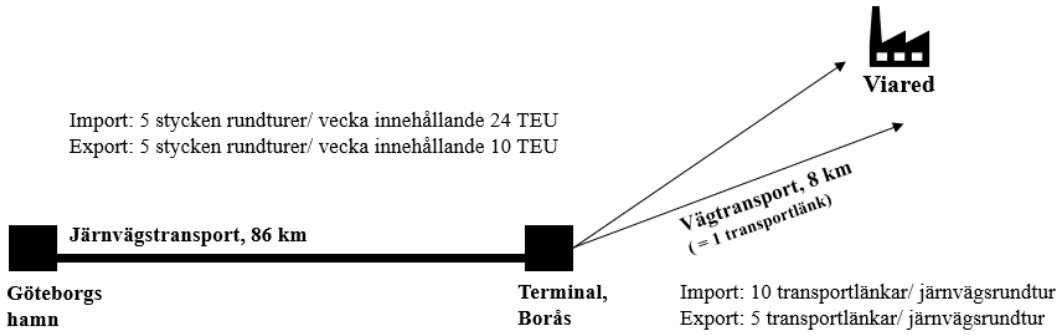
NTM-analysen resulterar i att det totala koldioxidutsläppet är 3 925 kilogram per vecka och 175 kilogram per rundtur för alternativ 2. Detta innebär att alternativ 2 har en minskning i koldioxid på 1 730,2 kilogram per vecka jämfört med referensfordon (se bilaga 3). Procentuellt är det en minskning med 30,6 procent jämfört med avsnittet gällande referensfordon (se bilaga 3).

5.4 Alternativ 3- Järnvägsbaserad transportlösning

Alternativ 3 representerar en intermodal transportlösning innehållande järnvägstransport och vägtransport för både import och export på sträckan mellan Göteborgs hamn och Viared, Borås.

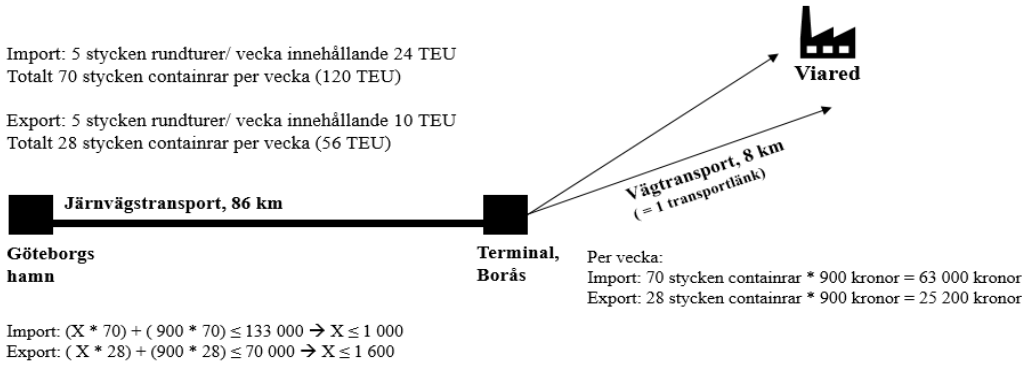
5.4.1 Transportkostnad

Importbehovet för Kund X är 120 TEU per vecka, där även specifikationer finns angående containerantal för respektive containerstorlek (se tabell 4.2). Studien har gjort antagande att leveransen av containergods sker jämnt fördelat över en vecka. För att få en jämnt fördelad leverans av importbehovet till Kund X, har studien resulterat i 5 stycken transportsträckor per vecka för järnväg på import (se figur 5.6). Vid varje transport fraktas 24 TEU till terminalen med tåg, vilket innebär att tåget kommer att gå 1 gång per dag enkel väg från Göteborgs hamn till terminalen söder om Borås. Tåget har större lastkapacitet än referensfordonet, detta medför att vägtransporten behöver köra fler rundturer än vad tåget behöver. För att leverera 24 TEU från terminalen till Viared krävs det att referensfordonet kör 10 stycken rundturer för att uppfylla kundbehovet för Kund X (se figur 5.6).



Figur 5.6. Flödeskartläggning för alternativ 3.

Exportbehovet för Kund D är 56 TEU per vecka, där även specifikationer finns angående containerantal för respektive containerstorlek (se tabell 4.2). Järnvägen kör en rundtur per dag, där antaganden gjorts att järnvägen fraktar returer vid varje tur tillbaka till hamnen. I och med detta har antalet returer fördelats jämnt på en femdagarsperiod. Antalet transportlänkar på exportrundturer har beräknats genom att dividera exportbehovet jämnt fördelat på en vecka, vilket resulterar i 11,2 TEU, det vill säga 5,6 stycken 40 fots containrar. Detta innebär att avrundning måste göras då en 40 fots container är ekvivalent med 2 TEU. Avrundning görs således till 10 TEU, det vill säga 5 stycken 40 fots containrar. Detta för att säkerställa att antalet containrar är verklighetsförankrat. Detta leder till att 5 stycken transporter med referensfordonet krävs för att uppfylla exportbehovet. Av importens 10 rundturer kan hälften av dessa inkludera en container i retur på export.



Figur 5.7. Kostnadsberäkning avseende alternativ 3.

Kostnaden för alternativ 3 är baserad på uppskattade beräkningar då det bygger på ett framtida scenario, där det i dagsläget inte finns någon infrastruktur på platsen. Branschen har idag inga konkreta siffror på vad en järnvägsbaserad transportlösning skulle kosta på den utpekade sträckan. Gällande vägtransporten har ett hypotetiskt pris tagits fram vilket har genererat i en kostnad på 900 kronor per container (se figur 5.7). Varje vecka fraktas 70 stycken containrar på import vilket genererar en kostnad på 63 000 kronor för vägtransporten (se figur 5.7). I dagsläget kostar det 133 000 kronor på import att transportera godset med alternativ 1. Detta medför att järnvägstransporten inte bör överstiga 70 000 kronor på import per vecka således 1 000 kronor per container för att alternativet skall vara att föredra utifrån ett kostnadsperspektiv (se figur 5.7).

Exportkostnaden för vägtransporten uppgår till en kostnad på 25 200 kronor, där antalet containrar på 28 stycken, 56 TEU, har multiplicerats med kostnaden per container (se figur 5.7). I dagsläget resulterar exporten i 70 000 kronor per vecka med referensfordon (se avsnitt 5.1.1), vilket medför att järnvägstransporten ej bör kosta mer än 44 800 kronor per vecka, det vill säga 1 600 kronor per container, för att alternativ 3 skall vara att föredra utifrån ett kostnadsperspektiv (se figur 5.7).

5.4.2 Koldioxidutsläpp

NTM-analysen används för att beräkna koldioxidutsläppen för respektive transportlösning, där utsläppen beräknas utifrån givna formler som presenteras i metodavsnittet (se figur 2.1).

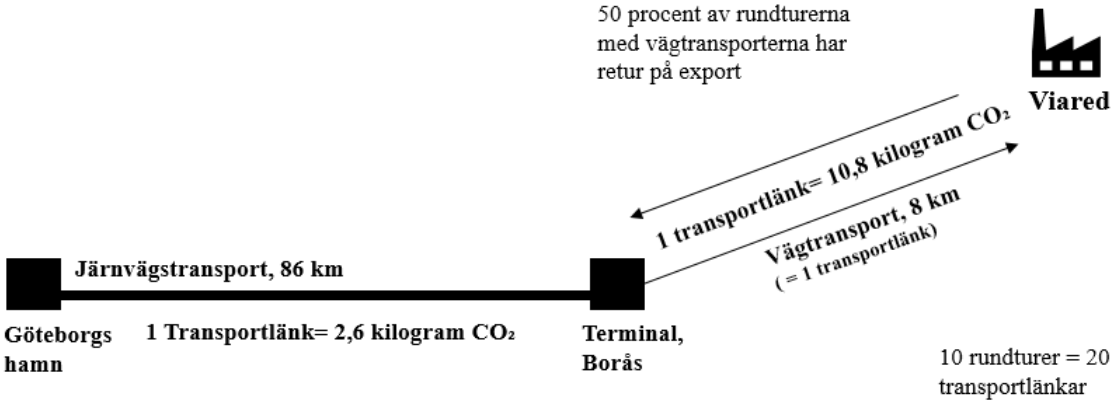
Koldioxidutsläppet för enkelväg från Göteborgs hamn till Viared, Borås beräknas genom att först beräkna antalet länkar som respektive transportmedel skall köra per transportsträcka (se avsnitt 5.4.1). Varje transportsträcka består av järnvägstransport som används från hamnen i Göteborg, till slutterminalen i Borås och därefter transporteras containrarna till Viared med vägtransport. I detta alternativ avser vägtransport referensfordon. Däremot gjordes beräkningar av både referensfordon samt HCT-fordon för att jämföra vilken av transportmedlen som är mest fördelaktiga utifrån ett koldioxidperspektiv (se tabell 5.4).

Alternativ 3	Koldioxidutläpp för järnväg (kg)			Koldioxidutläpp för referensfordon (kg)			Totalt koldioxidutsläpp Alternativ 3		
	CO_2 Utsläpp (kg)		Totalt	CO_2 Utsläpp (kg)		Totalt			
	Import	Export		Import	Export		Import	Export	Totalt
Per transportlänk	2,6	2,6	**5,2**	10,8	10,8	**21,6**	13,4	13,4	**26,8**
Per dag	2,6	2,6	**5,2**	216,0		**216,0**			**221,2**
Per vecka	13,0	13,0	**26,0**	1 080,0		**1 080,0**			**1 106,0**
Alternativ 3	**Koldioxidutläpp för järnväg (kg)**			**Koldioxidutläpp för HCT (kg)**			**Totalt koldioxidutsläpp Alternativ 3**		
	CO_2 Utsläpp (kg)		Totalt	CO_2 Utsläpp (kg)		Totalt			
	Import	Export		Import	Export		Import	Export	Totalt
Per transportlänk	2,6	2,6	**5,2**	13,5	13,5	**27,0**	16,1	16,1	**32,2**
Per dag	2,6	2,6	**5,2**	162,0		**162,0**			**167,2**
Per vecka	13,0	13,0	**26,0**	810,0		**810,0**			**836,0**

Sammanställning	**Totalt CO_2 - Utsläpp/ vecka**	**Minskning/Ökning**	**Minskning/ Ökning (%)**
Alternativ 3 (referensfordon)	**1 106,0**	**0,0**	**0,0**
Alternativ 3 (HCT)	**836,0**	**-270,0**	**-24,4%**

Tabell 5.4. Koldioxidutsläpp för alternativ 3.

Resultatet från NTM-analysen visar att järnvägens koldioxidutsläpp per länk är 3 kilogram (se bilaga 2.4). Vid varje transportlänk transporteras 24 TEU via järnvägstransport innehållande 10 stycken 40 fots containrar och 4 stycken 20 fots containrar på import. Därefter transporteras containrarna med referensfordonet till Viared, vilket resulterar i 10 rundturer mellan terminalen och Viared. Koldioxidutsläppet för referensfordon per länk är 10,8 kilogram (se bilaga 2.4). I detta alternativ inkluderas tomkörning till och från terminalen med referensfordonet. Exportbehovet är 5 stycken 40 fots containrar per dag, vilket innebär att varannan rundtur på import kan ta med en container tillbaka till terminalen på export. NTM-analysen visar att koldioxidutsläppet är densamma vid tomkörning, det vill säga 10,8 kilogram. Detta resulterar i att referensfordonet skall köra 10 rundturer, det vill säga 20 transportlänkar för att täcka behovet för import samt export per dag (se figur 5.8). Totalt resulterar koldioxidutsläppet för referensfordonet i 216 kilogram per dag (se tabell 5.4). Järnvägstransportens koldioxidutsläpp per dag beräknas genom att multiplicera koldioxidutsläppet per länk med två, eftersom järnvägen kör från Göteborgs hamn till Viared och sedan tillbaka till hamnen. Detta ger ett koldioxidutsläpp för järnvägen på 6 kilogram per dag och adderas detta med vägtransportens utsläpp ger det ett totalt utsläpp på 222 kilogram per dag för alternativ 3 (se tabell 5.4). Eftersom järnvägen kör 5 stycken rundturer per vecka resulterar koldioxidutsläppet i 222 kilogram multiplicerat med 5, vilket är ekvivalent med 1 106 kilogram per vecka för alternativ 3 (se tabell 5.4).



Figur 5.8. Koldioxidutsläpp för respektive transportlänk.

Skulle däremot ett HCT-fordon överta referensfordonets transporter skulle koldioxidutsläppet minska med 270 kilogram per vecka, det vill säga 24,4 procent (se tabell 5.4). HCT-fordonets koldioxidutsläpp per länk är 14 kilogram vilket är ett högre koldioxidutsläpp per länk jämfört med referensfordonet (se bilaga 2.5). Däremot kan HCT-fordonet transportera 25 procent fler containrar, dubbla antalet 40 fots containrar, än vad referensfordonet är kapabel till. Som tidigare nämnts innehåller containrarna på exporten enbart 40 fots containrar, där referensfordonet är begränsat till att kunna transportera enbart en styck 40 fots container, vilket ger referensfordonet samma antal transportslänkar som det finns containrar på export. I detta fall leder det till att referensfordonet måste köra dubbla antalet transportlänkar gentemot HCT-fordonet, vilket ger HCT-fordonet ett lägre koldioxidutsläpp.

5.5 Sammanställning

I detta avsnitt görs jämförelser mellan teori och empiri och kopplas till det resultat som framställts under studien.

5.5.1 Effektivitetsvariabler

Resultatet som framkommit under studien gällande effektivitetsvariabeln transportkostnad för referensfordonet, som i dagsläget trafikerar den utpekade sträckan mellan Göteborgs hamn och Viared, Borås har resulterat i en total importkostnad på 133 000 kronor (se figur 5.1). Den totala transportkostnaden för export har framkommit till 70 00 kronor per vecka (se figur 5.2).

För att importen skall vara ekonomisk lönsam för Kund X bör ett införande av ett HCT-fordon, alternativ 1, som tidigare nämnts inte kosta mer än 42 000 kronor. Exporten bör inte överstiga 70 000 kronor för att alternativ 1 skall vara att föredra utifrån ett kostnadsperspektiv för Kund D. Implementeras alternativ 2 på den utpekade sträckan med HCT-fordon där referensfordonet exkluderas, bör transportkostnaden inte överstiga dagens kostnad på 133 000 kronor. I samma grad bör exportkostnaden inte överstiga dagens kostnad på 70 000 kronor för att alternativ 2 skall vara att föredra utifrån ett kostnadsperspektiv. Vid en implementering av

alternativ 3 gäller samma förutsättningar som för alternativ 2. Vägtransportens kostnader har resulterat i 63 000 kronor för importen och 25 200 för exporten per vecka. Gällande transportlänken för järnvägen har brist på material gjort att en slutsats på den kostnaden inte kan dras. Dock bör inte järnvägstransporten kosta mer än 70 000 kronor avseende importen och 44 800 kronor avseende exporten per vecka för att alternativet skall vara jämförbart ur ett fördelaktigt kostnadsperspektiv gentemot dagens transportlösning. Stig-Göran Thorén[5] på Göteborgs hamn menar att järnvägskostnaden bör vara kompatibel med marknadspriset för vägtransport för att järnvägen ska bli konkurrenskraftig. Järnvägen har höga fasta kostnader vilket gör det svårt att konkurrera med vägtransporten där terminalkostnader i form av hanteringskostnader bidrar till att priserna ökar. Enligt Jonsson och Mattsson (2011) är det viktigt att kostnaderna för terminalaktiviteterna vid överflyttning är lägre än vad det hade kostat med en unimodal lösning (Jonsson & Mattsson 2011). Enligt Nelldal et al. (2005) har en intermodal transport innehållande väg- och järnvägstransport relativt höga kostnader i förhållande till transportkapaciteten, vilket beror på att krav ställs på terminalutrustning (Nelldal et al. 2005). Dessa slutsatser från tidigare studier är viktiga att ha i beaktning innan en eventuell implementering av en dryport i Boråsområdet. Slutsats från denna studie är att noggranna beräkningar bör göras djupgående i vidare studier gällande kostnadsberäkningar vid en eventuell ny dryport.

De Ceuster et al. (2008) menar att tidigare undersökningar har resulterat i att vägtransportkostnaden minskar med approximativt 15 till 30 procent vid ett införande av HCT-fordon (De Ceuster et al. 2008). Denna studie har varit avgränsad i form av brist på material för jämförande kostnadsberäkningar gällande HCT. Enligt Rodrigues Sanchez et al. (2015) är kostnadsaspekten en viktig faktor att studera vid en implementering av HCT-fordon på en vägsträcka (Rodrigues et al. 2015). Då tidigare studier har visat att vägtransportkostnaden kan minska innebär det, att även fraktkostnaden kan minska gentemot kunden. Däremot är det något som denna studie inte kunnat bevisa, vilket rekommenderas att i framtida studier undersöka för vidare analys. En slutsats kan dras kring att transportkostnaderna inte bör överstiga dagens kostnader med referensfordon för att det skall vara att föredra utifrån ett kostnads- och kundperspektiv.

Samtidigt som HCT-fordon bidrar till kostnadsfördelar ökar också transporteffektiviteten, då det krävs ett mindre antal lastbilar att transportera samma mängd gods (Guzman, Vassallo & Hortelano 2016; Mellin & Ståhle 2010; Natanaelsson et al. 2015; Adell et al. 2016). Denna studie kan styrka detta antagande då resultatet i samtliga alternativ som berör HCT-baserade transportlösningar, minskar antalet rundturer som behöver köras för att uppfylla kundbehovet. I alternativ 2, där enbart HCT-fordon används, minskar antalet transportsträckor på import med 20 stycken per vecka jämfört med dagens referensfordon. Referensfordonet kör 50 stycken transportsträckor på import per vecka och med alternativ 2 skulle en reducering kunna göras som resulterar i totalt 30 stycken transportsträckor på import per vecka. Enligt Ye, Shen och Bergqvist (2014) finns det två tillvägagångssätt för att öka transporteffektiviteten, vilka är genom intermodala transporter och HCT-fordon (Ye, Shen &

[5] Stig-Göran Thorén, Affärsutvecklare Järnväg vid Göteborgs hamn, telefonsamtal den 28 april 2017.

Bergqvist 2014). I alternativ 3 gällande avsnittet kring koldioxidutsläpp för den intermodala transportlösningen, beräknades koldioxidutsläppen och därav antalet transportlänkar för respektive transportslag. I detta alternativ resulterade HCT-fordonet i en minskning i antalet rundturer med 20 stycken för importen, det vill säga 40 procent och 7 stycken rundturer för exporten, det vill säga 50 procent jämfört med referensfordonet. En slutsats kan dras kring att HCT bidrar till ökad transporteffektivitet.

Den tillgängliga litteraturen med tidigare studier beskriver att det finns skillnader gällande uppfattningen av trafiksäkerheten vid en implementering av HCT-fordon (Natanaelsson et al. 2015). Vissa studier hävdar att olycksrisken minskar, då det blir en minskad exponering av fordon på vägarna (Natanaelsson et al. 2015; Castillo-Manzano, Castro-Nuño & Fageda 2016). Då denna studie visar en minskad exponering av fordon på vägarna vid en implementering av HCT-fordon, kan olycksrisken minska. Däremot har denna studie inte undersökt om huruvida en implementering av HCT på sträckan kan resultera i en minskning eller ökning av trafikolyckor. Enligt Björnstig, Björnstig & Eriksson (2008) ökar antalet dödsolyckor fem gånger så mycket med tunga lastbilar jämfört med lättare personbilar, där de anser att antalet tunga vägtransporter på vägarna bör minska (Björnstig, Björnstig & Eriksson 2008). Dock menar af Wåhlberg (2008) att trafiksäkerheten inte påverkas av en övergång från 60 ton eller 80 ton (af Wåhlberg 2008). Enligt Castillo-Manzano, Castro-Nuño & Fageda (2016) ökar riskexponeringen av lätta fordon då de ofta framförs i stadsmiljöer (Castillo-Manzano, Castro-Nuño & Fageda 2016). Då det ännu inte finns tillräcklig forskning kring huruvida HCT är trafiksäkert eller ej i stadsmiljöer, bör denna aspekt undersökas mer grundläggande. Då HCT-fordonet kommer att framföras i stadstrafik från Göteborgs hamn med flertalet filbyten kan detta öka riskexponeringen. Vid en implementering av de olika alternativen som resultatet visar bör trafiksäkerheten beaktas, oavsett vilket alternativ som slutligen väljs som transportlösning.

HCT-fordonets utökade längd kan bidra till att omkörningsrisken ökar (Knight et al. 2008; Hanley & Forkenbrock 2005). Riksväg 40, som HCT-fordonet kommer att framföras på är majoriteten av sträckan motorvägsklassad med separata körriktningar innehållande två körbanor. Knight et al. (2008) skriver att omkörningsrisken inte är lika stor på större och raka vägar med flertalet körbanor (Knight et al. 2008). Dessutom tar HCT-fordon upp mer plats på vägarna, i form av att de blockerar större yta och skärning i svängar, korsningar och rondeller (Grislis 2010). Under sträckan då fordonet kör på riksväg 40 kan det göras ett antagande kring att omkörningsrisken inte är lika stor som vid början och slutet av transportsträckan då de innehåller mindre vägar, fler filbyten och fler skärningar vid exempelvis korsningar och rondeller. Säkerhetsrisken i början och slutet av transportsträckan bör beaktas och studeras vidare med diverse riskanalyser. Vad som även bör studeras vidare är säkerhets- samt olycksrisk för HCT vid stadstrafik.

Inom flexibilitetsaspekten berörs effektivitetsvariabeln tid. Studien resulterar i att det skiljer cirka 10 minuter enkel väg mellan referensfordon och HCT-fordon på den utpekade sträckan, med referensfordonet som det snabbaste alternativet. Resultatet gällande tiden det tar för de olika fordonstyperna att köra sträckan beror på trafikläge, vilken tid på dygnet fordonet kör

och så vidare. Detta är viktiga aspekter att beakta utifrån säkerhetssynpunkter enligt Bergqvist och Behrends (2011) där de beskriver att de aspekter som bör beaktas vid ett införande av HCT-fordon på vägnätet är, vilken hastighet som fordonet kommer att färdas i, vilken rutt den kommer att färdas samt vilken tid på dygnet som fordonet trafikerar vägen (Bergqvist & Behrends 2011). Enligt Castillo-Manzano, Castro-Nuño & Fageda (2016) kör de medeltunga lastbilarna generellt sett i en högre hastighet än tunga lastbilar (Castillo-Manzano, Castro-Nuño & Fageda 2016). Enligt fallstudien kör ett HCT-fordon i 80 kilometer i timmen medan ett referensfordon, utan tillkopplad släpvagn, kör med en hastighet på 90 kilometer i timmen. Däremot kan HCT-fordonet transportera mer gods än referensfordonet, vilket kan betraktas som en flexibilitetsfördel. I denna studie är majoriteten av containrarna 40 fot, vilket har resulterat i att HCT-fordonet kan transportera den dubbla mängden jämfört med referensfordonet. För referensfordonet skulle det krävas två stycken rundturer för att frakta samma mängd gods som för HCT-fordonet vid 40 fots containrar, vilket innebär att det skulle ta den dubbla tiden för referensfordonet. Utifrån detta flexibilitetsperspektiv gällande tid, kan en slutsats dras kring att HCT kan effektivisera transporter av gods med avseende på tid. Angående alternativ 3 finns det brist på material vilket bidrar till att en slutsats gällande tiden det tar för den järnvägsbaserade lösningen inte kan dras. Blir en dryport aktuell i Boråsområdet uppmanas det att i vidare studier göra fördjupande beräkningar gällande tidsaspekten.

I Sverige är järnvägen betydligt glesare än vägnätet (Lumsden 2006). I dagsläget kan inte containergods transporteras med järnvägstransport mellan Göteborgs hamn och Viared, Borås på grund av bristande järnvägsnät. Dagens kunder som är etablerade i Viaredsområdet har i dagsläget inget annat alternativ än att transportera sina containrar med vägtransport. Enligt Jonsson och Mattsson (2011) har vägtransporter mer frekventa avgångstider än vad järnvägen har, vilket kan göra järnvägen mindre flexibel än vägtransporter (Jonsson & Mattsson 2011). I denna studie har vägtransporterna cirka tio avgångar per dag och järnvägen en avgång per dag. En vägtransport kan transportera några få containrar, medan järnvägstransport oftast kräver att tåget använder majoriteten av sin kapacitet. Skulle en järnvägsterminal etableras söder om Borås bör avgångstiderna beaktas. Utifrån ett kundperspektiv är flexibla avgångstider att föredra, där en slutsats kan dras kring att vägtransport vinner fördelar då de har mer frekventa avgångstider.

Enligt beräkningar av Limbourg och Jourquin (2009), bör sträckan för en intermodal transport vara längre än 343 kilometer för att den skall vara lönsam (Limbourg & Jourquin 2009). I denna studie är sträckan betydligt kortare, närmare bestämt 94 kilometer. Vidare studier bör beakta och undersöka om en dryport är att föredra på den utpekade platsen.

5.5.2 Miljöpåverkan

Studiens NTM-analys resulterar i att dagens referensfordon har ett totalt koldioxidutsläpp på 5 655 kilogram per vecka (se bilaga 3). Implementeras alternativ 1, innehållande ett HCT-fordon minskar koldioxidutsläppet med 1 107 kilogram per vecka, vilket genererar en minskning med 19,6 procent. Antas alternativ 2, där HCT-fordon enbart trafikerar sträckan

och referensfordon exkluderas minskar koldioxidutsläppet ytterligare. Jämfört med referensfordonet minskar koldioxidutsläppet med 1 731 kilogram i alternativ 2, vilket ger en procentuell minskning med 30,6 procent. I ett framtidsscenario där en järnvägsterminal införs, kan koldioxidutsläppet minska ytterligare med 4 548,4 kilogram, vilket ger en procentuell minskning med 80,4 procent.

Studiens resultat kring minskade koldioxidutsläpp vid en implementering av HCT-fordon kan styrkas av tidigare publicerade studier med liknande utfall (Guzman, Vassallo & Hortelano 2016; Mellin & Ståhle 2010; Natanaelsson et al. 2015; Adell et al. 2016). Grislis (2010) anser att HCT-fordon ger kostnadsfördelar för företag, då det krävs färre antal förare och en reducerad bränsleförbrukningstotal att transportera samma mängd gods (Grislis 2010). Enligt Adell et al. (2016) visar studier på att bränsleförbrukningen per fraktat ton gods minskar med 8 till 15 procent för 74 tons fordon med en längd på 25,25 meter jämfört med ett referensfordon. Skulle längden på fordonet öka till 34 meter minskar bränsleförbrukningen ytterligare med 18 till 27 procent (Adell et al 2016). Denna studies NTM- analys visar att koldioxidutsläppen minskar mellan 19 till 30 procent beroende på hur många HCT-fordon som trafikerar vägsträckan (se bilaga 3). Däremot har tomreturer ej beaktats i alternativ 1 och 2 då statistik på detta inte finns tillgängligt. Detta kan innebära att koldioxidutsläppens minskning inte är reliabel med avseende på verklig koldioxidminskning. Däremot kan en teoretisk slutsats dras kring att HCT kan effektivisera transporter med avseende på koldioxidutsläpp, jämfört med dagens referensfordon på sträckan Göteborgs hamn till Viared, Borås. Däremot kan HCT-fordon bidra till ett skifte från järnväg till väg (Mellin & Ståhle 2010; Natanaelsson et al. 2015; Adell et al. 2016). Denna studie kan inte styrka det antagandet då det i dagsläget inte finns någon järnvägskoppling mellan destinationerna, utan enbart vägtransport, vilket styrker slutsatsen kring att HCT-fordon kan effektivisera transporter med avseende på koldioxidutsläpp på den utpekade sträckan.

Gällande alternativ 3 som avser den intermodala järnvägsbaserade transportlösningen minskar koldioxidutsläppen med 80,4 procent jämfört med referensfordonet. Enligt Roso (2007) leder en implementering av en dryport till ett skifte från väg till järnväg med minskade koldioxidutsläpp (Roso 2007), vilket kan stärkas från denna studie. Däremot kommer detta alternativ inte att införas på flertalet år eller inte alls, vilket bör beaktas och bedömas utifrån ett framtida “what if”- scenario. Alternativet avser att referensfordon skall användas vid PPH-aktiviteter. Eftersom detta alternativ avser ett “what if”- scenario gjordes även en NTM-analys gällande en beläggning av HCT-fordon vid PPH-aktiviteterna i alternativ 3 (se tabell 5.4). NTM-analysen visar att HCT genererar en koldioxidminskning på cirka 25 procent per vecka jämfört med referensfordonet i alternativ 3. Enligt Lowe (2006) har längden på fordonet en stor inverkan gällande kostnader kring PPH-aktiviteter, där längden relaterar till hur många containrar eller växelflak som fordonet kan transportera (Bergqvist & Behrends 2011). Antalet 40 fots containrar överstiger antalet 20 fots containrar i denna studie vilket innebär att referensfordonet har svårigheter att kunna använda sin fulla kapacitet. Vid importen använder referensfordonet full kapacitet på 3 TEU på 20 av 50 stycken rundturer vilket innebär att endast 40 procent av rundturerna vid importen nyttjar full kapacitet (se figur 5.1). Enligt McKinnon (2011) är en konsolidering av laster innehållande HCT-fordon det

mest effektiva sättet att minska fordonskilometer och miljöpåverkan för godstransporter på väg (Rodrigues Sanchez et al. 2015). Vid exporten transporteras endast 40 fots containrar vilket innebär att referensfordonet endast kan transportera en container per transportsträcka. HCT-fordonet kan använda sin fulla kapacitet i både importen samt exporten vilket innebär att den alltid transporterar med full kapacitet på 4 TEU per transport. Detta innebär att det blir en avsevärd skillnad på antalet rundturer som HCT-fordonet behöver köra jämfört med referensfordonet, vilket i detta fall leder till betydligt mindre koldioxidutsläpp. Hade antalet 40 fots och 20 fots containrar varit av annat antal skulle utfallet för koldioxidutsläppet kunna vara annorlunda. En slutsats kan dras utifrån denna studie att HCT skulle vara att föredra i alternativ 3 utifrån ett miljömässigt perspektiv med avseende på koldioxidutsläpp mellan Göteborg hamn och Viared, Borås. Ännu en slutsats kring HCT är att antalet transporter kan reduceras med hjälp av HCT om antalet 40 fots containrar överstiger antalet 20 fots containrar, jämfört med referensfordon.

Däremot bidrar vägtransporterna med majoriteten av koldioxidutsläppet i alternativ 3 gentemot vad järnvägen står för. Av det totala koldioxidutsläppet per vecka på 1 106 kilogram, bidrar vägtransporterna med 1 080 kilogram, det vill säga cirka 98 procent av det totala utsläppet. Detta kan bero på att godståget kan transportera avsevärt fler containrar per transport än vad referensfordonet är kapabel till. Dessutom måste de containrar som ankommer till terminalen via järnvägstransport transporteras till industriområdet Viared, som ligger 8 kilometer ifrån terminalen via vägtransport. Enligt Wilmsmeier, Monios & Lambert (2011) kan en terminal öka attraktionskraften för företag att etablera sig i området, där det dessutom skapar arbetstillfällen samt ekonomisk utveckling i kommunen (Wilmsmeier, Monios & Lambert 2011). Upprättas en ny terminal i Viared kan attraktionskraften öka för fler företag att etablera sig i området. Enligt Bergqvist, Falkemark & Woxenius (2010) finns det faktorer som bidrar till en framgångsrik utvecklingsprocess gällande dryports, där valet av placering för terminalen är en framstående sådan. Terminaler behöver hitta och lokalisera ett kritiskt upptagningsområde där en stor andel av godset flödar, för utveckling av en effektiv verksamhet (Bergqvist, Falkemark & Woxenius 2010). Då terminalen är placerad 8 kilometer från industriområdet och godsets kritiska upptagningsområde kan placeringen av terminalen vara mindre fördelaktig. Däremot krävs det djupare och mer ingående analyser kring hur dryports bör vara placerade för att utvecklingsprocessen skall bli så lyckad som möjligt. Bergqvist och Behrends (2011) menar att konkurrenskraften är låg för intermodala transporter som har kortare sträcka än 300 kilometer, där PPH-aktiviteter utförs på båda sidor av kedjan, jämfört med en unimodal transport (Bergqvist & Behrends 2011). Vidare studier bör utföras vid en implementering av dryport i Boråsområdet, där sträckan är kortare än 300 kilometer. Bergqvist och Monios (2016) har utfört en studie relaterat till en implementering av dryport i Falköping. Dryporten är kopplad mellan Göteborgs hamn och Skara, där järnväg samt HCT-fordon trafikerar sträckan. Studien visar på bland annat kostnadsfördelar för det involverade företaget (Bergqvist & Monios 2016). En slutsats kring detta kan dras genom att transportsträckan är jämförbar med denna studies transportsträcka och bör studeras för vidare analys.

Vad som kan studeras vidare är Borås godsflöden mellan städerna Varberg och Göteborg för att kunna avgöra vart dryporten skall vara placerad utifrån ett strategiskt perspektiv. Mellin och Ståhle (2010) anser att det är viktigt att se över godstransporternas drivmedel (Mellin & Ståhle 2010). Vid en dryport där intermodala transportlösningar används är en lösning för att minska koldioxidutsläppen att använda eldrivna fordon (Bergqvist & Monios 2016). Vid intermodala transporter föreslås eldrivna fordon respektive hybridfordon under PPH-aktiviteter, för att minska de externa kostnaderna för utsläpp och buller (MacHaris, Van Mierlo & Van Den Bossche 2007). Denna studie har enbart undersökt dieseldrivna fordon med miljöklass 1. Detta är något som bör beaktas, då olika alternativa drivmedel finns, exempelvis eldrivna fordon, främst relaterat till den intermodala järnvägslösningen.

Slutligen kan de mest relevanta slutsatserna från denna studie illustreras i tabellen nedan (se tabell 5.5).

Tabell 5.5. Sammanställning av resultat.

Transportalternativ	Fördelar	Nackdelar
Alternativ 1	• Minskat CO_2- utsläpp med 19,6 % • Flertalet avgångar per dag gällande import samt export	• Trafiksäkerhet och olycksrisk vid stadskörning, för vidare studier
Alternativ 2	• Minskat CO_2- utsläpp med 30,6 % • Antalet minskade rutter med 40 % • Vid behov av 40 fots containrar minskar antalet rutter med 50 % • Flertalet avgångar per dag gällande import samt export	• Trafiksäkerhet och olycksrisk vid stadskörning, för vidare studier
Alternativ 3	• Minskat CO_2- utsläpp med 80,4 % • Ökad attraktionskraft	• Placering? → vägtransporterna bidrar med 98 % av totalt CO_2- utsläpp • Flexibilitet, för vidare studier • Transporttid, för vidare studier

6. Diskussion

Resultatet i denna studie omfattar en aggregerad nivå av beräkningar då många uppgifter är baserade på genomsnittliga uträkningar. Detta innebär att resultatet kanske inte stämmer överens med verkligheten då denna studie utgått från att göra beräkningar från bästa scenario, det vill säga att belägga transporterna i respektive alternativ så mycket som det går för att samtliga alternativ skall ha samma förutsättningar. I verkligheten är det inte alltid lika enkelt, då det förekommer variation i form av exempelvis förseningar som gör att planeringen brister, vilket då skulle påverka resultatets utfall. Detta resultat är baserat på att få en uppfattning om hur respektive alternativ hade påverkat de olika effektivitetsvariablerna och miljöpåverkan för att vidare kunna fördjupa sig på detaljnivå inom de alternativ som är att föredra. Studien har uppfyllt sitt syfte i den grad att dess frågeställningar besvarats. Däremot fick begränsningar göras i form av kostnadsberäkningar då material inte fanns tillgängligt.

De uppvisade resultaten avseende koldioxidutsläpp kan appliceras på andra företag, men då genom att nya beräkningar erfordras med hjälp av NTM-analys. Resultatet angående reduceringen av rundturer vid implementering av HCT kan appliceras på företag, förutsatt att behovet av antalet 40 fots containrar överstiger antalet 20 fots containrar. I denna studie minskade koldioxidutsläppen i den utsträckning, på grund av att 40 fots containrarna överstiger antalet 20 fots containrar, vilket grundar sig i att antalet rundturer reduceras avsevärt med HCT.

För att kunna gå vidare med studien, bör HCT undersökas i stadsmiljöer mer ingående, för att kunna bedöma trafiksäkerheten med olycksrisken vid filbyten, korsningar, rondeller med mera. Detta skulle kunna göras med hjälp av diverse riskanalyser till exempel genom en FMEA-analys. Dessutom bör transportkostnader beräknas för HCT, för att kunna beräkna vad kunden skulle betala vid en implementering. Angående den intermodala järnvägslösningen i alternativ 3 bör alternativet undersökas mer djupgående med tidsanalyser samt framtida avgångstabell för att kunna bedöma dess flexibilitet. Gällande flexibilitet dras slutsatser att vägfordon är mer flexibla ur ett kundperspektiv än järnvägstransport. Vägtransporten drar fördelar gentemot järnvägstransporten då avgångarna är fler samt att företag på ett enklare sätt kan komplettera med en transport vid behov. Däremot sett ur en annan synvinkel ökar planeringsbarheten då tåget alltid står på terminalen samma tid varje dag. De uppstår inga förseningar i form av köbildning som kan uppstå på vägen. Kostnadsmässigt har järnvägen relativt höga både fasta och rörliga kostnader vilket bidrar till att vägfordon vinner fördelar. Så länge det inte finns någon trängselavgift på vägsträckan är det svårt att konkurrera ut vägtransporter till fördel för järnvägen. Det gäller att noggrant väga för- och nackdelar för de olika alternativen vid en implementering. I vidare undersökningar kan det även vara fördelaktigt att undersöka om HCT skulle vara att föredra utifrån fler perspektiv än det som denna studie undersökt. Enligt Bergqvist och Behrends (2011) har studier visat att längden 32 meter på fordonen resulterade i att kostnaderna kunde reduceras gällande PPH-aktiviteter (Bergqvist & Behrends 2011). Dessutom bör placeringen av terminalen i alternativ 3 att analyseras mer ingående med godsflödesanalyser för att kunna bedöma placeringen utifrån ett strategiskt perspektiv.

Studien har med hjälp av en NTM-analys beräknat koldioxidutsläpp för varje fordonstyp. Verktyget bygger på att studien använder samma miljöklassificering på de olika fordonstyperna, detta innebär att fordon som drivs på elektricitet exkluderats. Skulle en terminal implementeras i Boråsområdet i framtiden finns det en stor sannolikhet att tåget skulle köras med elektricitet som drivmedel. Då begränsningar i verktyget satte stopp för beräkning av eldrivna tåg uppmanas det att i vidare studier utveckla denna modell. Fördjupade studier bör genomföras, förslagsvis en LCA (livscykelanalys), eller andra metoder och verktyg för att beräkna koldioxidutsläpp. Studien resulterar i att järnvägen bidrar i mindre koldioxidutsläpp än vägfordon, men skulle beräkningarna utförts med eldrivna tåg hade antagligen resultatskillnaden blivit större till tågets fördel. Däremot bör utvinningen av elektriciteten beaktas, där elektricitet utvunnet av kol är mindre att föredra än till exempel genom vind, vatten och solkraft.

Vid en implementering av HCT skulle färre antal fordon trafikera vägarna (af Wåhlberg 2008; Castillo-Manzano, Castro-Nuño & Fageda 2016), vilket ger kostnadsfördelar för företag, då det krävs färre antal förare och en reducerad bränsleförbrukningstotal att transportera samma mängd gods (Grislis 2010). Resultatet visar att vid en implementering av HCT- fordon minskar antalet rundturer, då det krävs färre antal fordon att transportera samma mängd gods. Då antalet fordon minskar på vägarna, kan även antalet förare minska vilket bör diskuteras utifrån etiska aspekter. Beaktning bör tas gällande reduceringen av antalet arbetstillfällen som ges vid en implementering av HCT-fordon. Enligt Adell et al. (2016) krävs det vid en implementering av HCT på det svenska vägnätet att flertalet vägar och broar utrustas för en högre bärighetsklass. Adell et al. (2016) konstaterar att Trafikverket har kartlagt att det rör sig om 600–700 broar som behöver förstärkas i Sverige, vilket har uppskattats till en kostnad på 12 miljarder kronor (Adell et al 2016). Detta är en aspekt som ligger utanför studiens syfte och behöver tas i beaktning vid implementering av HCT-fordon i Sverige.

Den största vinsten angående en implementering av HCT har visat sig stärka den miljömässiga hållbarheten. Människan utsätter idag jorden för en stor klimatpåverkan, där framförallt förbränning av fossila bränslen är en stor bidragande orsak. Att samhället tar ansvar är viktigt och att nya innovativa lösningar skapas i form exempelvis HCT-fordon bidrar till en positiv samhällsutveckling. Europa kommissionen (2007) konstaterar att trots utveckling av bränsleeffektivitet ökar utsläppen i takt med att godstransporterna växer (European Commission 2017), vilket de ständigt gör varje år (Trafikanalys 2014). Viared är ett företagsområde som växer, där allt fler företag väljer att etablera sig. Viktigt är att i framtiden se över olika möjligheter för att transportera godset. En alternativ lösning kan vara att upprätta en dryport i Boråsområdet. Betydelsefullt då är att företagen i sådana fall är lojala till järnvägstransporten och inte bokar vägtransport för att snabbt lösa tillfälliga problem. Liknande exempel har införts i Falköping, där en dryport har inrättats. Borås likt andra städer i Sverige kan använda implementeringen i Falköping som en modell att analysera med styrkor och svagheter. Västra Götaland har som mål att bli fossilfritt inom några år (Västra Götalandsregionen 2015), en dryport i Borås kan vara ett alternativ för att målet skall lyckas.

6.2 Teoretiskt bidrag

Studien bidrar med jämförande analyser av HCT-fordon relaterat till järnvägsbaserade transportlösningar, där tidigare brister i den akademiska litteraturen identifierats. HCT-fordon har dessutom studerats relaterat till så kallade traditionella dragbilar där koldioxidutsläpp har vunnit fördelar för HCT-fordon. Dessutom har resultaten av tidigare studier stärkts gällande HCT-fordon i form av bland annat kostnadsfördelar och transporteffektivitet.

7. Slutsats

Syftet med studien var att utvärdera två intermodala transportlösningar för gods, där en var baserad på användning av en HCT-fordonslösning och en var baserad på användning av en järnvägsbaserad lösning. Transportlösningarna utvärderades med avseende på effektivitet (tid, transportkostnad, flexibilitet) och miljöpåverkan (koldioxidutsläpp). Denna studie kan styrka antagandet gällande effektivisering av godstransport med HCT-fordon. Detta då resultatet i samtliga alternativ som berör HCT-baserade transportlösningar, minskar antalet rundturer som behöver köras för att uppfylla kundbehovet. Studien resulterar i att då antalet 40 fots containrar överstiger antalet 20 fots containrar reduceras antalet fordon som trafikerar vägarna, vilket leder till större transporteffektivitet och minskade koldioxidutsläpp.

Frågeställningarna angående vilka effektivitets samt miljömässiga fördelar som kan erhållas har besvarats i viss grad. Studien innehåller bristande material i form av kostnader för de olika transportlösningarna. Slutsats som kan dras gällande kostnader utifrån ett kundperspektiv är att HCT inte bör överstiga dagens transportkostnader för att det skall vara att föredra. Järnvägen har generellt en högre kostnad än vägtransport, då det är främst de fasta avgifterna som bidrar till kostnadsökningar. Så länge det inte finns någon vägskatt på den utpekade sträckan har järnvägen svårt att konkurrera med vägtransporten. Implementeras en järnväg i framtiden bör fördelar noggrant övervägas mot nackdelar, vilket vidare studier bör undersöka.

Då det ännu inte finns tillräcklig forskning kring huruvida HCT är säkert eller ej i stadsmiljöer sett ur en flexibilitetssynpunkt, bör denna aspekt undersökas mer grundläggande. Då HCT-fordonet kommer att framföras i stadstrafik från Göteborgs hamn med flertalet filbyten kan detta öka riskexponeringen. Vid en implementering av de olika alternativen som resultatet visar bör trafiksäkerheten beaktas, oavsett vilket alternativ som slutligen väljs som transportlösning. Vägtransporten är mer flexibel sett till järnvägen, detta då vägtransporten levererar gods mer frekvent. Tåget har fasta tidtabeller och anländer till terminalen samma tid varje dag, vilket kan ses ur både en positiv samt en negativ synvinkel. Det genererar en större planeringsbarhet och större precision vid leverans. Dock är det svårare för järnvägen än för dragbilen att komplettera med en expressleverans.

I denna studie är majoriteten av containrarna 40 fot, vilket har resulterat i att HCT-fordonet kan transportera den dubbla mängden jämfört med referensfordonet. Detta resulterar i att det

tar dubbelt så lång tid för referensfordonet att transportera samma mängd gods. Jämförs det med tiden det tar att köra på sträckan, vilket det för HCT-fordonet tar cirka 10 minuter längre, kan slutsats dras att HCT-fordonet vinner fördelar. Utifrån detta flexibilitetsperspektiv gällande tid, kan en slutsats dras kring att HCT kan effektivisera transporter av gods med avseende på tid. Angående alternativ 3 finns det inte tillräckligt med material vilket bidrar till att en slutsats gällande tiden det tar för den järnvägsbaserade lösningen inte kan dras. Blir en dryport aktuell i Boråsområdet uppmanas det att i vidare studier göra fördjupande beräkningar gällande tidsaspekten.

En slutsats kan dras gällande miljöpåverkan innehållande koldioxidutsläpp, att alternativ 3 (innehållande referensfordon) skulle minska dagens koldioxidutsläpp med cirka 80 procent, vilket innebär att detta alternativ är att föredra ur ett miljömässigt perspektiv. Dessutom gjordes beräkningar av koldioxidutsläpp med HCT-fordon i alternativ 3, vilket kunde minska vägtransporternas utsläpp med 24,4 procent. Då alternativ 3 avser ett framtida scenario, vilket innebär att det kan dröja flertalet år innan transportlösningen kan komma att träda i kraft kan en slutsats dras kring att alternativ 2 är att föredra då den minskar koldioxidutsläppen med cirka 30 procent jämfört med dagens referensfordon. Däremot kan det behövas en viss implementeringstid kring HCT, där alternativ 1 kan avse denna period, med målet kring att successivt över tid införa alternativ 2. Om alternativ 3 avser slutgiltigt mål bör vidare studier genomföras. Ännu en slutsats kring HCT är att antalet transporter kan reduceras med hjälp av HCT-fordon och därav minska koldioxidutsläppen avsevärt, om antalet 40 fots containrar överstiger antalet 20 fots containrar, jämfört med referensfordon.
Denna studie har med avseende på begränsningar för NTM-analysen endast beräknat koldioxidutsläppet för fordon med diesel och miljöklass 1. Vidare studier bör genomföra djupgående analyser där andra drivmedel används. Etableras en terminal i framtiden kommer troligtvis tågen drivas på elektricitet, vilket är viktigt att beakta utifrån detta resultat. Resultatet visar som tidigare nämnts en minskning av koldioxidutsläpp jämfört med både referensfordonet och HCT-fordonet. Hade beräkningar gjorts på eldrivna fordon görs antaganden att koldioxidutsläppet ytterligare skulle kunna reduceras.

8. Referenslista

Abbasi, M. & Nilsson, F. (2012). Themes and challenges in making supply chains environmentally sustainable. *Supply Chain Management: An International Journal*, 17(5), ss. 517–530 DOI:10.1108/13598541211258582

Adell, E., Khan, J., Hiselius, L., Lund, E., Nelldal, B-L., Pettersson, F., Pålsson, H., Smidfelt Rosqvist, L. & Wandel, S. (2016). *Systemanalys av införande av HCT på väg i Sverige*. (Rapport 95). Miljö- och energisystem, LTH, Lunds universitet, Environmental and Energy Systems Studies. Tillgänglig via: http://portal.research.lu.se/portal/files/16727368/Systemanalys_HCT_Slutversion_okt2016.pdf [2017-03-14]

Af Wåhlberg, A.E. (2008). Meta-analysis of the difference in accident risk between long and short truck configurations. *Journal of Risk Research*, 11(3), ss. 315–333.

Asp, T. & Berndtsson, A. (2015). *Årsrapport High Capacity Transport 2015*. Göteborg: Trafikverket.Tillgänglig via: *http://www.lindholmen.se/sites/default/files/content/resource/files/arsrapport_hct_2015_slutversion.pdf* [2017-03-30]

Banister, D., Anderton, K., Bonilla, D., Givoni, M. & Schwanen, T. (2011). Transportation and the Environment. *Annual Review of Environment and Resources*, 36(1), ss. 247–270. DOI:10.1146/annurev-environ-032310-112100

Bergqvist, R. & Behrends, S. (2011). Assessing the Effects of Longer Vehicles: The Case of Pre- and Post-haulage in Intermodal Transport Chains. *Transport Reviews*, 31(5), ss. 591–602. DOI: 10.1080/01441647.2011.584980

Björnstig, U., Björnstig, J. & Eriksson, A. (2008). Passenger car collision fatalities – with special emphasis on collisions with heavy vehicles. *Accident analysis & prevention*, 40(1), ss. 158–166. DOI: 10.1016/j.aap.2007.05.003

Bergqvist, R., Falkemark, G.& Woxenius, J. (2010). Establishing intermodal terminals. *World Review of Intermodal Transportation Research*, 3(3), ss.285–302. DOI: 10.1504/WRITR.2010.034667

Bergqvist, R. & Monios, J. (2016). The last mile, inbound logistics and intermodal high capacity transport- the case of Jula in Sweden. *World Review of Intermodal Transportation Research*, 6(1), ss. 74–92. DOI: 10.1504/WRITR.2016.078157

Bontekoning, Y.M., Macharis, C. & Trip, J.J. (2004). Is a new applied transportation research field emerging? —A review of intermodal rail–truck freight transport literature. *Transportation Research Part A*, 38(1), ss. 1–34. DOI: 10.1016/j.tra.2003.06.001

Bryman, Alan (2011). Samhällsvetenskapliga metoder. 2., [rev.] uppl. Malmö: Liber

Castillo-Manzano, J.I., Castro-Nuño, M. & Fageda, X. (2016). Exploring the relationship between truck load capacity and traffic accidents in the European Union. *Transportation Research Part E*, 1(88), ss. 94–109.

Cullinane, K., Bergqvist, R. & Wilmsmeier, G. (2012). The dry port concept - Theory and practice, *Maritime Economics & Logistics*, 14(1), ss. 1–13. DOI:10.1057/mel.2011.14

De Ceuster, G., Breemersch, T., Van Herbruggen, B., Verweij, K., Davydenko, I., Klingender, M., Jacob, B., Arki, H. & Bereni, M. (2008). *Effects of adapting the rules on weights and dimensions of heavy commercial vehicles as established within Directive 96/53/EC.* European Comission. Tillgänglig via: http://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/strategies/studies/doc/2009_01_weights_and_dimensions_vehicles.pdf [2017-03-02]

Europaparlamentet och rådets direktiv 96/53/EG av den 25 juli 1996 om största tillåtna dimensioner i nationell och internationell trafik och högsta tillåtna vikter i internationell trafik för vissa vägfordon som framförs inom gemenskapen (OJ L235, 17.9.1996, s. 59–75).

European Commission (2017). *Press release details.* http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-13-329_sv.htm [2017-03-21]

European Modular System (2009). *What is EMS?* http://www.modularsystem.eu/en/what_is_ems-/ [2017-02-10]

Flyvbjerg, B. 2006, Five Misunderstandings About Case-Study Research, Qualitative Inquiry, 12(2), ss. 219–245.

Fogdestam, N. & Löfroth, C. (2015). *ETT-demo, demonstration av ETT- och ST-fordon* (Rapport 872–2015). Skogforsk. Tillgänglig via: http://www.skogforsk.se/contentassets/a6ada35959b44e8398253c62232d8a87/ett-fordonet-ettdemo-demonstration-av-ett-och-st-fordon-hela.pdf [2017-02-10]

Grislis, A. (2010). Longer combination vehicles and road safety. *Transportation*, 25(3), ss. 336–343. DOI: 10.3846 / transport.2010.41

Guzman, A.F., Vassallo, J.M. & Hortelano, A.O. (2016). A Methodology for Assessing the Regional Economy and Transportation Impact of Introducing Longer and Heavier Vehicles: Application to the Road Network of Spain. *Networks and Spatial Economics*, 16(3), ss. 957–979. DOI: 10.1007/s11067-015-9305-7

Hanley, P.F & Forkenbrock, D.J. (2005). Safety of passing longer combination vehicles on two-lane highways. *Transportation Research Part A*, 39(1), ss. 1–15. DOI:10.1016/j.tra.2004.09.001

Hsu, W.K. (2013). Improving the service operations of container terminals. *The International Journal of Logistics Management*, 24(1), ss. 101-116. DOI 10.1108/IJLM-05-2013-0057

Jarzemskis, A. & Vasiliauskas, A. V. (2007). Research on dry port concept as intermodal node. *Transport*, (22)3, ss. 207–213.

Johnson, R.B., Onwuegbuzie, A.J. & Turner, L.A. 2007, Toward a Definition of Mixed Methods Research, *Journal of Mixed Methods Research*, 1(2), ss. 112–133. DOI: 10.1177/1558689806298224

Jonsson, P. & Mattsson, S. (2011). *Logistik: läran om effektiva materialflöden*. 2., [rev.] uppl. Lund: Studentlitteratur.

Justesen, L. & Mik-Meyer, N., (2011). *Kvalitativa metoder: från vetenskapsteori till praktik.* 1. uppl. Lund: Studentlitteratur

Knight, I. et al. (2008). *Longer and/or Longer and Heavier Goods Vehicles (LHVs) – a Study of the Likely Effects if Permitted in the UK (Final Report)* (Rapport PPR285). United Kingdom. Tillgänglig via: *https://www.nomegatrucks.eu/deu/service/download/trl-study.pdf* [2017-02-20]

Limbourg, S. & Jourquin, B. (2009). Optimal rail-road container terminal locations on the European network. *Transportation Research Part E*, 45(4), ss. 551–563. DOI: 10.1016/j.tre.2008.12.003

Lumsden, K. (2006). *Logistikens grunder*. 2., [utök. och uppdaterade] uppl. Lund: Studentlitteratur

Mangan, J., Lalwani, C. & Gardner, B. (2004). Combining quantitative and qualitative methodologies in logistics research. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34(7), ss. 565–578. DOI: 10.1108/09600030410552258

MacHaris, C., Van Mierlo, J. & Van Den Bossche, P. (2007). Combining Intermodal Transport With Electric Vehicles: Towards More Sustainable Solutions. *Transportation Planning and Technology*, 30(2–3) ss. 311–323. DOI: 10.1080/03081060701395618

Melin, A. & Ståhle, J. (2010) *Omvärlds- och framtidsanalys – längre och tyngre väg- och järnvägsfordon* (Rapport 676). VTI. Tillgänglig via: http://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:670556/FULLTEXT01.pdf [2017-03-03]

Natanaelsson, K. & Ngo, P. (2016). *Statliga vägar som kan anses lämpade för en ny bärighetsklass 4* (Rapport 2016:141). Borlänge: Trafikverket. Tillgänglig via: https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/16582/Ineko.Product.RelatedFiles/2016_141_statliga_vagar_som_trafikverket_kan_upplata_for_en_ny_barighetsklass_4_.pdf [2017-03-04]

Natanaelsson, K., Åsman, P., Grudemo, S., Adell, E. (2015). *Rapport Systemanalys av införande av HCT på väg Slutversion – Underlagsrapport till regeringsuppdraget ”Fördjupade analyser av att tillåta tyngre fordon på det allmänna vägnätet”* (Rapport 2015:234). Borlänge: Trafikverket. Tillgänglig via: https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/12128/RelatedFiles/2015_234_systemanalys_av_inforande_av_hct_pa_vag.pdf [2017-02-02]

Naturvårdsverket (2016a). *Fakta om klimat.* http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Klimat/ [2017-01-29]

Naturvårdsverket (2016b). *Transporter och trafik.* *http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Transporter-och-trafik/* [2017-01-29]

Nelldal, B-L., Bark, P., Wajsman, J. & Troche, G. (2005). *Konkurrenskraftiga kombitransportsystem* (Rapport 0513). Stockholm: KTH Järnvägsgruppen. Tillgänglig via: https://www.kth.se/polopoly_fs/1.87135!/Menu/general/column-content/attachment/0513_inlaga.pdf [2017-03-17]

Rodrigues Sanchez, V. Piecyk, M. Mason, R. & Boenders, T. (2015). The longer and heavier vehicles debate: A review of empirical evidence from Germany. *Transportation Research Part D: Transport and Environment.* 40, ss. 114–131. DOI: 10.1016/j.trd.2015.08.003

Roso, V. (2007). Evaluation of the dry port concept from an environmental perspective: A note. *Transportation Research Part D,* 12(7), ss. 523–527. DOI: 10.1016/j.trd.2007.07.001

Roso, V. (2008). Factors influencing implementation of a dry port. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management,* 38(10) ss. 782–798. DOI: 10.1108/09600030810926493

Roso, V., Lumsden, K., (2010). A review of dry ports. *Maritime Economics & Logistics,* 12(2), ss. 196–213. DOI: 10.1057/mel.2010.5

Trafikanalys (2014). *Internationella godstransportflöden i Sverige och omvärlden* (Rapport 2014:18) Stockholm: Trafikanalys. Tillgänglig via: http://www.trafa.se/globalassets/rapporter/rapport_2014_18_internationella_godstransportfloeden_i_sverige_och_omvaerlden.pdf [2017-02-03]

Spens, K. & Kovács, G. (2006). A content analysis of research approaches in logistics research. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 36(5), ss.374–390. DOI 10.1108/09600030610676259

Trafikanalys (2016). *Bantrafik.* http://www.trafa.se/bantrafik/bantrafik/ [2017-02-10]

Trafikverket (2016a). *800 mil kan öppnas för 74 ton. http://www.trafikverket.se/om-oss/nyheter/Nationellt/2016-12/800-mil-kan-oppnas-for-74-ton/* [2017-03-02]

Trafikverket (2016b). *Åtgärdsvalsstudie Viskadalsstråket Varberg - Borås* (Rapport: TRV 2016/24438). Göteborg: Trafikverket

Trafikverket (2017) *Mål och inriktning för klimatarbetet*. http://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/miljo/energi-och-klimat/Klimatmal-for-transportsektorn/ [2017-03-02]

Transportmeasures (2017) *Om NTM.* https://www.transportmeasures.org/sv/om-ntm/ [2017-03-17]

Transportstyrelsen (2015). *Ändrade bruttoviktstabeller och krav för 64 ton tunga fordonskombinationer*. https://www.transportstyrelsen.se/sv/Nyhetsarkiv/andrade-bruttoviktstabeller-och-krav-for-64-ton-tunga-fordonskombinationer/ [2017-02-10]

Transportstyrelsen (2017). *Miljöklassade bränslen.* https://transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Miljo/Luftkvaliet-i-tatorter/Miljoklassade-branslen/ [2017-03-17]

Volvo Trucks (2016). *Fakta om högkapacitetsfrågor*. http://www.volvotrucks.se/sv-se/trucks/hct/hct-fakta.html [2017-03-02]

Västra Götalandsregionen (2015). *Faktaunderlag med klimatutmaningar för Västra Götaland- Ett gott liv i en fossilberoende region.* (Rapport 1:2015) Tillgänglig via: http://www.fossiloberoendevg.se/wp-content/uploads/2014/12/Faktaunderlag-med-klimatutmaningar-f%C3%B6r-V%C3%A4stra-G%C3%B6taland.pdf [2017-03-01]

Wilmsmeier, G., Monios, J. & Lambert, B. (2011). The directional development of intermodal freight corridors in relation to inland terminals. *Journal of transport geography*, 19(6), ss. 1379–1386. DOI:10.1016/j.jtrangeo.2011.07.010

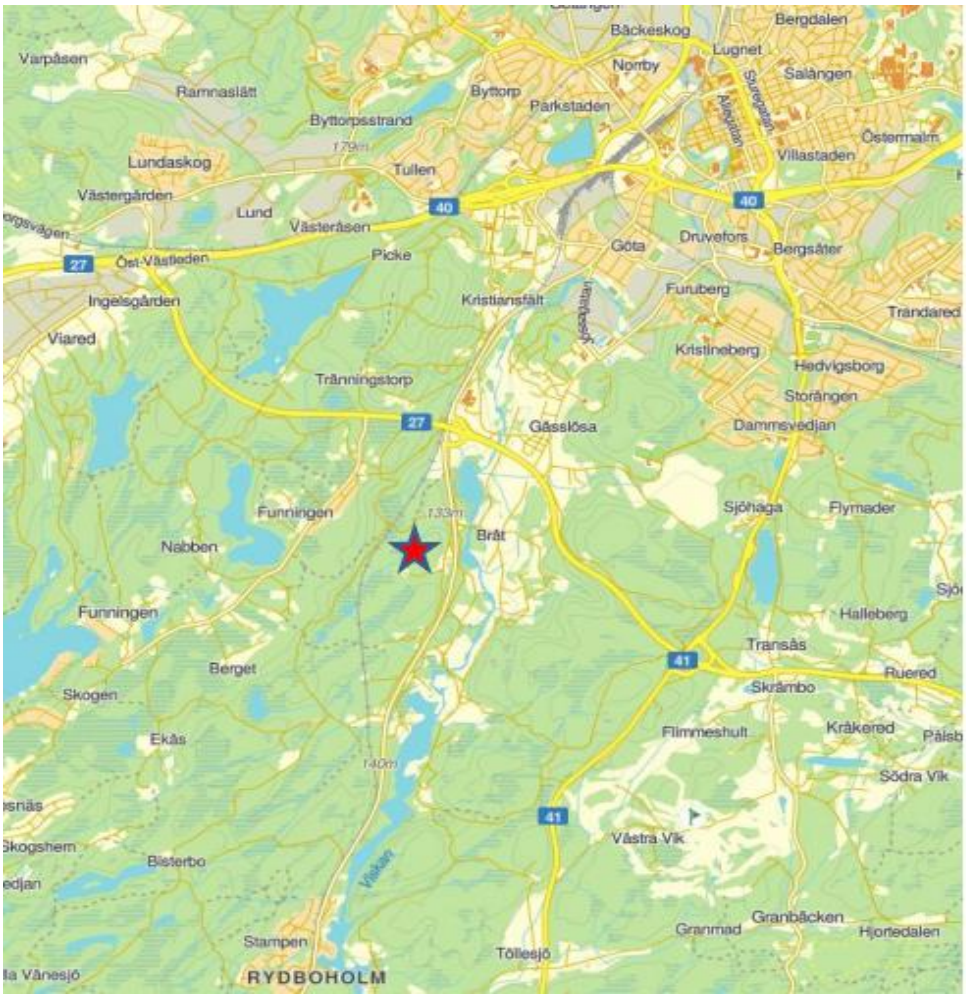
Ye, Y., Shen, J., Bergqvist, R. (2014). High Capacity Transport associated with Pre- and Post- Haulage in Intermodal Road-Rail Transport. *Journal of Transportation Technologies*, 4(3), ss. 289. DOI: 10.4236/jtts.2014.43026

Yin, Robert K. (2007). *Fallstudier: design och genomförande*. 1. uppl. Malmö: Liber

Åkerman, I. & Jonsson R. (2007). *European Modular System for road freight transport – experiences and possibilities (Rapport 2007:2). Stockholm: KTH och TFK.* Tillgänglig via: *http://www.modularsystem.eu/download/facts_and_figures/20080522att01.pdf* [2017-01-20]

Bilagor

Bilaga 1.



Koordinater
WGS84 DD (LAT, LONG)
57.69084, 12.90280

WGS84 DMS (LAT, LONG)
N 57° 41' 27.01", E 12° 54' 10.08"

WGS84 DDM (LAT, LONG)
N 57° 41.4501', E 12° 54.1680'

RT90
6399926.612, 1326926.455

SWEREF99 TM
6396224.859, 374981.53

Bilaga 1. Koordinaterna avseende terminalens placering i alternativ 3

Bilaga 2- Avseende NTM-analys

Referensfordon - Import										
Referensfordonets Koldioxidutsläpp	**Antal fraktade TEU**	**Vikt på gods (ton)**	**Fyllnadsgrad (%)**	**Bränsle-konsumtion (l/km)**	**CO_2 innehåll Diesel (g/l)**	**CO_2 bidrag (g/tonkm)**	**Transportsträcka (km)**	**Transportarbete (tonkm)**	**CO_2 bidrag (g/tonkm)**	**CO_2-Utsläpp /länk (kg)**
Göteborg - Viared	2	16	100	0,375	2 600	60,9	69	1 104,0	**60,9**	**67,3**
	3	26,7	100	0,375	2 600	36,5	69	1 842,3	**36,5**	**67,3**
Rundkörning på Viared	2	16	100	0,52	2 600	84,5	6	96,0	**84,5**	**8,1**
	3	26,7	100	0,52	2 600	50,6	6	160,2	**50,6**	**8,1**
Referensfordon -Export										
Viared - Göteborg	2	20	100	0,375	2 600	48,8	69	1 380,0	**48,8**	**67,3**

Bilaga 2.1. Beräkning avseende referensfordon.

Alternativ 1 - Import										
Alternativ 1 Koldioxidutsläpp	**Antal fraktade TEU**	**Vikt på gods (ton)**	**Fyllnadsgrad (%)**	**Bränsle-konsumtion (l/km)**	**CO_2 innehåll Diesel (g/l)**	**CO_2 bidrag (g/tonkm)**	**Transportsträcka (km)**	**Transportarbete (tonkm)**	**CO_2 bidrag (g/tonkm)**	**CO_2-Utsläpp /länk (kg)**
Göteborg - Viared	2 (referensfordon)	16	100	0,375	2 600	60,9	69	1 104,0	**60,9**	**67,3**
	3 (referensfordon)	26,7	100	0,375	2 600	36,5	69	1 842,3	**36,5**	**67,3**
	4 (HCT 40 fots container)	32	100	0,459	2 600	37,3	69	2 208,0	**37,3**	**82,3**
	4 (HCT 20 fots container)	42,8	100	0,459	2 600	27,9	69	2 953,2	**27,9**	**82,3**
Rundkörning på Viared	2 (referensfordon)	16	100	0,52	2 600	84,5	6	96,0	**84,5**	**8,1**
	3 (referensfordon)	26,7	100	0,52	2 600	50,6	6	160,2	**50,6**	**8,1**
	4 (HCT 40 fots container)	32	100	0,649	2 600	52,7	6	192,0	**52,7**	**10,1**
	4 (HCT 20 fots container)	42,8	100	0,649	2 600	39,4	6	256,8	**39,4**	**10,1**
Alternativ 1 - Export										
Alternativ 1 Koldioxidutsläpp	**Antal fraktade TEU**	**Vikt på gods (ton)**	**Fyllnadsgrad (%)**	**Bränsle-konsumtion (l/km)**	**CO_2 innehåll Diesel (g/l)**	**CO_2 bidrag (g/tonkm)**	**Transportsträcka (km)**	**Transportarbete (tonkm)**	**CO_2 bidrag (g/tonkm)**	**CO_2-Utsläpp /länk (kg)**
Viared - Göteborg	2 (referensfordon)	20	100	0,375	2 600	48,8	69	1 380,0	**48,8**	**67,3**
	4 (HCT)	40	100	0,459	2 600	29,8	69	2 760,0	**29,8**	**82,3**

Bilaga 2.2. Beräkning avseende alternativ 1.

Alternativ 2 - Import										
Alternativ 2 Koldioxidutsläpp	**Antal fraktade TEU**	**Vikt på gods (ton)**	**Fyllnadsgrad (%)**	**Bränsle-konsumtion (l/km)**	**CO_2 innehåll Diesel (g/l)**	**CO_2 bidrag (g/tonkm)**	**Transportsträcka (km)**	**Transportarbete (tonkm)**	**CO_2 bidrag (g/tonkm)**	**CO_2-Utsläpp /länk (kg)**
Göteborg - Viared	4 (HCT 40 fots container)	32	100	0,459	2 600	37,3	69	2 208,0	**37,3**	**82,3**
	4 (HCT 20 fots container)	42,8	100	0,459	2 600	27,9	69	2 953,2	**27,9**	**82,3**
Rundkörning på Viared	4 (HCT 40 fots container)	32	100	0,649	2 600	52,7	6	192,0	**52,7**	**10,1**
	4 (HCT 20 fots container)	42,8	100	0,649	2 600	39,4	6	256,8	**39,4**	**10,1**
Alternativ 2 - Export										
Alternativ 2 Koldioxidutsläpp	**Antal fraktade TEU**	**Vikt på gods (ton)**	**Fyllnadsgrad (%)**	**Bränsle-konsumtion (l/km)**	**CO_2 innehåll Diesel (g/l)**	**CO_2 bidrag (g/tonkm)**	**Transportsträcka (km)**	**Transportarbete (tonkm)**	**CO_2 bidrag (g/tonkm)**	**CO_2-Utsläpp /länk (kg)**
Viared - Göteborg	4 (HCT 40 fots container)	40	100	0,459	2 600	29,8	69	2 760,0	**29,8**	**82,3**

Bilaga 2.3. Beräkningar avseende alternativ 2.

Alternativ 3- Import (Referensfordon)										
Alternativ 3 Koldioxidutsläpp	**Antal fraktade TEU**	**Vikt på gods (ton)**	**Fyllnadsgrad (%)**	**Bränsle-konsumtion (l/km)**	**CO_2 innehåll Diesel (g/l)**	**CO_2 bidrag (g/tonkm)**	**Transportsträcka (km)**	**Transportarbete (tonkm)**	**CO_2 bidrag (g/tonkm)**	**CO_2-Utsläpp /länk (kg)**
Göteborg - Terminal	24 (Järnväg)	202,8	100	0,0116	2 600	0,1	86	17 440,8	**0,1**	**2,6**
Terminal - Viared	2 (referensfordon)	16	100	0,52	2 600	84,5	8	128,0	**84,5**	**10,8**
	3 (referensfordon)	26,7	100	0,52	2 600	50,6	8	213,6	**50,6**	**10,8**
Alternativ 3 - Export (Referensfordon)										
Alternativ 3 Koldioxidutsläpp	**Antal fraktade TEU**	**Vikt på gods (ton)**	**Fyllnadsgrad (%)**	**Bränsle-konsumtion (l/km)**	**CO_2 innehåll Diesel (g/l)**	**CO_2 bidrag (g/tonkm)**	**Transportsträcka (km)**	**Transportarbete (tonkm)**	**CO_2 bidrag (g/tonkm)**	**CO_2-Utsläpp /länk (kg)**
Viared - Terminal	2 (referensfordon)	20	100	0,52	2 600	67,6	8	160	**67,6**	**10,8**
Terminal - Göteborg	28 (Järnväg)	280	100	0,0116	2 600	0,1	86	17 440,8	**0,1**	**2,6**

Bilaga 2.4. Beräkning avseende alternativ 3 innehållande referensfordon.

Alternativ 3- Import (HCT)										
Alternativ 3 Koldioxidutsläpp	**Antal fraktade TEU**	**Vikt på gods (ton)**	**Fyllnadsgrad (%)**	**Bränsle-konsumtion (l/km)**	**CO_2 innehåll Diesel (g/l)**	**CO_2 bidrag (g/tonkm)**	**Transportsträcka (km)**	**Transportarbete (tonkm)**	**CO_2 bidrag (g/tonkm)**	**CO_2-Utsläpp /länk (kg)**
Göteborg - Terminal	24 (Järnväg)	202,8	100	0,0116	2 600	0,1	86	17 440,8	**0,1**	**2,6**
Terminal - Viared	4 (HCT 40 fots container)	32	100	0,649	2 600	52,7	8	256,0	**52,7**	**13,5**
	4 (HCT 20 fots container	42,8	100	0,649	2 600	39,4	8	342,4	**39,4**	**13,5**
Alternativ 3 - Export (HCT)										
Alternativ 3 Koldioxidutsläpp	**Antal fraktade TEU**	**Vikt på gods (ton)**	**Fyllnadsgrad (%)**	**Bränsle-konsumtion (l/km)**	**CO_2 innehåll Diesel (g/l)**	**CO_2 bidrag (g/tonkm)**	**Transportsträcka (km)**	**Transportarbete (tonkm)**	**CO_2 bidrag (g/tonkm)**	**CO_2-Utsläpp /länk (kg)**
Viared - Terminal	4 (HCT)	40	100	0,649	2600	42,2	8	320	**42,2**	**13,5**
Terminal - Göteborg	28 (Järnväg)	280	100	0,0116	2 600	0,1	86	17 440,8	**0,1**	**2,6**

Bilaga 2.5. Beräkning avseende alternativ 3 innehållande HCT-fordon.

CO_2-Utsläpp/vecka för respektive alternativ	Import							Minskning/ökning i CO_2 (kg)	Minskning/ ökning CO_2(%)
	Antal rundturer Import/vecka (st)			CO_2 utsläpp/ enkelväg (kg)			Totalt CO_2 -utsläpp/vecka (kg)		
Alternativ	Referensfordon	HCT	Järnväg	Referensfordon	HCT	Järnväg			
Referensfordon	50	-	-	75,4	-	-	**3 770,0**	0*	**0***
Alternativ 1	30	10	-	75,4	92,4	-	**3 186,0**	-584,0	**-15,5%**
Alternativ 2	-	30	-	-	92,4	-	**2 772,0**	-998,0	**-26,5%**
Alternativ 3 ** (imp+ exp)	100		10	10,8	-	2,6	**1 106,0**	-2 664,0	**-70,7%**

CO_2-Utsläpp/vecka för respektive alternativ	Export							Minskning/ökning i CO_2 (kg)	Minskning/ ökning CO_2 (%)
	Antal rundturer Export/vecka (st)			CO_2-utsläpp/ enkelväg (kg)			Totalt CO_2 -utsläpp/vecka (kg)		
Alternativ	Referensfordon	HCT	Järnväg	Referensfordon	HCT	Järnväg			
Referensfordon	28	-	-	67,3	-	-	**1 884,4**	0*	**0***
Alternativ 1	8	10	-	67,3	82,3	-	**1 361,4**	-523,0	**-27,8%**
Alternativ 2	-	14	-	-	82,3	-	**1 152,2**	-732,2	**-38,9%**
Alternativ 3 **	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Sammanställning (Import + Export)	Totalt CO_2-utsläpp för vardera alternativ (kg/vecka)	Minskning/ökning CO_2 (kg)	Minskning/ ökning CO_2 (%)
Referensfordon	**5 654,4**	0*	**0***
Alternativ 1	**4 547,4**	-1 107,0	**-19,6%**
Alternativ 2	**3 924,2**	-1 730,2	**-30,6%**
Alternativ 3 **	**1 106,0**	-4 548,4	**-80,4%**

* Referensfordonet avser utgångspunkt för de olika alternativen vid jämförelser av koldioxidutsläppen
**Alternativ 3 inkluderar import samt export under rubriken import (för specifikationer se avsnitt 5.4.2.)

Sammanställning från NTM-analys

Bilaga 3. Jämförelseanalys gällande koldioxidutsläpp för respektive alternativ.

HÖGSKOLAN
I BORÅS

Besöksadress: Allégatan 1 · Postadress: 501 90 Borås · Tfn: 033-435 40 00 · E-post: registrator@hb.se · Webb: www.hb.se