

2015•2016
FACULTEIT BEDRIJFSECONOMISCHE WETENSCHAPPEN
*master in de toegepaste economische wetenschappen:
handelsingenieur*

Masterproef
Kostenallocatie in intermodaal transport

Promotor :
Prof. dr. Katrien RAMAEKERS

Copromotor :
Mevrouw Lotte VERDONCK

Rick Goffard
*Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de toegepaste economische
wetenschappen: handelsingenieur*

2015•2016

FACULTEIT BEDRIJFSECONOMISCHE
WETENSCHAPPEN

*master in de toegepaste economische wetenschappen:
handelsingenieur*

Masterproef

Kostenallocatie in intermodaal transport

Promotor :
Prof. dr. Katrien RAMAEKERS

Copromotor :
Mevrouw Lotte VERDONCK

Rick Goffard

*Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de toegepaste economische
wetenschappen: handelsingenieur*

Woord vooraf

Deze masterproef vormt het sluitstuk van mijn opleiding Toegepaste Economische Wetenschappen: Handelsingenieur met afstudeerrichting Accountancy en Financiering aan de Universiteit Hasselt. De keuze voor dit onderwerp werd bepaald door mijn interesse in (de analyse van) kosten enerzijds en het logistieke aspect anderzijds. Ondanks de tijd en energie die door mijzelf in deze masterproef werden gestoken, was deze masterproef nooit tot stand gekomen zonder de medewerking en inzet van andere personen. Ik zou dan ook van de gelegenheid gebruik willen maken om mijn oprechte dank te betuigen aan al diegenen die een bijdrage hebben geleverd aan deze masterproef.

Uiteraard wordt eerst gedacht aan mijn promotor prof. dr. Katrien Ramaekers. Niet alleen leverde zij de gegevens aan die noodzakelijk waren voor het uitvoeren van deze masterproef, ook stond zij anderhalf jaar lang klaar met heldere en accurate raadgevingen om mij te begeleiden bij zowel inhoudelijke als vormelijke aspecten van deze masterproef. Daarnaast gaat ook dank uit naar mijn co-promotor mevr. Lotte Verdonck waarbij ik steeds terecht kon.

Tenslotte wil ik mij richten naar de mensen die het mogelijk hebben gemaakt dat ik deze masterproef, en mijn studie in het bijzonder, tot een goed einde heb kunnen brengen. Graag wil ik mijn ouders bedanken voor de morele en financiële steun tijdens mijn opleiding aan de Universiteit Hasselt. Zonder hen was dit allemaal niet mogelijk geweest.

Rick Goffard
Voeren, mei 2016

Samenvatting

Transport in het algemeen heeft de afgelopen jaren een enorme stijging gekend, met bijhorende gevolgen voor het milieu. Door de toenemende aandacht voor het milieu stijgt de vraag naar milieuvriendelijkere transportmodi. Een van de mogelijkheden hiervoor is intermodaal transport. Hierbij wordt het hoofdgedeelte van het wegtransport vervangen door alternatieve vervoersmodi zoals binnenvaart, zeevaart of spoor, maar gebeurt het voor- en/of natransport nog steeds via de weg. Niet alleen het effect op het milieu, ook de kosten spelen een belangrijke rol in de toenemende vraag naar intermodaal transport. De transportmodi die gebruikt worden voor het hoofdtransport (bijv. spoor en binnenvaart) hebben immers lagere variabele kosten per kilometer dan het wegtransport. Echter is bij intermodaal transport overslag nodig tussen de gebruikte modi en dit brengt vaste kosten met zich mee. Doordat het voor- en natransport bij intermodaal transport dezelfde is als bij unimodaal wegtransport, zal de lagere variabele kost van het hoofdtransport voldoende benut moeten worden om de vaste overslagkosten te overbruggen. Met andere woorden: er moet voldoende afstand afgelegd worden gedurende het hoofdtransport zodat het kostenvoordeel van de lagere variabele kost groter is dan de vaste overslagkosten. De afstand die nodig is vooraleer intermodaal transport een kostenvoordeel oplevert wordt de kritische drempelafstand genoemd. Het kostenvoordeel van intermodaal transport kan bovendien versterkt worden door horizontale samenwerking binnen intermodaal transport. Hiervoor kunnen verschillende vervoerders hun ladingen consolideren om zo een hogere bezettingsgraad te krijgen en tot lagere kosten te komen. Horizontale samenwerking heeft echter niet alleen voordelen, een van de mogelijke hindernissen bij horizontale samenwerking is de verdeling van de kostenbesparingen. Om deze hindernis weg te proberen nemen is een goede kostenallocatiemethode nodig. De kostenallocatiemethode moet zorgen voor een verdeling van de kostenvoordelen onder de verschillende partners. Dit vormt dan ook de centrale onderzoeksvraag binnen dit onderzoek: **“Hoe moeten de kosten gealloceerd worden bij horizontale samenwerking in intermodaal transport”**.

Binnen het kader van de case, toont de vergelijking tussen intermodaal transport en unimodaal transport aan dat intermodaal transport, ongeacht consolidatie plaatsvindt of niet, een hogere TLC heeft dan unimodaal wegtransport. De reden is tweevoudig: enerzijds is de afstand afgelegd door de binnenvaart lager dan de kritische drempelafstand gevonden in eerder onderzoek en anderzijds zorgt de lage bezettingsgraad van het binnenvaartschip dat het voordeel van consolidatie beperkt wordt. Een hogere gemiddelde verzendingsgrootte leidt tot een hogere bezettingsgraad van het binnenvaartschip waardoor het verschil tussen de TLC van unimodaal wegtransport en intermodaal transport bij consolidatie verkleint.

Uit de sensitiviteitsanalyse naar de gemiddelde verzendingsgrootte bleek dat het verhogen van de gemiddelde verzendingsgrootte zorgt voor een stijging in de TLC van intermodaal transport. Dit is het gevolg van een stijging van de cyclusvoorraadkost en de kapitaalkost van voorraad die zwaarder doorweegt dan de daling in de bestel- en transportkost. Indien het effect geanalyseerd wordt wanneer door een verhoging van de gemiddelde verzendingsgrootte de coalitie opteert voor een tweede type binnenvaartschip met hogere capaciteit en kost, heeft dit tot gevolg dat de transportkost stijgt in plaats van daalt. Het voordeel van de lagere bestelkost wordt dus verder beperkt.

De sensitiviteitsanalyse naar het aantal partners toont aan dat het effect van het toevoegen van extra partners aan de coalitie afhankelijk is van het aantal partners dat reeds in de coalitie zit en de gemiddelde verzendingsgrootte. Indien door het toevoegen van een extra partner de coalitie niet opteert voor het gebruik van een tweede type binnenvaartschip met hogere capaciteit en kost, zal het toevoegen van een extra partner aan de coalitie leiden tot een hogere bezettingsgraad van het binnenvaartschip, waardoor de kosten dalen als gevolg van consolidatie. Echter, als door het toevoegen van een extra partner, de coalitie voor een groter type binnenvaartschip kiest, zal een extra partner leiden tot extra kosten, door de lagere bezettingsgraad en de hogere kost bij het grotere binnenvaartschip.

Uit de analyses van de kostenallocatiemethodes kunnen een aantal conclusies getrokken worden. Indien het hoofdtransport gelijk is, zullen bij een gelijk aantal leveringen de gebruikte methodes (de proportionele methode en de Shapley value) tot dezelfde resultaten leiden en is het gebruik van moeilijkere methodes onnodig. Indien het aantal leveringen echter niet gelijk is, zal de Shapley value in het voordeel zijn van de partners met kleinere aantal ladingen, terwijl de grootste speler baat heeft bij de proportionele methode. Wanneer gekeken wordt naar de situatie waarbij het traject van het hoofdtransport verschillend is, maar het aantal ladingen gelijk is, leiden de decompositie methode en de Shapley value tot dezelfde resultaten. Ten opzichte van de proportionele methode zijn deze methoden in het voordeel van partners die in meer gebundelde deeltrajecten goederen vervoeren. Indien het aantal ladingen dat elke partner vervoert niet gelijk is, is de Shapley value vergeleken met de decompositie methode in het voordeel van de partners die kleinere hoeveelheden vervoeren. Gesofisticeerdere methodes kunnen dus voordelig zijn voor bepaalde partners in de situaties waarin het traject van de binnenvaart gelijk is en het aantal ladingen ongelijk is en indien enkel de eindterminal gelijk is (ongeacht of het aantal ladingen gelijk of ongelijk is). Enkel in de situatie waarin het hoofdtransport en het aantal ladingen gelijk is, zullen alle kostenallocatiemethoden tot dezelfde resultaten leiden en zijn ingewikkeldere methodes dus overbodig.

Een belangrijk kenmerk van intermodaal transport is dat de coalitie op basis van het aantal spelers en de gemiddelde verzendingsgrootte een type binnenvaartschip wordt gekozen met een bepaalde capaciteit en bijhorende kost. Indien de coalitie opteert voor een tweede type binnenvaartschip, zal de partner die de grootste afstand aflegt in de binnenvaart op het eerste deeltraject, waar geen consolidatie plaatsvindt, hogere (in plaats van lagere of gelijke) kosten oplopen, omwille van het feit dat het schip met een hogere capaciteit een hogere kost heeft. Als gevolg zal de decompositie methode niet meer tot dezelfde resultaten leiden als de Shapley value in de situatie waarin de eindterminal gelijk en het aantal ladingen gelijk zijn. De Shapley value zal in het voordeel zijn van de partners die consolideren over een langere afstand. Voor de situatie waarin de eindterminal gelijk is en het aantal ladingen ongelijk is, zal de keuze voor het type binnenvaartschip met een capaciteit van 2000 ton echter geen invloed hebben op de verhouding tussen de verschillende kostenallocatiemethodes: de decompositie methode is in vergelijking met de proportionele methode in het voordeel van de partners die goederen vervoeren over de meer gebundelde delen van het binnenvaarttraject en de Shapley value is in vergelijking met de decompositie methode in het voordeel van de kleinere partners.

Inhoudsopgave

Woord vooraf.....	I
Samenvatting	III
Inhoudsopgave	V
Overzicht tabellen en figuren	VII
Tabellen	VII
Figuren	VII
1 Inleiding	1
1.1 Probleemstelling	1
1.2 Onderzoeksvragen	4
1.3 Onderzoeksaanpak	6
2 Literatuurstudie	9
2.1 Intermodaal Transport.....	9
2.1.1 Introductie	9
2.1.2 Voor- en nadelen van intermodaal transport	12
2.1.3 Horizontale samenwerking.....	14
2.2 Kostenallocatiemethodes	17
2.2.1 Criteria	18
2.2.2 Overzicht kostenallocatiemethodes	18
2.3 ADA-model	22
2.3.1 Inleiding.....	22
2.3.2 Het ADA-model	22
2.4 Totale logistieke kost	24
2.4.1 Inleiding.....	24
2.4.2 Het model	24
3 Praktijkgedeelte: inleiding.....	29
3.1 Doel	29
3.2 Opzet	29
3.3 Case study.....	30
3.3.1 Data	30
3.3.2 Scenario's	31
4 Praktijkgedeelte: analyses	35

4.1	Vergelijking wegtransport en intermodaal transport	35
4.2	Effect gemiddelde verzendingsgrootte	36
4.2.1	Inleiding.....	36
4.2.2	Resultaten.....	37
4.3	Effect aantal partners.....	38
4.3.1	Inleiding.....	38
4.3.2	Resultaten.....	39
4.4	Kostenallocatiemethodes	40
4.4.1	Hoofdtransport gelijk, aantal ladingen gelijk	40
4.4.2	Hoofdtransport gelijk, aantal ladingen ongelijk.....	41
4.4.3	Eindterminal gelijk, aantal ladingen gelijk.....	41
4.4.4	Eindterminal gelijk, aantal ladingen ongelijk	42
4.4.5	Effect tweede type binnenvaartschip.....	43
5	Praktijkgedeelte: conclusies	47
6	Kritische reflectie.....	49
6.1	Tekortkomingen van het gevoerde onderzoek	49
6.2	Aanbevelingen voor verder onderzoek.....	49
7	Lijst van geraadpleegde werken.....	50

Overzicht tabellen en figuren

Tabellen

Tabel 1: Transportkosten coalities	20
Tabel 2: Shapley value.....	20
Tabel 3: Data case study.....	30
Tabel 4: Hoofdtransport gelijk, aantal ladingen ongelijk: ladingen (68,4 ton)	32
Tabel 5: Eindterminal ongelijk, aantal ladingen gelijk, afstand binnenvaart.....	32
Tabel 6: Eindterminal en aantal ladingen ongelijk: afstand binnenvaart, aantal ladingen	33
Tabel 7: Wegtransport versus intermodaal transport (68,4 ton)	35
Tabel 8: Wegtransport versus intermodaal transport (136,8 ton)	36
Tabel 9: Hoofdtransport gelijk, ladingen ongelijk, drie partners: effect verzendingsgrootte	37
Tabel 10: Hoofdtransport gelijk, ladingen ongelijk, vijf partners: effect verzendingsgrootte	38
Tabel 11: Gemiddelde bezettingsgraad binnenvaartschip.....	39
Tabel 12: Hoofdtransport gelijk, ladingen gelijk (68,4 ton): effect aantal partners.....	39
Tabel 13: Hoofdtransport gelijk, ladingen gelijk (273,6 ton): effect aantal partners	39
Tabel 14: Kostenallocatiemethodes, hoofdtransport gelijk, ladingen gelijk (68,4 ton).....	41
Tabel 15: Kostenallocatiemethodes, hoofdtransport gelijk, ladingen ongelijk (68,4 ton)	41
Tabel 16: Kostenallocatiemethodes, eindterminal gelijk, ladingen gelijk (136,8 ton)	42
Tabel 17: Eindterminal gelijk, ladingen gelijk: afstand binnenvaart en aantal ladingen	42
Tabel 18: Kostenallocatiemethodes eindterminal gelijk, ladingen ongelijk (68,4 ton).....	43
Tabel 19: Eindterminal gelijk, aantal ladingen ongelijk: afstand en aantal ladingen (273,6 ton) ...	44
Tabel 20: Kostenallocatiemethodes eindterminal gelijk, ladingen ongelijk (273,6 ton).....	44
Tabel 21: Kostenallocatiemethodes eindterminal gelijk, ladingen ongelijk (273,6 ton).....	44
Tabel 22: Eindterminal gelijk, aantal ladingen ongelijk: decompositie methode	45
Tabel 23: Kostenallocatiemethodes: Eindterminal gelijk, ladingen gelijk (273,6 ton).....	45
Tabel 24: Kostenallocatiemethodes eindterminal gelijk, ladingen ongelijk (273,6 ton).....	46
Tabel 25: Kostenallocatiemethodes: eindterminal gelijk, ladingen gelijk (273,6 ton).....	46

Figuren

Figuur 1: Kostenstructuur intermodaal transport, wegtransport (Macharis & Verbeke, 2001)	12
Figuur 2: Het ADA-model (Ben-Akiva & de Jong, 2008).....	23
Figuur 3: Traject binnenvaart: hoofdtransport ongelijk.....	32

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

Transport kan op verschillende manieren gebeuren: via de weg, het spoor, de binnenvaart, de lucht,... Uit de cijfers van de Europese Commissie blijkt dat de afgelopen jaren een toename van transport heeft plaatsgevonden. Het transport kende tussen 1995 en 2012 een jaarlijkse stijging van 1,2%. Voor de verschillende transportmodi zijn de volgende evoluties waargenomen: het wegtransport steeg tussen 1995 en 2012 met jaarlijks 1,6%, het spoortransport met 0,3%, het binnenvaarttransport met 1,2% en het zeetransport tot slot met 1,1% (Europese Commissie, 2014). De toename in het transport heeft gevolgen voor het milieu, zo was in 2012 het aandeel van transport in het totale energieverbruik binnen de EU gelijk aan 31,8%. Bovendien was de sector goed voor 23,7% van de totale uitstoot van CO₂.

De verschillende transportmodi kunnen apart of gecombineerd gebruikt worden. Indien ze apart gebruikt worden, wordt dit unimodaal transport genoemd. Bij combinaties zijn verschillende mogelijkheden en een hiervan is intermodaal transport. Macharis en Verbeke (1999) nemen een aantal definities op in hun paper. De definitie van de CEMT (Conferentie van Europese Ministers van Transport) is: "het vervoer van ge-unitiseerde vracht via meer dan één vervoersmodaliteit, waarbij de goederen zelf tijdens de overslag niet worden behandeld". De definitie uit de Europese Richtlijn 92/106 is: "Intermodaal vervoer is het goederenvervoer tussen lidstaten waarbij de vrachtwagen, aanhangwagen, de oplegger met of zonder trekker, de wisselbak of de container van 20 voet en meer gebruik maken van de weg voor het eerste en het laatste gedeelte in het traject, en voor het andere gedeelte van spoor of de binnenwateren, of van een zeetraject wanneer dat traject meer bedraagt dan 100 km hemelsbreed gemeten." Volgens Caris, Limbourg, Macharis, van Lier en Cools (2014) kan intermodaal transport beschouwd worden als een keten van actoren die een transportservice aanbieden. De actoren kunnen onder andere verladers, wegvervoerder, terminals en binnenvaartschippers zijn. Uit deze verschillende definities kunnen een aantal kernelementen van intermodaal transport worden gehaald: het gebruik van verschillende transportmodi, waarbij het voor- en/of natransport via de weg gebeurt en waarbij de goederen tijdens de overslag niet behandeld (ge-unitiseerde vracht) worden. Verder is een goede samenwerking tussen verschillende partijen in de supply chain van belang.

De interesse voor intermodaal transport stijgt de laatste jaren. Hier zijn verschillende redenen voor, maar over het algemeen zijn deze te groeperen in twee categorieën: milieu en kosten (Macharis & Verbeke, 1999). Europese beleidsmakers proberen om het binnenvaarttransport als onderdeel van intermodaal transport te stimuleren. Dit zou immers zorgen voor een verschuiving van wegtransport naar binnenvaarttransport en dit is beter voor het milieu, omdat de binnenvaart grotere hoeveelheden per keer vervoert en bovendien ook energiezuiniger is (Caris et al., 2014). Elke transportmodus heeft zijn eigen kostenstructuur, waarbij een onderscheid wordt gemaakt tussen de variabele kosten per kilometer en de vaste kosten. In het algemeen zullen de vaste kosten het hoogst zijn voor spoor en binnenvaart en het laagst voor het wegtransport. Dit komt doordat de kosten voor de infrastructuur bij spoor- en binnenvaarttransport groter zijn. Hierbij wordt bijvoorbeeld gedacht

aan de terminals, waarbij bij binnenvaart een kraan nodig is om de verticale overslag mogelijk te maken. De variabele kosten zijn echter het laagst voor spoor en binnenvaart en het hoogst voor wegtransport. Dit is omdat wegtransport veel meer menselijke arbeid vereist: de lading die met één binnenvaartschip kan vervoerd worden, vereist meerdere vrachtwagens en dus ook meer chauffeurs. Een nadeel van binnenvaarttransport is echter dat het trager verloopt dan het wegtransport. Doordat bij intermodaal transport het voor- en/of natransport via de weg gebeurt en voor het hoofdtransport een andere vervoersmodi gekozen wordt, zal de kostenstructuur van intermodaal transport een combinatie van de kostenstructuren van de gebruikte modi zijn. Daarenboven moet rekening gehouden worden met overslagkosten: dit zijn kosten die gemaakt worden wanneer een verandering van transportmodus plaatsvindt. Dit zijn vaste kosten, omdat ze niet variëren met het aantal kilometers dat afgelegd wordt. Een voorbeeld van de overslagkosten zijn de kosten die betaald moeten worden aan de terminal. Door de wissel van transportmodus zal de efficiëntie van intermodaal transport voor een groot deel afhangen van de afstemming van de gebruikte modi. Als de afstemming niet goed is, zullen wachttijden ontstaan die dan weer voor vertragingen zorgen. Dit kan leiden tot een stijging van de kosten, waardoor het voordeel van intermodaal transport verlaagd wordt. Intermodaal transport heeft dus voor het voor- en natransport identieke kosten als het wegtransport, maar heeft een lagere variabele kost door het gebruik van de binnenvaart of spoor voor het hoofdtransport. Het voordeel van de lagere variabele kost bij het hoofdtransport wordt verlaagd door de overslagkosten waarvan geen sprake is bij unimodaal wegtransport. Het voordeel van het hoofdtransport moet dus voldoende groot zijn om de overslagkosten te overbruggen. De afstand die nodig is om een kostenvoordeel op te leveren voor intermodaal transport wordt de drempelafstand genoemd. Als deze afstand niet bereikt wordt, zal unimodaal transport tot lagere totale kosten leiden dan intermodaal transport (Macharis & Verbeke, 1999). Konings, Bontekoning en Maat (2006) onderzoeken in hun studie de concurrentiekracht van intermodaal transport. De auteurs argumenteren dat twee redenen aan de basis liggen voor de stijgende vraag naar intermodaal transport: het milieu (zoals geargumenteed door Macharis & Verbeke, 1999; en Caris et al., 2014) en de toenemende congestie. De auteurs stellen dat de toename in mobiliteit vooral opgevangen is door wegtransport, waardoor de congestie op de weg toeneemt. Dit heeft tot gevolg dat de betrouwbaarheid en productiviteit van transportbedrijven dalen. Voor dit probleem stellen de auteurs twee oplossingen voor: een optimale benutting van het wegtransport en een modale shift. Bij deze modale shift wordt onder andere gedacht aan intermodaal transport. Om intermodaal transport attractiever te maken, stellen de auteurs dat bundeling van ladingen tot schaalvoordelen kan leiden, waardoor kostenbesparingen bereikt worden. Deze bundeling van ladingen is een vorm van horizontale samenwerking. Cruijssen, Dullaert en Fleuren (2007c) definiëren horizontale samenwerking als: "de samenwerking tussen twee of meer bedrijven die actief zijn op hetzelfde niveau van de supply chain en die een vergelijkbare logistieke functie uitvoeren". Deze samenwerking kan zowel plaatsvinden tussen concurrenten als niet-concurrenten. Özener (2008) stelt dat er verschillende redenen zijn voor de stijgende vraag naar horizontale samenwerking: een hogere druk om efficiënter te werken, de niet-opgenomen externaliteiten in de transportprijs en de nood om te voldoen aan de stijgende vraag naar service van de klant. Externaliteiten zijn veranderingen in welvaart door economische activiteiten, zonder dat deze terug te vinden zijn in de prijs. Omdat bij transport vooral aan negatieve externaliteiten gedacht wordt (emissie, geluid,...), is de transportprijs te laag om aan al deze nevenwerkingen tegemoet te komen. Dit heeft tot overconsumptie en

onverantwoordelijk gebruik van transport geleid. Om deze overconsumptie te verminderen of zelfs te elimineren, heeft de Europese Commissie een voorstel gedaan om deze externaliteiten toch in de prijs op te nemen. Dit zou leiden tot een stijging van de transportprijs, waardoor bedrijven hun winstmarge zien slinken. Een van de manieren waarmee bedrijven voor het behoud van de winstmarges willen zorgen is een samenwerking met verschillende partners in een zogenoemde "supply chain collaboration". Hierin bestaan twee dimensies: verticale en horizontale samenwerking. Bij een verticale samenwerking coöperiert het bedrijf met zowel klanten als leveranciers. Bij een horizontale samenwerking wordt samengewerkt met concurrenten en niet-concurrenten (Van Lier, Caris & Macharis, 2013).

Cruijssen, Cools en Dullaert (2007b) gaan in op de voordelen en mogelijke hindernissen die ontstaan bij een samenwerking op het horizontale niveau. Voor de voordelen maken de auteurs een onderscheid tussen verschillende categorieën: (1) kosten en productiviteit, (2) service en (3) marktpositie. Samenwerking kan zorgen voor een daling in de **kosten**. Het zorgt voor het ontstaan van een platform voor organisationeel leren. Hierdoor zijn bedrijven in staat de vaardigheden en mogelijkheden van hun partners in te zien, zodat ze deze in kunnen zetten om hun eigen operationele processen te verbeteren. Dit kan dan leiden tot een stijging van de productiviteit en een daling van de kosten. Toch is niet enkel leren een voordeel voor de bedrijven: aankopen in groep zijn altijd voordeliger en verlagen als dusdanig de kosten. Deze kostendalingen worden door samenwerking tussen partners mogelijk. Organisationeel leren zorgt niet enkel voor een daling in de kosten, maar kan ook een positief effect hebben op de geleverde **service**. Verder kan een samenwerking ervoor zorgen dat alle deelnemende bedrijven zich op hun specialiteit kunnen richten, waardoor het voordeel zich niet beperkt tot opbrengsten en synergie, maar ook een stijging in de gepercipieerde waarde van de klant is. Deze kan bereikt worden tegen een lage prijs. Een derde voordeel van een samenwerking is dat een verstevigde **marktpositie** bereikt kan worden. Individueel is het soms niet haalbaar om grote volumes te overbruggen, iets dat bij een samenwerking vaak wel mogelijk wordt. Een mogelijke oplossing is het uitbouwen van de beschikbare vloot waardoor geografisch gezien een groter gebied bediend kan worden. Cruijssen et al. (2007c) maakten voor de mogelijke hindernissen bij de totstandkoming van horizontale samenwerking een onderscheid tussen vier gebieden: (1) het selecteren van een partner, (2) ongelijke onderhandelingsposities van de partners, (3) de Informatie- en Communicatietechnologie (ICT) en (4) het bepalen en verdelen van de winsten. De **keuze van de partner** is natuurlijk van groot belang voor de onderneming die haar goederenstromen wil gaan consolideren in samenwerking met andere bedrijven. De keuze is gebaseerd op de strategische en organisationele sterkte van de mogelijke partner. De kosten die hiervoor gemaakt moeten worden zijn aanzienlijk en kunnen een barrière vormen voor kleine en middelgrote logistieke dienstverleners. De **onderhandelingspositie** wordt verklaard aan de hand van de volgende drie factoren: de sterktes en zwaktes voor aanvang van de samenwerking, de verandering hiervan doorheen de tijd en tot slot nog het potentieel voor een competitief conflict. Kleinere bedrijven in een samenwerking vrezen soms dat ze gedomineerd gaan worden door de grotere bedrijven gedurende een samenwerking. De **ICT** is een derde mogelijke hindernis: mogelijk is bij een samenwerking een hoge nood om data uit te wisselen tussen de partners, maar sommige logistieke ondernemingen hinken achterop met de implementatie van ICT waardoor deze uitwisseling bemoeilijkt wordt. Dit kan dan een samenwerking in de weg staan. Bovendien is een goede **verdeling van de kosten** belangrijk.

Horizontale samenwerking zorgt voor schaalvoordelen die resulteren in kostenvoordelen. Deze kostenvoordelen moeten vervolgens gealloceerd worden onder de partners van de coalitie om een evenwichtige samenwerking te bekomen. Ook uit het onderzoek van Özener (2008) blijkt dat het belangrijk is dat de voordelen effectief gealloceerd moeten worden aan de verschillende partners. Hierdoor zou geen enkele partner baat hebben bij het verlaten van de coalitie. Hiervoor is het soms nodig dat een deel van de winsten van de ene partner naar de andere partner getransfereerd worden. Gebeurt dit niet, dan is het mogelijk dat de samenwerking niet tot stand komt. Als, ondanks de uitdagingen, toch een samenwerking ontstaat, moet ervoor worden gezorgd dat deze in stand blijft. Een mogelijke bedreiging vormt zich wanneer zich een nieuwe partner aanbiedt die deel wil uitmaken van de samenwerking. Verwacht wordt dat de samenwerking in zijn geheel beter wordt, maar dit geldt zeker niet altijd voor de leden apart. Het is zelfs mogelijk dat partners hun voordeel zien dalen en dus protesteren tegen de komst van een nieuw lid in de samenwerking. Om het nieuwe lid toch toe te laten treden, zal een nieuwe allocatie nodig zijn, om op die manier te zorgen voor op zijn minst een status quo voor de bestaande leden. Ramaekers, Caris en Maes (2014) argumenteren dat consolidatie van goederen schaalvoordelen opleveren, maar dat de voordelen voor de deelnemers apart niet altijd even duidelijk zijn. Daarom is een goede allocatie van kosten nodig om tot duurzame horizontale samenwerking te komen.

Horizontale samenwerking binnen intermodaal transport kan dus voordelen opleveren op het vlak van kosten, maar een goede kostenallocatiemethode is onontbeerlijk om alle partijen tevreden te houden. De kostenallocatie moet voor een stabiele oplossing zorgen, waarbij geen enkele speler baat heeft bij het verlaten van de samenwerking. Daarnaast moet de kostenallocatiemethode zorgen dat de samenwerking aantrekkelijk is voor spelers buiten de coalitie: extra spelers zouden voordelig moeten zijn voor zowel bestaande als nieuwe leden. Wat betreft kostenallocatie zijn verschillende mogelijkheden gekend binnen de literatuur. Echter worden deze in de literatuur, voor zover bekend, niet toegepast binnen intermodaal transport. Daarom worden, gezien het belang van de kostenallocatiemethode bij horizontale samenwerking, in deze studie een aantal methodes toegepast en met elkaar vergeleken in intermodaal transport.

1.2 Onderzoeksvragen

Intermodaal transport biedt vele voordelen die verder versterkt kunnen worden door horizontale samenwerking. De voordelen beperken zich niet tot de partners apart, of samenwerking in zijn geheel, maar ook het milieu heeft baat bij (samenwerking binnen) intermodaal transport. Echter kan de verdeling van de kostenbesparingen een belangrijke hindernis vormen bij horizontale samenwerking: zonder een geschikte verdeling van de kostenvoordelen zal de samenwerking niet tot stand komen.

In eerder onderzoek lag de focus vooral op kostenallocatie bij unimodale horizontale samenwerking. Voorbeelden hiervan zijn onder andere de onderzoeken van Audy, D'Amours en Rousseau (2011), Cruijssen, Bräysy, Dullaert, Fleuren en Salomon (2007a), Frisk, Göthe-Lundgren, Jörnsten en Rönqvist (2010), Liu, Wu en Xu (2010), Özener (2008) en Wang en Kopfer (2011). In deze studie wordt echter getracht op zoek te gaan naar een goede kostenallocatiemethode in intermodaal

transport door verschillende kostenallocatiemethodes met elkaar te vergelijken binnen het kader van de case. De **centrale onderzoeksvraag** is dan ook: **'Hoe moeten de kosten gealloceerd worden bij horizontale samenwerking in intermodaal transport'**. Ter ondersteuning van deze centrale onderzoeksvraag worden nog enkele deelvragen opgesteld.

Macharis en Verbeke (1999) en Caris et al. (2014) argumenteren dat intermodaal transport ten opzichte van unimodaal wegtransport voordelen biedt op het vlak van kosten. Een mogelijke manier om de kosten te bepalen bij transport is het gebruik van het concept van Totale Logistieke Kost (TLC). Dit concept houdt naast de transportkosten ook rekening met de voorraadkosten. Op basis van dit concept kan voor de gegevens die gebruikt worden in de case gekeken worden wat de TLC van intermodaal transport is in vergelijking met unimodaal wegtransport. De eerste deelvraag luidt: **'Hoe verschilt de TLC van unimodaal wegtransport ten opzichte van de TLC van intermodaal transport?'**.

Een van de manieren waarop intermodaal transport op het gebied van kosten aan concurrentiekracht kan winnen is via horizontale samenwerking waarbij de verschillende partners van de coalitie hun ladingen bundelen tijdens het hoofdtransport (Konings et al., 2006). De kostenvoordelen moeten vervolgens op een manier verdeeld worden waardoor de samenwerking in stand blijft. Bij unimodaal transport is zoals reeds besproken al veel onderzoek gebeurd naar kostenallocatiemethodes. Echter is het onderzoek dat plaatsgevonden heeft naar kostenallocatie in intermodaal transport beperkt. Dit leidt tot de tweede deelvraag: **'Wat zijn de meest relevante vaststellingen in de literatuur inzake kostenallocatiemethodes binnen intermodaal transport?'**.

Door de jaren heen zijn verschillende kostenallocatiemethoden onderzocht. Sommige methodes zijn eerder eenvoudig zowel qua formulering als gebruik, terwijl andere methodes eerder ingewikkeld zijn. Een van de eenvoudige methodes die gebruikt wordt is de proportionele allocatie, waarbij de gedeelde winst verdeeld wordt op basis van het volume of de individueel gemaakte kosten. Deze wordt bijvoorbeeld onderzocht door Liu et al. (2010) bij horizontale samenwerking, terwijl Ramaekers et al. (2014) deze methode onderzochten bij intermodaal transport op basis van het volume. In beide onderzoeken wordt aangehaald dat deze relatief eenvoudige methode niet altijd tot een stabiele oplossing leidt. Een stabiele oplossing is een oplossing waarin geen enkele partner zichzelf kan verbeteren door uit de samenwerking te stappen. De decompositie methode en de Shapley value behoren tot de iets ingewikkeldere kostenallocatiemethodes. Deze methode splitst het totale traject op in deeltrajecten die wel of niet gedeeld worden door de verschillende partners in de samenwerking. Op basis van de partners die deelnemen in het traject, worden de kosten proportioneel verdeeld op basis van het volume. De Shapley value wordt onder andere teruggevonden in de onderzoeken van Özener (2008) en Liu et al. (2010). Deze methode zorgt voor een unieke oplossing. Een aantal kostenallocatiemethodes zijn nu (beperkt) besproken en zoals gezegd kan een onderscheid gemaakt worden tussen de eenvoudigere en de ingewikkeldere methodes. In dit onderzoek wordt gekeken of ingewikkeldere kostenallocatiemethodes leiden tot andere resultaten. De **derde deelvraag** wordt als volgt geformuleerd: **'Resulteert een ingewikkeldere kostenallocatiemethode in vergelijking met eenvoudigere kostenallocatiemethodes tot verschillende kostenverdelingen?'**.

Zoals aangehaald heeft de literatuur zich grotendeels beperkt tot de kostenallocatie bij (horizontale) samenwerking bij het wegtransport. In de literatuur wordt enkel het verschil in de kostenstructuur tussen beide vervoersopties uitgelegd. Macharis en Verbeke (1999) haalden aan dat bij intermodaal transport rekening gehouden moet worden met overslagkosten, de voorbereidingskosten en de kosten van infrastructuur. Bovendien bleek uit de definitie van intermodaal transport dat twee of meer transportmodi (waarbij voor- en of natransport via de weg gebeurt) gebruikt worden, waardoor de kostenstructuur van intermodaal transport een combinatie zal zijn van de kostenstructuren van de gebruikte unimodale transportmodi. Dit zal gevolgen hebben voor de berekening van de kosten en zal ook van invloed zijn op de allocatie daarvan. Binnenvaart geniet bovendien van grotere voordelen indien verschillende partners in een coalitie hun ladingen consolideren. Afhankelijk van de hoeveelheid die geconsolideerd wordt, zal gekozen worden voor een bepaald type schip met bijhorende capaciteit en kosten. Mogelijk zorgt een extra partner ervoor dat een de coalitie kiest voor een groter type schip met een hogere kost. Dit zal mogelijk van invloed zijn op de kostenallocatiemethodes. De gebruikte allocatiemethoden uit de onderzoeken die gebaseerd zijn op wegtransport kunnen dus niet zomaar overgenomen worden. Er zal onderzocht moeten worden of en hoe de specifieke eigenschappen van intermodaal transport in rekening gebracht kunnen worden bij de kostenallocatie, vooraleer de verschillende allocatiemethodes toegepast en vergeleken kunnen worden. De **vierde deelvraag** luidt: '**Hoe kunnen de specifieke kenmerken van intermodaal transport in rekening genomen worden bij kostenallocatie?**'.

1.3 Onderzoeksaanpak

De opbouw van dit onderzoek kan opgesplitst worden in twee delen: een literatuurstudie en een praktijkstudie. De literatuurstudie vormt de basis voor het praktijkgedeelte. De literatuurstudie wordt gebouwd rond vier pijlers: intermodaal transport, kostenallocatiemethodes, het ADA-model en het concept van Totale Logistieke Kost. Allereerst wordt het concept van **intermodaal transport** onderzocht. Hierin wordt getracht een definitie van intermodaal transport te verkrijgen en wordt naar de toekomstperspectieven gekeken. Daarna volgt een onderzoek naar de voor- en nadelen van intermodaal transport en tot slot wordt nog gekeken naar horizontale samenwerking binnen intermodaal transport. De **kostenallocatiemethodes** binnen horizontale samenwerking vormen de tweede pijler van de literatuurstudie. In dit gedeelte wordt eerst onderzocht wat de verschillende criteria zijn waaraan een kostenallocatiemethode moet voldoen. Daarna worden de gebruikte allocatiemethodes onderzocht. Hierbij worden studies bekeken die kostenallocatiemethodes onderzochten bij unimodaal wegtransport, zoals Liu et al. (2010) en Özener (2008), maar ook naar de studies van Ramaekers et al. (2014) en Soons (2011) die de methodes onderzochten voor intermodaal transport. De derde pijler is het Aggregated-Disaggregated-Aggregated (**ADA**) model van Ben-Akiva en de Jong (2008). Dit model wordt onderzocht omdat de gegevens in de case berekend zijn binnen dit model. Eerst wordt een inleiding gegeven van het model, waar meer uitleg wordt gegeven over geaggregeerde en gedisaggregeerde gegevens. Nadien wordt het model ontleed. In sectie 2.4 wordt vervolgens het concept **Totale Logistieke Kost** van Baumol en Vinod (1970) besproken, omdat de gebruikte kosten in het ADA-model en in de case studie in hoofdstuk 3 gebaseerd zijn op dit concept. Totale Logistieke Kost beschouwt naast de transportkosten ook de

voorraadkosten, bestaande uit vier categorieën: de bestelkosten, de kost van in-transitvoorraad, de cyclusvoorraad en de kosten van veiligheidsvoorraad. Na een korte inleiding wordt het concept TLC en de trade-off tussen de transport- en voorraadkosten besproken.

Eens de literatuurstudie afgerond is, wordt in het praktijkgedeelte de focus verlegd naar de case. In een inleiding worden het doel, de opzet en de case studie besproken. Het vertrekpunt is het onderzoek van Ramaekers et al. (2014). Deze studie doet onderzoek naar kostenallocatie bij intermodaal transport, waarbij het voor- en natransport via de weg gebeuren en het hoofdtransport via de binnenvaart verloopt. In de case worden vier verschillende scenario's onderzocht. Op het vlak van het traject van het hoofdtransport wordt een onderscheid gemaakt tussen een gelijk traject of enkel een gelijke eindterminal. Daarnaast is het aantal ladingen dat elke partner verscheept gelijk of niet. Daarna worden verschillende analyses uitgevoerd. Eerst wordt het unimodale wegtransport op basis van het concept TLC vergeleken met intermodaal transport en worden de redenen voor de verschillen in TLC aangehaald. Daarna worden twee sensitiviteitsanalyses uitgevoerd: het effect van de gemiddelde verzendingsgrootte en het aantal partners in de coalitie worden onderzocht. Tot slot wordt gefocust op de kostenallocatiemethodes, in deze sectie worden drie methodes met elkaar vergeleken: de proportionele methode, de decompositie methode en de Shapley value.

Als de analyses uitgevoerd zijn, kunnen op basis van de resultaten en de literatuurstudie conclusies worden getrokken, waarbij rekening gehouden wordt met eventuele beperkingen die mogelijk ontdekt worden gedurende het verloop van het onderzoek.

2 Literatuurstudie

2.1 Intermodaal Transport

2.1.1 Introductie

2.1.1.1 Definitie

Er zijn verschillende definities van intermodaal transport. Macharis en Verbeke (1999) nemen een aantal definities op in hun paper. De definitie van de CEMT (Conferentie van Europese Ministers van Transport) luidt als volgt: "het vervoer van ge-unitiseerde vracht via meer dan één vervoersmodaliteit, waarbij de goederen zelf tijdens de overslag niet worden behandeld". De Europese Richtlijn 92/106 definieert intermodaal vervoer als volgt: "Intermodaal vervoer is het goederenvervoer tussen lidstaten waarbij de vrachtwagen, aanhangwagen, de oplegger met of zonder trekker, de wisselbak of de container van 20 voet en meer gebruik maken van de weg voor het eerste en het laatste gedeelte in het traject, en voor het andere gedeelte van spoor of de binnenwateren, of van een zeetraject wanneer dat traject meer bedraagt dan 100 km hemelsbreed gemeten." Bij deze definitie ligt de nadruk eerder op het gebruik van meerdere transportmodi, met daarbij opgemerkt dat het voor- en natransport uitsluitend via de weg gebeurt. Volgens Caris et al. (2014) kan intermodaal transport beschouwd worden als een keten van actoren die een transportservice aanbieden. De actoren kunnen onder andere verladers, wegvervoerder, terminals en binnenvaartschippers zijn.

Algemeen kunnen uit de verschillende definities een aantal belangrijke elementen van intermodaal transport gehaald worden: het gebruik van verschillende transportmodi, waarbij het voor- en/of natransport via de weg gebeurt en waarbij de goederen tijdens de overslag niet behandeld (ge-unitiseerde vracht) worden. Verder is bij intermodaal transport een goede samenwerking belangrijk tussen verschillende partijen in de supply chain: verzenders, vervoerders, transporteurs, terminals en ontvangers.

2.1.1.2 Toekomstperspectieven intermodaal transport

Konings et al. (2006) deden onderzoek naar manieren om de concurrentiekracht van intermodaal transport ten opzichte van wegtransport te versterken zodat het marktaandeel van intermodaal transport vergroot kan worden. Eerst voeren de onderzoekers het belang van intermodaal transport aan. Door de groei en dominante rol van wegtransport ontstaan verschillende problemen: toegenomen congestie op de weg, de bereikbaarheid van economische centra komt in het gedrang en de negatieve effecten van wegvervoer op het natuurlijk- en leefmilieu. Hierdoor ontstaat de nood aan een beleid waarin de beschikbare infrastructurele capaciteit optimaal benut wordt, maar waarin ook gekeken wordt naar mogelijkheden om een verschuiving van de weg naar andere vervoersmodi teweeg te brengen. Intermodaal transport is één van de manieren om de modale shift gestalte te geven, om zodoende de problemen die zich stellen bij wegtransport te verminderen. Met dit in het achterhoofd, wordt in het onderzoek gekeken waar de groeimogelijkheden van intermodaal transport liggen. Hiervoor duiden de auteurs drie aangrijpingspunten aan die betrekking hebben op de schakels

in intermodale transportketen: het hoofdtransport via spoor of binnenvaart, overslag tussen verschillende vervoersmodi en het voor- en natransport via de weg.

Voor het **hoofdtransport** worden de transportkosten en kwaliteit in grote mate bepaald door de treinlengte of scheepsgrootte, de beladingsgraad en de transportafstand. De vaste kost per laadeenheid kan verlaagd worden door grotere vervoersmiddelen en hogere beladingsgraden. Ladingsbundeling (een vorm van horizontale samenwerking) zorgen voor schaalvoordelen die ertoe leiden dat intermodaal transport een aantrekkelijke vervoersmodus wordt. Verder biedt bundeling van ladingen ook de mogelijkheid om verschillende relaties met kleinere volumes te bedienen die wegens het te kleine volume anders niet rechtstreeks bediend zouden kunnen worden. Dit is belangrijk voor de ontwikkeling van intermodaal transport, omdat meestal grote vervoersstromen nodig zijn voor rechtstreekse intermodale verbindingen. Naast deze voordelen van het bundelen van vervoersstromen staat het nadeel van een extra overslag, zodat extra transportkosten ontstaan en het transport langzamer en onbetrouwbaarder wordt. Afhankelijk van of en hoe ladingen gebundeld gaan worden, zijn verschillende netwerkvormen denkbaar die herleid kunnen worden tot vier basis bundelings- of netwerkmodellen: lijnnetwerken, punt-punt netwerken, collectie/distributienetwerken en hub-and-spokenetwerken. De meest eenvoudige netwerken zoals lijn- en punt-punt diensten hebben meestal wel voordelen, maar zijn minder goed geschikt om nieuwe (meestal kleine) stromen via het spoor of de binnenvaart te vervoeren. Collectie/distributie en hub-and-spokenetwerken zijn in dit geval beter op het gebied van kosten. Toch hebben deze netwerken ook een nadeel: extra overslagkosten. Hierdoor worden deze netwerken pas rendabel op langere afstanden, zodat het kostenvoordeel van spoor en/of binnenvaart beter worden benut en groter worden dan de extra overslagkosten. Een kleine kanttekening bij de haalbaarheid van bepaalde netwerken is dat niet alleen de vervoersvolumes en de organisatie van het vervoer van belang is, maar ook de staat van de infrastructuur: de ligging, capaciteit en kwaliteit. Macharis, van Lier, Pekin en Verbeke (2011) argumenteren dat infrastructuurinnovatie ervoor moet zorgen dat de binnenvaart zich tegen 2030 in zulke mate kan ontwikkelen dat ze op een intelligente manier haar capaciteit maximaal kan benutten. Hier is een optimaal netwerk van binnenvaart voor nodig met zowel infrastructurele als operationele elementen. Dărăbanț, Ștefănescu en Crișan (2012) voeren aan dat de hoofdreden voor de lage ontwikkeling van intermodaal transport te wijten is aan het feit dat intermodaal transport niet in staat is om aan de verzoeken van de klant te voldoen in de nieuwe logistieke omgeving. Om hieraan tegemoet te komen zijn investeringen in infrastructuur nodig. Deze investeringen moeten vooral plaatsvinden in de terminals, zodat de snelheid van de overslag verhoogd kan worden.

Als gekeken wordt naar de **overslag tussen verschillende vervoersmodi** in de intermodale terminals, zijn de mogelijkheden om substantiële kostenverlagingen te creëren schaars. Hier wordt beter gekeken naar de mogelijkheden om de kwaliteit te verbeteren: zorgen voor een goede en snelle behandeling van de containers enerzijds en uitbouwen van aanvullende diensten anderzijds. Om het marktgebied van intermodaal transport verder uit te breiden, kan ook gekeken worden naar de verhoging van het aantal toegangspunten tot het spoor- en binnenvaartnetwerk. Deze nieuwe toegangspunten zouden dan in de huidige eindpunten van het netwerk moeten liggen. Kleinschalige, eenvoudige (lage kost) terminals en zelfladende en lossende schepen kunnen hierbij een belangrijke rol spelen, omdat voor de exploitatie hierdoor geen grote volumes nodig zijn en ze zodoende kansen

bieden voor kleinere intermodale ladingsstromen. Wel zijn de inbedding in bestaande netwerken voor intermodale diensten en de kosten van voor- en natransport een belangrijke factor in de haalbaarheid voor deze terminals (Konings et al., 2006).

Tot slot kan nog gekeken worden naar het **voor- en natransport**. Doordat de kosten voor dit transport relatief hoog zijn, moet vooral in de efficiëntie van het voor- en natransport en in de toegankelijkheid van intermodaal transport naar verbetering gezocht worden. Een verbetering van de efficiëntie in het voor- en natransport kan bereikt worden door het combineren van ritten te verbeteren. Hierbij zouden zogenoemde LZV's (Lange en/of Zware Vrachtauto's) een belangrijke rol kunnen spelen omdat ze een grotere ladingscapaciteit hebben. Echter zijn deze in België nog niet helemaal toegestaan en geldt een proefproject tot juni 2016. Een verbetering van de toegankelijkheid van intermodaal transport kan zowel in fysieke als economische zin. In fysieke zin wordt gedacht aan de afstand tot de terminal, omdat dit in grote mate de transportkosten van het voor- en natransport bepaalt. In economische zin is het van belang dat er genoeg lading in de omgeving moet zijn om intermodale transport levensvatbaar te maken. Een grotere toegankelijkheid tot intermodaal transport zorgt ervoor dat het overslagvolume bij een terminal verhoogt wordt, waardoor de overslagkosten verlaagd kunnen worden. Hierdoor kunnen, bij gelijkblijvende intermodale kosten, de afstanden van het voor- en natransport verhoogd worden, waardoor het bereik van de terminal stijgt en meer ritten gunstig gecombineerd kunnen worden, waardoor de kosten van het voor- en natransport verlaagd kunnen worden. Er is dus een wisselwerking tussen de efficiëntie in het voor- en natransport en de toegankelijkheid van intermodaal transport (Konings et al., 2006).

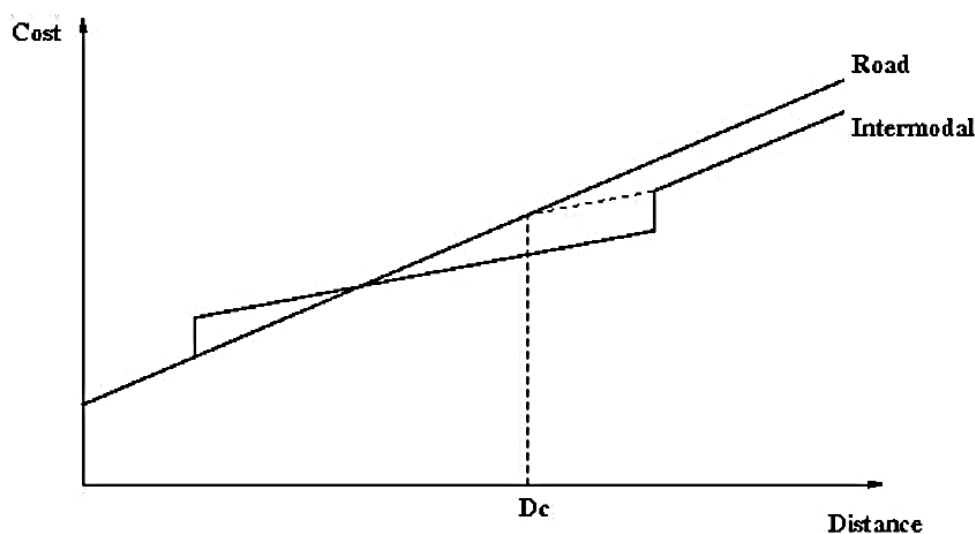
Ook de Europese Commissie ziet het belang van intermodaal transport in en nam daarom initiatieven om intermodaal transport te bevorderen. Een van de initiatieven was het *Marco Polo II-programma* voor de periode 2007-2013 (Europese Commissie, 2006). Hierin werden een aantal doelstellingen gesteld, zoals het vervangen van wegvervoer door milieuvriendelijkere vervoersmiddelen, zoals intermodaal transport. Voorts werd in 2011 het *Energy Efficiency Plan 2011* voorgesteld. Hierbij lag voor het transportbeleid de nadruk op het ontwikkelen van een Europees systeem dat voorziet in steun voor de Europese economische groei, het verbeteren van de competitiviteit en service en het stimuleren van een efficiënt gebruik van grondstoffen (Europese Commissie, 2011a). Voorts werd in 2011 "Het stappenplan voor een interne Europese vervoersruimte" gepubliceerd (Europese Commissie, 2011b). Hierin geeft de Europese Commissie haar visie op de toekomst van het Europese transportsysteem. De Commissie stelt dat initiatieven op alle niveaus nodig zijn om een verandering in de transportsector teweeg te brengen. Zelf heeft ze een aantal initiatieven genomen die onder andere betrekking hebben op veiligheid en infrastructuur.

2.1.2 Voor- en nadelen van intermodaal transport

2.1.2.1 Voordelen

Kostenvoordeel

De verlaagde kosten vormen volgens Macharis en Verbeke (2001) een eerste voordeel van intermodaal transport. Ook Konings et al. (2006) stellen dat intermodaal een kostenvoordeel kan hebben ten opzichte van het unimodaal transport via de weg. In figuur 1 wordt een kostenfunctie weergegeven van unimodaal transport via de weg en intermodaal transport via de binnenvaart. Eerst vindt het voortransport via de weg plaats. Hier lopen de kosten van intermodaal transport en unimodaal transport gelijk. Daarna vindt een overslag plaats in de terminal. Deze zijn in de figuur aangeduid door de verticale rechte. Dit zorgt ervoor dat het intermodale transport hier een nadeel ondervindt, omdat dit kosten zijn die niet aanwezig zijn bij unimodaal transport. Het voordeel voor intermodaal transport wordt bereikt doordat binnenvaartschepen een lagere gemiddelde kost per kilometer hebben dan vrachtwagens. De lagere kost is een gevolg van schaalvoordelen doordat binnenvaartschepen een hogere ladingscapaciteit hebben dan vrachtwagens. Hoe groter de afstand die afgelegd moet worden, hoe groter het voordeel. Daarna volgt weer een overslag bij een binnenvaartterminal, om de container op een vrachtwagen te zetten, wat weer kosten met zich meebrengt, in de figuur weer aangegeven met een verticale rechte. Het laatste stuk wordt gedaan met de vrachtwagen, waardoor de kosten hier gelijk lopen en de twee grafieken vanaf hier eenzelfde helling vertonen. Omdat het voordeel van intermodaal transport afhankelijk is van de afstand die afgelegd wordt, wordt deze afstand door verschillende auteurs onderzocht, onder andere door Macharis en Verbeke (2001) en Wagener (2014). De afstand die minimaal nodig is voor intermodaal transport om een kostenvoordeel te realiseren, noemt men de *kritische drempelafstand*. De kritische drempelafstand wordt bepaald door in de figuur een rechte te trekken bij de tweede overslag die evenwijdig loopt met de kostenfunctie van het hoofdtransport bij intermodaal transport. Deze rechte is aangeduid met stippenlijnen in de figuur. De kritische drempelafstand wordt aangeduid door D_c : dit is de afstand die afgelegd moet worden vooraleer intermodaal transport een kostenvoordeel heeft tegenover het unimodale transport via de weg, omdat vanaf een bepaalde afstand het kostenvoordeel per kilometer van intermodaal transport voldoende benut wordt om het nadeel van de overslagkosten te overkomen.



Figuur 1: Kostenstructuur intermodaal transport, wegtransport (Macharis & Verbeke, 2001)

Lagere externe kosten

Niet enkel de interne kosten van intermodaal transport kunnen een voordeel opleveren voor intermodaal transport, ook de externe kosten zijn lager in vergelijking met unimodale wegtransport (Caris et al., 2014; Macharis & Verbeke, 2001). Beide studies focussen op de binnenvaart. De definitie van externe kosten volgens Bickel en Friedrich (2005, in Caris et al., 2014): "Een externe kost ontstaat, wanneer de sociale of economische activiteiten van een groep personen een impact heeft op een andere groep en wanneer die impact niet volledig in rekening wordt genomen of vergoed door de eerste groep". De belangrijkste externe kosten waaraan gedacht wordt bij transport zijn: klimaatsverandering, luchtvervuiling, geluidsoverlast, ongelukken en congestie. Wanneer gekeken wordt naar de externe kosten, scoort de binnenvaart gemiddeld gezien beter dan het wegtransport. Dit heeft een aantal oorzaken: de geluidsoverlast en ongelukken zijn verwaarloosbaar bij binnenvaart, terwijl deze wel significant zijn voor het wegtransport. Als ook rekening wordt gehouden met de kosten van infrastructuur, dan scoort de binnenvaart ook beter dan het spoor. Dărăbanț et al. (2012) argumenteren dat intermodaal transport lagere kosten heeft dan unimodaal transport via de weg en dat bovendien de externe kosten een stuk lager liggen. Dit zorgt voor het hoge potentieel dat intermodaal transport heeft in de duurzaamheid van de transportsector.

Verlaagde congestie in het wegverkeer

Door een deel van het af te leggen traject via intermodaal transport uit te voeren, zijn voor de afstand die via de binnenvaart of het spoor gebeurt geen vrachtwagens meer nodig. Zodoende daalt de congestie in het wegvervoer en wordt de druk op het netwerk van het wegvervoer verlaagd (Caris et al., 2014; Konings et al., 2006).

2.1.2.2 Nadelen

Snelheid

Snelheid is, naast kosten, stiptheid en betrouwbaarheid, vaak een belangrijk criterium bij de selectie van een bepaalde transportmodus (Punakivi & Hinkka, 2006). Bij het gebruik van intermodaal transport wordt voor het hoofdtransport doorgaans gebruik gemaakt van het spoor of de binnenvaart (Macharis & Verbeke, 1999). Deze vervoersmodi hebben een lagere snelheid dan unimodaal transport, waardoor de benodigde tijd voor de levering langer is bij intermodaal transport. Bij geplande transporten is dit geen probleem, omdat hier dan rekening gehouden wordt met de lagere snelheid bij het plannen, maar bij ongeplande transporten kan dit problemen opleveren, omdat intermodaal transport meer tijd nodig heeft en dus niet snel kan inspelen op onverwachte veranderingen in de vraag naar transport.

Overslagkosten

Indien gebruik gemaakt wordt van intermodaal transport, zal er een overslag moeten plaatsvinden tussen de verschillende vervoersmodi. De overslag neemt niet enkel tijd in beslag, maar zorgt ook nog voor een aanzienlijke kost, omdat hier weinig kostenbesparingen meer mogelijk zijn (Konings et al., 2006). Deze kost kan ervoor zorgen dat de drempelafstand die minimum nodig is om voor

intermodaal transport te kiezen in plaats van wegtransport zodanig hoog is dat intermodaal transport geen aantrekkelijke vervoersmodus meer wordt (Sandberg Hanssen, Mathisen & Jørgensen, 2012).

2.1.2.3 Conclusie

Intermodaal transport heeft verschillende voordelen ten opzichte van unimodaal transport via de weg en deze uit zich vooral in de interne kosten, externe kosten en de verlaagde druk op het wegvervoer. Toch zijn er niet enkel voordelen maar ook nadelen zoals: de snelheid en de overslagkosten.

2.1.3 Horizontale samenwerking

2.1.3.1 Inleiding

Konings et al. (2006) stelden dat de bundeling van ladingen bij het hoofdtransport schaalvoordelen kunnen opleveren waardoor intermodaal transport een aantrekkelijker vervoersmodus wordt. De bundeling van goederenstromen vindt dan vooral plaats tijdens het hoofdtransport, dat via het spoor, de lucht of het water verloopt. Bundeling van lading is een vorm van horizontale samenwerking. Dit valt af te leiden uit de definitie van horizontale samenwerking van Cruijssen et al. (2007c): "de samenwerking tussen twee of meer bedrijven die actief zijn op hetzelfde niveau van de supply chain en die een vergelijkbare logistieke functie uitvoeren". Deze samenwerking kan zowel plaatsvinden tussen concurrenten als niet-concurrenten.

2.1.3.2 Voordelen

Caris et al. (2014) stellen dat de consolidatie van goederenstromen de efficiëntie van intermodale operaties kan verbeteren. Ze argumenteren dat een van de vereisten voor consolidatienetwerken de samenwerking tussen meerdere spelers uit de supply chain is. Om het intermodale binnenvaarttransport competitiever te maken aan het unimodale wegtransport, is een integratie van de operationele planning-instrumenten nodig, zodat het transport soepeler verloopt. Ook Ramaekers et al. (2014) argumenteren dat bundelingsnetwerken in intermodaal transport de samenwerking vereisen tussen meerdere partners in de intermodale transportketen. Bovendien wordt consolidatie van goederenstromen als oplossing gesuggereerd om de efficiëntie van het intermodaal transport te verbeteren. Om de horizontale samenwerking tot stand te laten komen, argumenteren Cruijssen et al. (2007c) dat het cruciaal is dat de verschillende partners dezelfde motieven hebben. Macharis en Verbeke (1999) argumenteren dat het succes van intermodaal transport voor een groot deel afhangt van de samenwerking tussen de verschillende operatoren en de coördinatie van de verschillende modi en terminals waar de goederen van de ene transportmodus op de andere worden overgeladen. Audy et al. (2011) stellen dat door gezamenlijke planning van ritten verbeteringen mogelijk zijn in efficiëntie. Deze efficiëntie uit zich een daling in de totale afgelegde afstand en een stijging in de gemiddelde beladingsgraad. Frisk, et al. (2010) rapporteren een kostenbesparing van 14,2% in de transportkost in hun analyse van gezamenlijk bosvervoer. Cruijssen et al. (2007a) deden onderzoek naar gezamenlijke routeplanning bij verschillende marktomstandigheden en ze stelden een kostenbesparing van 30,7% vast in hun casestudie. Bovendien werd bij het uitvoeren van een sensitiviteitsanalyse nog gevonden dat gezamenlijke planning voordeliger is in markten met kleine bestellingen dan markten met grote bestellingen. Volgens Wang en Kopfer (2011) kan

gemeenschappelijke transportplanning leiden tot een kostenbesparing door zowel schaal- als synergievoordelen.

Soons (2011) gaat dieper in op de verschillende soorten voordelen van samenwerking (binnen intermodaal transport). Op basis van de literatuur over intermodaal binnenvaart transport, horizontale samenwerking en discussies met bedrijfsvertegenwoordigers wordt een overzicht gemaakt van de voordelen van horizontale samenwerking. De auteur stelt drie categorieën van verwachte voordelen op: optimalisering van binnenvaarttransport, verbetering van kwaliteit en service en tot slot een verbetering van de marktpositie. Deze worden nu kort besproken. De eerste categorie, **optimalisering van binnenvaarttransport**, bestaat uit drie voordelen: (1) verlagen van de operationele kosten, (2) verlagen van de externe kosten en (3) inkoopvoordelen. De daling in de operationele kosten wordt mogelijk gemaakt door het hergebruik van containers: als er geen samenwerking plaatsvindt, moet transport voorzien worden voor lege containers, terwijl bij samenwerking partners hun vervoer aanpassen zodat de containers hergebruikt worden. Ook consolidatie kan voor een daling in operationele kosten zorgen door minder, maar grotere binnenvaartschepen te gebruiken. Intermodaal transport heeft een bepaalde impact op het milieu en deze wordt (net als voor andere transportmodi) bij de externe kosten gerekend. Samenwerking kan deze externe kosten laten dalen door onder meer het hergebruik van containers, waardoor een hogere benuttingsgraad van binnenvaartschepen bereikt kan worden, zodat minder verzendingen nodig zijn. Bovendien kan een modale shift van vrachtwagens naar binnenvaartschepen voor een daling in congestie een uitstoot zorgen. Tot slot kan samenwerking leiden tot gezamenlijke aankoop van goederen, waardoor schaalvoordelen ontstaan en dus een verlaging van de kost ontstaat. De **verbetering van kwaliteit en service** bestaat uit drie voordelen: (1) verbetering van de betrouwbaarheid, (2) verhoging van de frequentie en (3) leren en internalisering van kennis. Een van de belangrijkste voordelen is de verhoogde betrouwbaarheid die bereikt kan worden en de overeenkomstige modale shift die gerealiseerd kan worden door samenwerking. Door de enorme groei van containertransport zijn structurele problemen binnen havens ontstaan. Door samenwerking hebben de meer landinwaartse terminals sterkere onderhandelingsposities met de terminaloperatoren in de havens, waardoor vaste tijdsvensters afgesproken kunnen worden. Dit zorgt voor meer zekerheid en betrouwbaarheid. Zodoende kan een modale shift naar binnenvaartschepen ontstaan. Een ander voordeel van samenwerking is dat de frequentie van dienstverlening verhoogd kan worden: door grotere binnenvaartschepen in te zetten tussen terminals en havens, de kleinere afstand die afgelegd moet worden naar landinwaartse terminals en de kortere wachttijden. Een hogere frequentie is voordelig voor klanten omdat dit leidt tot meer mogelijke vertrektijden. Dit zorgt voor een attractiever binnenvaartvervoer en dit kan leiden tot een modale shift. Ook zogenaamde "soft benefits" kunnen ontstaan door samenwerking: verschillende partners hebben een verschillende aanpak en andere kennis waardoor ze van elkaar kunnen leren. Hierdoor kunnen ze efficiënter werken in de toekomst. Een **verbetering van de marktpositie** is de derde en laatste categorie van mogelijke voordelen. Deze is het gevolg van een betrouwbaardere service, waardoor een stijging in de vraag naar de diensten van binnenlandse terminals kan ontstaan. Dit zorgt voor een verbeterde marktpositie van het intermodale binnenvaartvervoer, wat kan leiden tot een modale shift.

2.1.3.3 Nadelen

Er zijn echter ook nadelen die horizontale samenwerking tussen verschillende partijen kunnen verhinderen (Cruijssen et al., 2007c). De auteurs sommen drie mogelijke nadelen op: het selecteren van partners, het bepalen en verdelen van de winsten, en de onderhandelingspositie. Vooraleer een **partner geselecteerd** gaat worden, moeten de partners informatie inwinnen over de strategische en organisatorische mogelijkheden, alsook over de materiële en immateriële activa die beschikbaar zijn. Het inwinnen van deze informatie kan kostbaar zijn, waardoor het een horde kan vormen voor horizontale samenwerking. Verschillende auteurs onderzoeken de problemen die kunnen ontstaan bij het **bepalen en verdelen van de kosten**. Volgens Cruijssen et al. (2007c) zorgen de problemen er mogelijk voor dat de (optimale) samenwerking niet tot stand komt, omdat de kans bestaat dat bedrijven voordeel kunnen hebben om een andere (in totaal minder attractieve) samenwerking aan te gaan. Wang en Kopfer (2011) stellen dat de eerste uitdaging bij horizontale samenwerking het bepalen van de collaboratieve voordelen van de samenwerking is, zowel voor de samenwerking in zijn geheel, alsook voor de individuele deelnemers. De winst voor de samenwerking als geheel kan berekend worden door de totale kosten van de partners voor de samenwerking te vergelijken met de totale kosten van de samenwerking. In de werkelijkheid kan het delen van informatie nog wel een belangrijk obstakel vormen. Een tweede obstakel bij de verdeling van de kosten is het egoïstisch rationeel handelen van bedrijven: ze prefereren eigen winstmaximalisatie boven de winst van de samenwerking. Audy en D'Amours (2008) merken op dat het mogelijk is dat de samenwerking als geheel een optimaal kostenvoordeel heeft, maar dat dit niet voor alle individuele bedrijven geldt. Wil men hier het kostenvoordeel maximaliseren, dan is een goede kostenallocatie cruciaal: anders verwerpen sommige bedrijven het coalitievoorstel en wordt de meest optimale samenstelling niet bereikt. Om dit probleem op te lossen moet gebruik gemaakt worden van goede kostenallocatiemethodes (Cruijssen et al., 2007; Wang & Kopfer, 2011; Audy & D'Amours, 2008). Deze worden besproken in sectie 2.2. De **relatieve onderhandelingskracht** hangt af van drie factoren: initiële sterkte en zwakte, de verandering van de sterkte en zwakte en het potentieel voor een conflict. Bij onderhandelingen zou er altijd voordeel zijn moeten zijn voor beide partijen: als hevige onderhandelingen nodig zijn voor een klein voordeel dan lijkt een samenwerking op lange termijn niet bereikbaar. Om deze mogelijke belemmeringen te overkomen, sommen de auteurs enkele "facilitators" op: het delen van informatie, het gelijkstemmen van de motieven van de mogelijke partners, relatiemanagement en goede contracten (Cruijssen et al., 2007c).

2.1.3.4 Conclusie

Samenvattend kan dus gesteld worden dat horizontale samenwerking belangrijke voordelen kan opleveren op het vlak van kosten, maar dat een goede kostenallocatiemethode onontbeerlijk is. De kostenallocatie moet zorgen voor een stabiele oplossing, zodat geen enkele partner voordeel kan halen door de samenwerking te verlaten. Dit zou immers ervoor zorgen dat de winst in zijn geheel zou dalen. Bovendien moet een kostenallocatie perspectieven bieden voor spelers buiten de coalitie, opdat de toetreding van deze spelers zou leiden tot een groter kostenvoordeel. In het deel *Kostenallocatiemethodes* (sectie 2.2) wordt verder ingegaan op de vereisten van een goede methode en worden verschillende methodes aangehaald en uitgelegd.

2.2 Kostenallocatiemethodes

In de sectie *Intermodaal transport* (sectie 2.1) werd reeds aangehaald dat horizontale samenwerking mogelijk is binnen intermodaal transport en dat deze dan vooral plaatsvindt op het vlak van consolidatie van goederenstromen tijdens het hoofdtransport. De samenwerking kan leiden tot een verbetering van het concurrentievermogen van intermodaal transport ten opzichte van unimodaal transport via de weg, omdat verdere kostenbesparingen mogelijk zijn.

Verschillende auteurs maken echter een kanttekening bij horizontale samenwerking. Cruijssen, et al. (2007b) stelden dat een van de belemmeringen voor de totstandkoming van de samenwerking de verdeling van de mogelijke kostenbesparingen is. Wang en Kopfer (2011) argumenteren dat de eerste uitdaging de bepaling van de collaboratieve voordelen is, zowel individueel als voor de samenwerking in zijn geheel. Audy en D'Amours (2008) merken op dat het mogelijk is dat de samenwerking als geheel een lagere kost heeft dan de individuen samen voor de samenwerking, maar dat individuen wel hogere kosten kunnen oplopen door de samenwerking. Hier is het dan van belang dat de kostenvoordelen zo verdeeld worden dat elke speler voordeel haalt uit de samenwerking.

Een goede kostenallocatiemethode is dus onontbeerlijk voor horizontale samenwerking: indien een methode niet zorgt voor een stabiele oplossing, kunnen bepaalde partners voordeel hebben bij het verlaten van de coalitie, waardoor ze individueel wel beter worden, maar de winst voor de bedrijven in totaal niet meer optimaal is. Bovendien moet het interessant zijn voor spelers buiten de coalitie om toe te treden tot de coalitie, opdat een groter kostenvoordeel bereikt kan worden.

De literatuur omtrent kostenallocatiemethodes binnen unimodaal transport is divers. Voorbeelden van studies zijn Audy en D'Amours (2008), Dai en Chen (2012), Frisk et al. (2010), Krajewska et al. (2008), Liu et al. (2010) en Özener (2008). De literatuur over kostenallocatiemethodes binnen intermodaal transport is echter schaarser, tot op dit punt werden enkel de studies van Soons (2011) en Ramaekers et al. (2014) gevonden die onderzoek doen naar kostenallocatiemethodes binnen intermodaal transport. Soons (2011) deed onderzoek naar de kostenbesparingen en de verdeling hiervan voor *Brabant Intermodal B.V.*, een dochteronderneming van vier samenwerkende inland terminals in de provincie Noord-Brabant (Nederland). De auteur komt tot de conclusie dat een combinatie van de Shapley value en Weighted Shapley value een goede kostenallocatiemethode is. Ramaekers et al. (2014) richtten zich op het intermodaal transport via de binnenvaart in Vlaanderen. In de studie worden verschillende kostenallocatiemethodes voor het alloceren van de kostenbesparingen onderzocht.

Omdat de case studie uit hoofdstuk 3 een toepassing is van horizontale samenwerking binnen intermodaal transport, wordt in de volgende secties een beperkt literatuuroverzicht gegeven met betrekking tot de kostenallocatiemethodes: allereerst wordt een overzicht gegeven van de criteria voor een kostenallocatiemethode en daarna wordt dieper ingegaan op de verschillende soorten kostenallocatiemethodes: de eenvoudigere methodes (proportionele en decompositie methode) en een moeilijker methode (de Shapley value).

2.2.1 Criteria

De literatuur rond kostenallocatiemethodes binnen transport is zeer divers. In deze sectie wordt daarom eerst een overzicht gegeven van de verschillende criteria waaraan een kostenallocatiemethode zou moeten voldoen, nadien wordt een beperkt overzicht gegeven van de verschillende categorieën van methodes en tot slot wordt dieper ingegaan op de methodes die toegepast worden in de case studie uit hoofdstuk 3.

Frisk et al. (2010) sommen een aantal criteria op waaraan een kostenallocatiemethode moet voldoen, deze worden "fairness criteria" genoemd. Ze merken echter ook op dat geen enkele methode voldoet aan alle criteria. De criteria zijn: efficiëntie, individueel rationeel, symmetrie, dummy eigenschap en additiviteit. Een methode is **efficiënt** als ze de totale kosten splitst over de verschillende deelnemers. Er wordt gesproken van een **individueel rationele** methode als een deelnemer niet meer betaalt dan voor hij in de samenwerking stapte. Verder is **symmetrie** nog een eigenschap: als twee mogelijke deelnemers dezelfde marginale kosten hebben voor alle mogelijke coalities waar ze niet in zitten, dan moeten de kosten die toegewezen worden aan deze deelnemers gelijk zijn. De **dummy** eigenschap wil zeggen dat als een deelnemer niet zorgt voor verbetering of verslechtering van de coalitie, de gealloceerde kost voor deze deelnemer gelijk moet zijn aan nul. Ook **additiviteit** is een criterium: de kostenallocatie van een combinatie van verschillende gescheiden coalities moet gelijk zijn aan de som van de gescheiden allocatiewaarden van deze coalities. Stel bijvoorbeeld dat de te alloceren kost van de totale coalitie gelijk is aan $c_1 + c_2$ en opgesplitst kan worden in de te alloceren kosten van coalitie 1 en 2, respectievelijk c_1 en c_2 . Dan moet de gealloceerde kost op basis van $c_1 + c_2$ gelijk zijn aan de het totaal van de gealloceerde kost op basis van c_1 en c_2 apart.

Tot slot kan de **core** van de kostenallocatiemethode nog besproken worden: geen enkele deelnemer of subcoalitie van deelnemers samen zou een kost toegewezen mogen krijgen die hoger is dan wanneer de individuele deelnemer of de subcoalitie alleen zou handelen. Het komt er dus op neer dat naast elke individuele deelnemer, ook elke subcoalitie aan het criteria van individuele rationaliteit moet voldoen, nu **subgroep rationaliteit** genoemd.

2.2.2 Overzicht kostenallocatiemethodes

Er bestaan drie categorieën kostenallocatiemethodes, gebaseerd op het allocatiemechanisme: proportioneel, coöperatieve speltheorie en technieken rekening houdend met additionele samenwerkingseigenschappen (Verdonck, Beullens, Caris, Ramaekers & Janssens, 2015).

Cruijssen et al. (2007c), Verdonck et al. (2015) en Liu et al. (2010) argumenteren dat in praktijk de methodes gebaseerd op de **proportionele** verdeling van kosten het meest gebruikt worden. De reden voor het veelvuldig gebruik is de eenvoud van de methodes (Liu et al., 2010). Bij deze methodes worden de kosten evenredig verdeeld aan de hand van een bepaalde maatstaf zoals bijvoorbeeld het volume dat elke partner verscheept of het aantal klanten dat door elke partner bediend wordt. Toch hebben enkele auteurs, onder wie Liu et al. (2010) en Verdonck et al. (2015),

bedenkingen bij het gebruik van proportionele allocaties: het garandeert geen stabiliteit op lange termijn.

Verdonck et al. (2015) voeren aan dat er duidelijk gelijkenissen zijn tussen horizontale samenwerking in logistiek en **coöperatieve speltheorie**: de gealloceerde kost (of winst) naar elk van de deelnemers kan beschouwd worden als de uitkomst van speltheorie. Cruijssen et al. (2007b) stellen dat het voordelig is om speltheorie toe te passen binnen horizontale samenwerking, omdat dan rekening gehouden wordt met de bijdrage van de verschillende partners en de verdeling bovendien gebeurt op basis van de fairness criteria. Voorbeelden van dergelijke methodes zijn *Shapley methode* (zie sectie 2.2.2.1) en de *Nucleolus*. De nucleolus werd uitgevonden door Schmeidler (1969) en minimaliseert de grootste ongelijkheid. De methode leidt tot een unieke oplossing en behoort tot de core indien deze bestaat. Het nadeel van de methode is dat deze geen rekening houdt met de bijdrage van elke deelnemer (Liu et al., 2010).

Sommige logistieke spelers maakten kanttekeningen bij de allocatiemethodes op basis van coöperatieve speltheorie. Verschillende auteurs hebben daarom verfijndere methodes uitgewerkt die **additionele coöperatieve eigenschappen** hebben. Tijs en Driessen (1986) maakten een opsplitsing tussen scheidbare en niet-scheidbare kosten. Scheidbare (of marginale) kosten geven de stijging in de totale samenwerkingskosten weer wanneer een extra deelnemer tot de coalitie toetreedt. Deze worden aan de deelnemers die ze veroorzaken gealloceerd. Voor de meeste kostenfuncties zal het totaal van scheidbare kosten lager zijn dan de gezamenlijk kost van de grote coalitie. Het verschil tussen het totaal van marginale kosten en de kosten van de grote coalitie zijn de niet-scheidbare kosten. Deze worden gealloceerd op basis van specifieke gewichten. Voor de allocatie van de niet-scheidbare kosten werden drie methodes ontworpen: de *Equal Charge Method* (ECM), de *Alternative Cost Avoided Method* (ACAM) en de *Cost Gap Method* (CGM). Het verschil tussen de verschillende methodes zit in de gewichten die gekozen worden voor de allocatie van de niet-scheidbare kosten. Frisk et al. (2010) voeren aan dat ECM en ACAM voldoen aan efficiëntie en symmetrie en dat CGM bovendien ook nog voldoet aan de dummy eigenschap en individuele rationaliteit. Frisk et al. (2010) ontwikkelden de *Equal Profit Method* (EPM): deze methode werd ontwikkeld om een zo gelijk mogelijke initiële kostenallocatie te bereiken. Het doel van de methode is een stabiele allocatie die het grootste relatieve verschil in kostenbesparingen minimaliseert.

In de volgende paragrafen worden de methodes die toegepast worden op de case studie uit hoofdstuk 3 in detail besproken. De toegepaste methodes zijn: de *Shapley methode*, de *Proportionele methode* en de *Decompositie methode*.

2.2.2.1 Shapley methode

De methode die ongetwijfeld het meeste voorkomt in de literatuur is de Shapley methode. Deze methode wordt onder andere aangehaald door Dai en Chen (2012), Frisk et al. (2010), Krajewska, Kopfer, Laporte, Ropke en Zaccour (2008), Liu et al. (2010), Lozano, Moreno, Adenso-Díaz en Algaba (2013), Ramaekers et al. (2014) en Tijs en Driessen (1986). De methode is gebaseerd op coöperatieve speltheorie. De formule die gebruikt wordt om de Shapley waarde te berekenen is:

$$c_i = \sum_{S \subseteq N \setminus \{i\}} \frac{(|S| - 1)! (|N| - |S|)!}{|N|!} [c(S \cup i) - c(S)]$$

met i de individuele partner, N de grote coalitie, S een subcoalitie, $| \cdot |$ het aantal partners dat reeds tot de coalitie behoort, $c(S)$ of $c(N)$ de kost voor de subcoalitie of de grote coalitie, $c(i)$ de stand-alone kost (dit is de kost als de speler niet tot een coalitie behoort) voor deelnemer i en c_i de kost die gealloceerd wordt aan partner i . In het kort komt het erop neer dat de gealloceerde kost gebaseerd is op de assumptie dat een grote coalitie gevormd wordt door het één per één toetreden van deelnemers in de coalitie: er wordt dus gekeken naar marginale kosten. Omdat de marginale kosten afhankelijk zijn van de volgorde waarin men in de coalitie stapt, zou ook de gealloceerde kost afhangen van de volgorde waarin de coalitie gevormd wordt. Om dit te vermijden wordt voor elke partner het gemiddelde van al de mogelijke marginale kosten genomen. Deze gemiddelde marginale kost is dan gelijk aan de gealloceerde kost (Ramaekers et al., 2014).

We gebruiken een klein voorbeeld om dit te illustreren. In Tabel 1 staan fictieve kosten voor de verschillende mogelijke coalities tussen drie partners, die ter vereenvoudiging A, B en C genoemd worden.

Tabel 1: Transportkosten coalities

Transportkost	
A	100
B	150
C	200
AB	220
AC	270
BC	320
ABC	420

De coalitie die bestaat uit alle partners kan gevormd worden in verschillende volgordes. Afhankelijk van deze volgorde zal ook de marginale kost verschillen. Daarom wordt het gemiddelde van al de mogelijke marginale kosten als de gealloceerde kost genomen. Dit wordt geïllustreerd in Tabel 2.

Tabel 2: Shapley value

Marginale kost	A	B	C
ABC	100	120	200
ACB	100	150	170
BAC	70	150	200
BCA	100	150	170
CAB	70	150	200
CBA	100	120	200
Gemiddelde marginale kost	90	140	190

Neem ter illustratie volgorde BAC. B is eerst alleen en de marginale kost is daarom gelijk aan de stand-alone kost van B: 150. Vervolgens komt speler A erbij. De kost van coalitie AB is gelijk aan 220. Er is een marginale kost van $220 - 150 = 70$. Deze kost wordt gealloceerd aan A. Vervolgens betreft ook speler C de coalitie. De kost van coalitie ABC is 420. De marginale kost is als dusdanig

gelijk aan $420 - 220 = 200$. Deze kost wordt gealloceerd aan speler C. Dit wordt vervolgens voor alle mogelijke volgordes van de totstandkoming van coalitie ABC gedaan. Vervolgens wordt per partner een gemiddelde van al deze marginale kosten genomen en dit gemiddelde vormt dan de gealloceerde kost. Voor elke speler geldt dat de gealloceerde kost lager is dan de stand-alone kost.

De Shapley methode heeft voor- en nadelen. Volgens Liu et al. (2010) en Frisk et al. (2010) voldoet de Shapley methode aan de volgende fairness criteria: dummy, symmetrie en additiviteit. Krajewska et al. (2008) beschrijven bovendien drie redenen waarom de Shapley methode veel voorkomt in de literatuur: de methode biedt een unieke oplossing, is eenvoudig te implementeren en wordt als "fair" beschouwd. Frisk et al. (2010) spreken echter ook van een belangrijk nadeel: er is niet altijd sprake van een stabiele oplossing, waardoor het fairness criteria *individuele rationaliteit* niet voldaan is.

2.2.2.2 Proportionele kostenverdeling

Frisk et al. (2010), Krajewska en Kopfer (2006), Liu et al. (2010) en Özener (2008) bespreken de meest eenvoudige methode, namelijk de proportionele kostenverdeling. Deze hoort tot de categorie van de proportionele methoden. Bij de proportionele methode worden de kostenvoordelen verdeeld aan de hand van bepaalde maatstaven zoals het volume of gewogen kostenmaatstaf (Frisk et al., 2010; Liu et al., 2010; Özener, 2008), het aantal deelnemers (Krajewska & Kopfer., 2006), het aantal klanten of afgelegde kilometers (Crujssen et al., 2007b).

Hoewel deze methode eenvoudig is in gebruik, heeft ze ook een aantal nadelen. Frisk et al. (2010) en Krajewska en Kopfer (2006) stellen dat het resultaat als unfair wordt ervaren, zeker als de verdeling gebeurt op basis van het aantal deelnemers en er een groot verschil is tussen de vervoerde hoeveelheid. Liu et al. (2010) argumenteren dat vanuit het standpunt van coöperatieve game theorie een deelnemer waarschijnlijk meer zal betalen dan wanneer hij alleen handelt. Özener (2008) voert aan dat de proportionele methode een subgroep meer kosten kan toerekenen dan de individuele kost van de subgroep. Een reden hiervoor is dat geen rekening wordt gehouden met synergie van de transportnaden van de transporteurs.

2.2.2.3 Decompositie methode

Ramaekers et al. (2014) beschrijven nog een andere methode, namelijk de decompositie methode. De methode gebruikt elementen van de proportionele methode, met het verschil dat het traject van het hoofdtransport nu opgesplitst wordt in verschillende stukken, naar gelang de partners die samenwerken op de verschillende deelstukken. Neem bijvoorbeeld 4 schippers: A, B, C en D. Veronderstel voorts dat A de langste afstand heeft, B de tweede enz. A en B kunnen dus een eerste stuk samenwerken, in een volgende stuk komt C nog aan bod en tot slot komt ook nog D erbij. Er zijn dus drie verschillende stukken waar kostenbesparingen zijn. Afhankelijk van welke partners in het stuk aan het samenwerken zijn, worden de kosten proportioneel verdeeld: hetzij volgens volume, hetzij volgens het aantal partners.

2.3 ADA-model

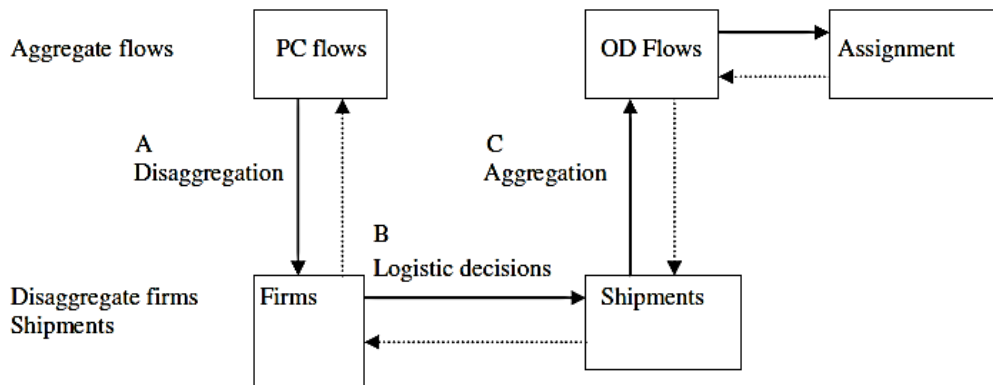
2.3.1 Inleiding

De case studie uit het praktijkgedeelte (zie hoofdstuk 3) wordt uitgevoerd binnen het kader van het Aggregated-Disaggregated-Aggregated (ADA) model. De goederenstromen gebruikt in de berekeningen werden berekend op basis van dit model. Het model is bedoeld voor vrachtvervoer en kan voor verschillende doeleinden gebruikt worden: de vraag naar transport voorspellen, het effect van transportbeleid testen en de impact op het verkeer voorspellen (Ben-Akiva & de Jong, 2008).

Er zijn twee soorten modellen: geaggregeerde en gedisaggregeerde modellen. **Geaggregeerde modellen** maken gebruik van data die niet herleidbaar zijn tot het niveau van individuen. Hier wordt gebruik gemaakt van data op het niveau van groepen. Een voorbeeld van het niveau van groepen zijn geografische zones (Ben-Akiva & de Jong, 2008). Volgens Maurer (2008) is de assumptie die gemaakt wordt in deze modellen dat bedrijven een homogeen gedrag vertonen op het vlak van kostenminimalisatie. **Gedisaggregeerde modellen** maken gebruik van gegevens op het niveau van individuele eenheden. Bij goederenmodellen kan dit bijvoorbeeld het niveau van een lading zijn. Gedisaggregeerde modellen hebben verschillende voordelen tegen over geaggregeerde modellen: ze bevatten gedetailleerdere beleidsrelevante variabelen en bevatten geen vertekening door aggregatie (Ben-Akiva & de Jong, 2008). Maurer (2008) stelt dat door middel van gedisaggregeerde data individuele eigenschappen van grondstoffen, markten, verladers of transportdiensten in het model kunnen worden opgenomen. Het is echter niet altijd mogelijk om gebruik te maken van gedisaggregeerde data, eenvoudigweg omdat slechts een klein aantal landen data heeft op dit niveau (de Jong, Gunn, Walker, 2004). Toch wordt het gebruik van gedisaggregeerde modellen door een aantal auteurs aangemoedigd. Volgens Friedrich (2010) hebben geaggregeerde modellen moeilijkheden met het behandelen van de heterogeniteit van de economische actoren. De Jong et al. (2004) argumenteren dat transportactiviteiten meer en meer plaatsvinden in een bredere context van logistieke beslissingen zoals bijvoorbeeld voorraadpolitiek en consolidatie van goederenstromen. Deze overwegingen kunnen het beste in een gedisaggregeerd model worden opgenomen.

2.3.2 Het ADA-model

Het ADA-model bevat twee niveaus: het geaggregeerde en het gedisaggregeerde niveau. Eerst wordt een aggregatiemodel gebruikt voor de bepaling van de Productie-Consumptie (PC) stromen. Daarna volgt, op het gedisaggregeerde niveau, een logistiek model dat gebruikt wordt om de verzendingsgrootte en de transportketen te bepalen. Tot slot vindt op het geaggregeerde niveau de toewijzing aan het netwerk plaats. Figuur 2 visualiseert het ADA-model. In het bovenste gedeelte worden de geaggregeerde modellen weergegeven, in het onderste gedeelte staan de gedisaggregeerde modellen. De lege transporten die terug gaan naar hun oorsprong worden hier weergegeven door de stippenlijnen (Ben-Akiva & de Jong, 2008).



Figuur 2: Het ADA-model (Ben-Akiva & de Jong, 2008)

In de volgende paragrafen wordt dieper ingegaan op de drie stappen van het ADA-model.

2.3.2.1 Bepaling PC-stromen

De eerste stap in het ADA-model is het bepalen van de geaggregeerde goederenstromen tussen productie (P) en consumptie (C) zones. Deze goederenstromen bevatten zowel goederen bestemd voor finale consumptie, alsook goederen die nog verder verwerkt moeten worden. De PC-stromen worden uitgedrukt in ton per goederensoort. De data over deze stromen zijn gebaseerd op economische statistieken die enkel beschikbaar zijn op het geaggregeerde niveau (Ben-Akiva & de Jong, 2008).

2.3.2.2 Logistiek model

Ben-Akiva en de Jong (2008) stellen dat aangezien de toewijzing van PC-stromen aan netwerken niet correct is, het logistieke model deze PC-stromen gebruikt als input en oorsprong-bestemming (OD) stromen levert die dienen voor de netwerktoewijzing. De netwerktoewijzing wordt verder uitgewerkt in sectie 2.3.2.3.

Het logistieke model op het gedissaggregeerde niveau bevat drie stappen die ook terug te vinden zijn in figuur 2 en aangeduid zijn door de letters A, B en C (Ben-Akiva & de Jong, 2008):

- A. Disaggregatie naar het bedrijfsniveau om de goederenstromen te alloceren aan de individuele bedrijven in de productie- en consumptiezones.
- B. Modellen voor logistieke beslissingen door de bedrijven.
- C. Aggregatie van de informatie per verzending naar OD-stromen voor de netwerktoewijzing.

A. Disaggregatie naar bedrijfsniveau

Stap A in het logistieke proces is het omzetten van goederenstromen tussen zones naar goederenstromen tussen bedrijven. Deze stap moet genomen worden opdat logistieke keuzes gemaakt kunnen worden op het niveau van de beslissingsnemers zelf. Dit is een voorbereidende stap op de rest van het logistieke proces.

B. Logistieke beslissingen op gedisaggregeerde niveau

Eens de goederenstromen tussen bedrijven bepaald zijn in de gedisaggregeerde stap, worden in deze stap de logistieke beslissingen genomen op het bedrijfsniveau. Bij logistieke beslissingen wordt gedacht aan verzendingsgrootte, ladingseenheden, gebruik van consolidatie en distributiecentra en de keuze van vervoersmodi en ladingseenheden. Op grond van de logistieke beslissingen kunnen transportketens gevormd worden. Vervolgens worden de verschillende mogelijkheden van transportketens opgelijst. De keuze wordt dan genomen op basis van de minimalisatie van de totale logistieke kosten (TLC). Deze worden besproken in sectie 2.4.

C. Aggregatie van de informatie per verzending naar OD-stromen voor de netwerktoewijzing

In deze stap worden de verzendingen geaggregeerd zodat OD-stromen bereikt worden die uitgedrukt zijn in voertuigen (en niet in ton, zoals de PC-stromen). Hierbij wordt bijvoorbeeld gedacht aan het optellen van alle stromen tussen Gent en Antwerpen.

2.3.2.3 Toewijzing

In de laatste stap van het ADA-model worden de OD-stromen tussen zones toegewezen aan het netwerk voor de verschillende modi en wordt gekeken of het netwerk het aankan.

2.4 Totale logistieke kost

2.4.1 Inleiding

De logistieke kosten die in de case studie in hoofdstuk 3 gebruikt worden, zijn berekend op basis van het concept van *Totale Logistieke Kost*, vanaf hier aangeduid met TLC. De berekende kosten aan de hand van het TLC-concept worden gebruikt in het ADA-model (sectie 2.3) en in de kostenallocatiemethodes (sectie 2.2).

McGinnis (1989) stelt dat vier categorieën van logistieke beslissingsmodellen bestaan: het *klassieke economische model*, het *voorraad-theoretisch model*, het *trade-off model* en het *optimalisatie-met-beperkingen-model*. TLC behoort tot de tweede categorie: het voorraad-theoretisch model. Het standpunt van TLC is dat naast de transportkosten, ook rekening gehouden moet worden met alle andere kosten in de supply chain die beïnvloed worden door de keuze voor een bepaalde transportmodus. Deze laatste groep kosten worden *niet-transportkosten* genoemd. Voorbeelden zijn onder andere: de kosten van het verpakken en de voorraadkosten (Vernimmen & Witlox, 2003).

2.4.2 Het model

Baumol en Vinod (1970) formuleren TLC als volgt:

$$TLC = r.T + \frac{a}{s} + u.t.T + \frac{w.s.T}{2} + w.K\sqrt{(s+t).T} \quad (1)$$

Met:

- r = transportkost per eenheid
- T = totale hoeveelheid getransporteerd per jaar (uitgedrukt in eenheden)
- a = kost van bestellen en verwerken per verzending
- s = gemiddelde tijd tussen twee verzendingen (in jaren)
- u = in-transit voorraad kost per eenheid per jaar
- t = gemiddelde tijd om een verzending te voltooien (uitgedrukt in jaren)
- w = voorraadkost in magazijn per eenheid per jaar (kan verschillen van u)
- K = een constante die afhangt van de kans dat geen voorraadtekorten zich voordoen gedurende de lead-time (de tijd tussen het plaatsen van de bestelling en de levering ervan)

Vergelijking (1) kan opgesplitst worden in vijf termen. De eerste term staat voor de jaarlijkse **transportkost**. De overige vier termen vormen samen de **voorraadkosten** en zijn respectievelijk: de bestelkost, de jaarlijkse kost van in-transitvoorraad, de jaarlijkse cyclusvoorraad en de veiligheidsvoorraadkost.

2.4.2.1 Transportkosten

De transportkosten zijn de logistieke kosten die het meeste beïnvloed worden door de keuze voor een bepaalde transportmodus (Blauwens, De Baere & Van de Voorde, 2012). Baumol en Vinod (1970) berekenen deze kosten door de verzendingskost r te vermenigvuldigen met het totaal aantal getransporteerde eenheden per jaar. Bij de transportkosten wordt een constante verzendingskost r per eenheid verondersteld. Dit wil zeggen dat deze kost niet afhangt van het volume of de afstand. In werkelijkheid zijn echter schaalvoordelen mogelijk: de transportkost daalt als de verzendingsgrootte stijgt. Om deze tegenstrijdigheid tegen te gaan heeft Langley (1980) het model van Baumol en Vinod aangepast door de verzendingskost te relateren aan de verzendingsgrootte Q . De relatie kan proportioneel, exponentieel, invers of discreet zijn. De verzendingskost r hangt af van de gebruikte transportmodus en in het algemeen kan gesteld worden dat deze lager ligt voor modi die trager zijn, maar wel een hogere capaciteit hebben.

2.4.2.2 Voorraadkosten

De voorraadkosten bevatten vier elementen: (1) bestelkosten, (2) kosten van in-transitvoorraad, (3) cyclusvoorraadkosten en (4) kosten van veiligheidsvoorraad. Deze worden nu verder in detail besproken.

Bestelkosten

Aangezien s de gemiddelde tijd tussen twee verzendingen in jaren is, staat $1/s$ voor het aantal bestellingen dat elk jaar geplaatst wordt. Dit aantal moet vermenigvuldigd worden met de overeenkomende kost van bestelling en verwerking a om tot de totale jaarlijkse bestelkost te komen.

Er zijn twee manieren om het aantal bestellingen (en dus de bestelkost) te verlagen: door de grootte van de bestelling te vergroten of door consolidatie van verschillende orders. Hier moet wel een kanttekening bij gemaakt worden: de grootte van de bestelkost heeft geen grote impact op de totale

kosten, maar de keuze voor consolidatie of niet heeft wel een impact op de transportkosten en andere voorraadkosten.

Kost van in-transitvoorraad

Baumol en Vinod (1970) en Blauwens et al. (2012) argumenteren dat goederen die vervoerd worden (in-transit) beschouwd kunnen worden als voorraad, ondanks het feit dat ze niet gebruikt kunnen worden. Voor de berekening van de in-transitvoorraadkosten wordt de tijd t (in jaren) die nodig is voor het voltooiën van de verzending vermenigvuldigd met de in-transitvoorraadkost per eenheid u en met het aantal verzendingen per jaar T .

Deze kostencategorie moedigt snellere vormen van transport aan zoals weg- of luchttransport. Deze transportmodi hebben dan wel weer hoge transportkosten.

Cyclusvoorraadkosten

Blauwens et al. (2012) noemen de voorraad die een bedrijf aanhoudt om te voldoen aan haar noden in een bepaalde periode de cyclusvoorraad. De evolutie van de voorraad volgt een cyclus: de aangeschafte goederen komen bovenop de voorraad die al aanwezig was en de voorraad daalt vervolgens door het gebruik van de goederen, daarna volgt een stijging in de voorraad door de levering van nieuwe goederen. In vergelijking (1) wordt door Baumol en Vinod (1970) de veronderstelling gemaakt dat de gemiddelde cyclusvoorraad op de bestemming gelijk is aan de helft van de verzendingsgrootte: elke keer worden $s.T$ eenheden geleverd en deze worden geleidelijk aan opgebruikt tot de volgende verzending arriveert. Om tot de jaarlijkse cyclusvoorraadkost te komen wordt de gemiddelde voorraad $(s.T)/2$ vermenigvuldigd met de voorraadkost van het magazijn w .

Deze voorraadkost moedigt transportmodi aan met een kleine capaciteit, omdat dan sneller nieuwe leveringen nodig zijn. Dit verlaagt de gemiddelde tijd tussen twee verzendingen s en verlaagt zo de cyclusvoorraadkost.

Kosten van veiligheidsvoorraad

Veiligheidsvoorraad wordt door Blauwens et al. (2012) gedefinieerd als de voorraad die bovenop de cyclusvoorraad aangehouden wordt door de onzekerheid in ofwel de vraag van de klanten of de tijd tussen het bestellen en de werkelijke levering van de benodigde goederen. Het idee erachter is het aanhouden van reserves, zodat de kans op uitputting van de voorraad verkleind wordt.

In vergelijking (1) gaan Baumol en Vinod (1970) uit van een Poissonverdeling voor de variabelen s en t . De veiligheidsvoorraad is dan gelijk aan:

$$K \cdot \sqrt{(s + t) \cdot T}$$

Twee belangrijke parameters in de bepaling van de veiligheidsvoorraad zijn de gemiddelde tijd om een verzending te voltooiën t en de gemiddelde tijd tussen twee verzendingen s . Als deze parameters groter worden zal, *ceteris paribus*, de veiligheidsvoorraad stijgen. Deze veiligheidsvoorraad moet nog vermenigvuldigd worden met de voorraadkost per eenheid in het magazijn w .

2.4.2.3 Trade-off tussen transport- en voorraadkosten

Vernimmen en Witlox (2003) stellen dat een trade-off bestaat tussen de transportkosten en de voorraadkosten: als je de transportkosten wilt minimaliseren door in grote hoeveelheden te verschepen met een trage transportmodus, moet rekening gehouden worden met het feit dat dit zal leiden tot een stijging in de kost van in-transitvoorraad en de voorraadkost op bestemming. De spelers in de supply chain moeten dus een afweging maken tussen de opgelopen kosten om zo tot een beslissing te komen over de te gebruiken vervoersmodus/-modi.

3 Praktijkgedeelte: inleiding

3.1 Doel

In de inleiding (hoofdstuk 1) werd het belang van intermodaal transport besproken: zowel op het vlak van kosten als op het vlak van milieu biedt intermodaal transport mogelijkheden. Bovendien zorgt een verschuiving van wegtransport naar intermodaal transport voor een daling in de congestie die een steeds groter probleem vormt in het wegtransport. Konings et al. (2006) stellen dat horizontale samenwerking via bundeling van ladingen bij het hoofdtransport schaalvoordelen kan opleveren waardoor intermodaal transport aan concurrentiekracht kan winnen ten opzichte van het unimodaal wegtransport. Bovendien stellen Caris et al. (2014) dat horizontale samenwerking zorgt voor een verhoging van de efficiëntie en zo de concurrentiekracht van intermodaal transport verder versterkt kan worden. Enkele auteurs, zoals Cruijssen et al. (2007c), Wang en Kopfer (2011), Audy en D'Amours (2008), argumenteren echter dat de bepaling en de verdeling van de kostenbesparingen door horizontale samenwerking binnen intermodaal transport belangrijke hindernissen kunnen vormen voor horizontale samenwerking. Een goede kostenallocatiemethode is dus een essentiële voorwaarde om de concurrentiepositie van intermodaal transport te verhogen via horizontale samenwerking.

De opzet van de case wordt uitgelegd in sectie 3.2. Het doel van dit praktijkgedeelte is enerzijds te kijken hoe binnen het kader van de case de TLC van intermodaal verschilt met die van unimodaal wegtransport. Voor de vergelijking van de TLC tussen unimodaal wegtransport en intermodaal transport wordt voor enkele bestaande trajecten een vergelijking gemaakt tussen het wegtransport en intermodaal transport met en zonder consolidatie. Een tweede en derde analyse bestaat uit een sensitiviteitsanalyse van de TLC van intermodaal transport door een aanpassing van de gemiddelde verzendingsgrootte en het aantal partners in de samenwerking. Naast de sensitiviteitsanalyse, wordt ook gekeken naar de verschillende kostenallocatiemethodes die besproken werden in sectie 2.2. Het doel van deze analyse is om te kijken welke partners voordeel hebben bij een bepaalde kostenallocatiemethode en daarnaast kijken of een meer geavanceerde methode andere resultaten oplevert dan de eenvoudigere methodes. Tot slot wordt ook nog gekeken wat de impact is van de specifieke kenmerken van intermodaal transport: afhankelijk van de grootte van de coalitie en de gemiddelde verzendingsgrootte zal de coalitie kiezen voor een bepaald type schip met bijhorende kost per kilometer.

3.2 Opzet

De case study wordt uitgevoerd binnen het kader van het ADA-model van Ben-Akiva en de Jong (2008) dat besproken werd in sectie 2.3. Hoewel het model oorspronkelijk voor Nederland bedoeld was, kunnen de concepten ook toegepast worden in Vlaanderen (Maes, Ramaekers, Caris, Janssens & Bellemans, 2011). In het vrachtvervoermodel voor Vlaanderen worden de 308 gemeentes gebruikt als zones. Vervolgens wordt bij de start van het ADA-model informatie vergaard over de Productie-Consumptie (PC)-stromen tussen de verschillende zones. Daarna worden in een eerste stap deze PC-stromen gedisaggregeerd tot stromen tussen bedrijven. Eens deze stromen tussen bedrijven zijn bepaald, worden transportketens gebouwd. Een gemiddelde verzendingsgrootte wordt gebruikt om

de transportketens te bouwen. Vervolgens wordt de TLC (sectie 2.4) berekend voor elke transportketen voor elke stroom tussen bedrijven. Op basis van de TLC worden verschillende optimale transferpunten bepaald. Bij het gebruik van het ADA-model, wordt binnen het concept van TLC een aanpassing gemaakt ten opzichte van het concept van Baumol en Vinod (1970): de kosten van veiligheidsvoorraad worden niet gebruikt. Wel wordt een kapitaalkost van voorraad gebruikt. Deze kapitaalkost van voorraad is de kost die ontstaat omdat voorraad geld kost. Dit kapitaal kan niet meer geïnvesteerd worden en dus moet hier rekening mee gehouden worden. Deze kosten worden als volgt berekend:

$$\frac{\text{Gemiddelde verzendingsgrootte}}{2} * \text{verdisconteringsvoet} * \text{waarde van goederen}$$

Hieruit blijkt dat hoe groter de verzendingsgrootte, hoe hoger de kapitaalkost van voorraad.

3.3 Case study

In een eerste sectie wordt de data besproken die gebruikt worden voor de case studie. Daarna worden de verschillende scenario's besproken die geanalyseerd worden in hoofdstuk 4.

3.3.1 Data

De data die gebruikt worden in dit onderzoek staan in Tabel 3. De gemiddelde verzendingsgrootte bedraagt 68,4 ton.

Tabel 3: Data case study

Parameter	Waarde
Bestelkost per verzending	55€/bestelling
Gemiddelde verzendingsgrootte	68,4 ton
Kosten van opslag	0,2€/ton
Transportkost weg groot	1€/km
Transportkost binnenvaart	6€/km
Transportkost binnenvaart type 2	9€/km
Capaciteit weg groot	27 ton
Capaciteit binnenvaart	1000 ton
Capaciteit binnenvaart type 2	2000 ton
Kost laden/lossen weg groot	2€/ton
Kost laden/lossen binnenvaart	0,4€/ton
Bezettingsgraad boot	0%
Waarde goederen	672€/ton
Disconteringsvoet	0,04€/jaar
Tijd laden/lossen	5 min

De bestelkost die per geplaatste bestelling wordt aangerekend bedraagt €55. Op basis van een jaarlijkse vraag van 664 ton, wordt een gemiddelde verzendingsgrootte van 68,4 ton bekomen. Als naar de verschillende kostencomponenten gekeken wordt, worden de kosten van opslag vastgelegd op €0,2 per ton. De transportkosten voor respectievelijk het wegtransport, binnenvaarschip type 1 en 2 bedragen €1, €6 en €9, elk per afgelegde kilometer. De bijhorende capaciteiten van zijn 27 ton, 1000 ton en 2000 ton respectievelijk. De kost die gepaard gaat met het laden en lossen van een

vrachtwagen bedraagt €2 per ton, terwijl bij het laden en lossen van een binnenvaartschip (onafhankelijk van het type) een kost van €0,4 per ton geldt. De tijd die nodig is voor het laden en lossen bedraagt telkens vijf minuten. De bezettingsgraad van het binnenvaartschip bedraagt 0%. Dit wil zeggen dat buiten de coalitie, geen andere verschepers zijn die gebruik maken van het binnenvaartschip. De kosten voor het binnenvaartschip kunnen dus niet met verschepers buiten de coalitie gedeeld worden. De waarde van de goederen is €672 per ton, terwijl de disconteringsvoet bedraagt €0,04 per jaar.

3.3.2 Scenario's

In deze studie worden vier situaties onderzocht die uitgelegd worden in de volgende secties. Binnen deze situaties wordt telkens gekeken naar coalities die bestaan uit drie, vier of vijf partners. Deze verschillende groottes van de coalitie worden gebruikt met het oog op sensitiviteitsanalyses. Het onderzoeken van zes partners is ongebruikelijk in de literatuur en wordt hier niet uitgevoerd. Uit het onderzoek van Maes et al. (2011) kwam uit het ADA-model een gemiddelde vraag van 664 ton naar voren, wat bij het gemiddeld verzenden van ongeveer een keer per maand resulteert in een gemiddelde verzendingsgrootte van 68,4 ton. Voor de sensitiviteitsanalyse wordt gekeken naar het effect van een verdubbeling en verviervoudiging van deze gemiddelde verzendingsgrootte.

Een van kenmerken van intermodaal transport is dat een trapsgewijze kostenfunctie bestaat voor het uitbreiden van de coalitie. Dit komt doordat de mogelijkheid bestaat dat een extra speler niet opgenomen kan worden in de coalitie omwille van de beperkte capaciteit van het binnenvaartschip. Om de speler toch toe te kunnen voegen aan de coalitie is dan een groter binnenvaartschip nodig dat bovendien een grotere variabele kost heeft: €9 in plaats van €6. Door het gebruik van een groter binnenvaartschip, zal de bezettingsgraad hier lager komen te liggen dan voorheen met minder partners en een kleiner binnenvaartschip. Hierdoor komen de kosten hoger te liggen. Echter kunnen nadien nog extra partners toegevoegd worden zodat de bezettingsgraad terug stijgt.

3.3.2.1 Hoofdtransport gelijk, aantal ladingen gelijk

In dit scenario hebben alle partners hetzelfde traject voor het hoofdtransport: de beginterminal is Gent en de eindterminal is Deurne. Bovendien vervoeren de partners allemaal eenzelfde aantal ladingen, in het geval van een gemiddelde verzendingsgrootte van 68,4 ton bedraagt het aantal ladingen veertien. Aangezien alle partners hetzelfde traject van de binnenvaart afleggen en het aantal ladingen van elke gelijk is, kunnen alle ladingen van de partners gebundeld worden over het traject van de binnenvaart.

3.3.2.2 Hoofdtransport gelijk, aantal ladingen ongelijk

In deze situatie is het traject van het hoofdtransport nog steeds gelijk, maar is het aantal ladingen van de partners verschillend. Het gevolg is dat niet alle ladingen gebundeld kunnen worden. In Tabel 4 staat het aantal ladingen dat elke partner vervoert bij een gemiddelde verzendingsgrootte van 68,4 ton.

Tabel 4: Hoofdtransport gelijk, aantal ladingen ongelijk: ladingen (68,4 ton)

Link	Aantal ladingen
Gent-Antwerpen	23
Brugge-Antwerpen	14
Aalst-Antwerpen	7
Gent-Antwerpen	6
Brugge-Antwerpen	5

In deze situatie kunnen dus vijf ladingen gebundeld worden door alle vijf de partners. Daarna kan nog één lading gebundeld worden door vier partners: de twee partners met traject Gent-Antwerpen en de partners met traject Brugge-Antwerpen (en veertien ladingen) en Aalst-Antwerpen. Dan kan nog eens één lading gebundeld worden door drie partners: de partners met traject Gent-Antwerpen, Brugge-Antwerpen en Aalst-Antwerpen. Verder kunnen nog zeven extra ladingen gebundeld worden door de partners met traject Gent-Antwerpen en Brugge-Antwerpen. De partner met traject Gent-Antwerpen tot slot, vervoert nog negen ladingen die niet gebundeld kunnen worden.

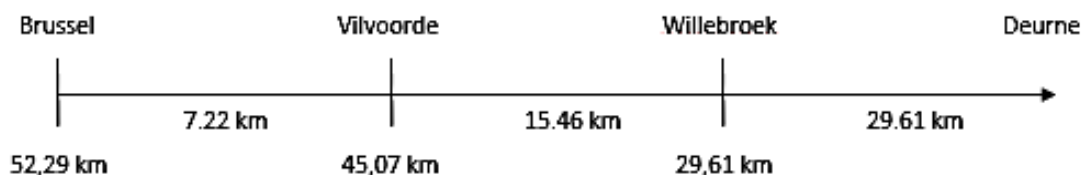
3.3.2.3 Eindterminal ongelijk, aantal ladingen gelijk

In dit scenario verschilt het traject dat de partners afleggen gedurende het hoofdtransport (de binnenvaart), maar vervoeren de verschillende partners wel evenveel ladingen. Hierdoor kunnen de ladingen die de partners vervoeren niet gedurende het hele traject gebundeld worden. In de case study wordt naar drie mogelijke trajecten gekeken voor de binnenvaart indien de eindterminal gelijk is, zie Tabel 5.

Tabel 5: Eindterminal ongelijk, aantal ladingen gelijk, afstand binnenvaart

Link	Afstand binnenvaart (in km)
Zaventem-Antwerpen	45,07
Mechelen-Antwerpen	29,61
Aalst-Antwerpen	52,29

Het binnenvaarttraject dat afgelegd wordt is Brussel-Vilvoorde-Willebroek-Deurne. De goederen afkomstig uit Aalst hebben beginterminal Brussel, terwijl deze bij de goederen uit Zaventem Vilvoorde is en bij Mechelen is deze Willebroek. Allen hebben vervolgens eindterminal Deurne. Vanaf hier vertrekken de goederen per vrachtwagen naar de eindbestemming in Antwerpen. Dit is te zien in Figuur 3.



Figuur 3: Traject binnenvaart: hoofdtransport ongelijk

Om te bepalen hoeveel ladingen gebundeld kunnen worden door de verschillende partners, moet gekeken worden naar alle deeltrajecten. In het geval van drie partners, kunnen op het eerste deeltraject van 29,61 km alle ladingen van de partners gebundeld worden. Daarna kunnen op het volgende deeltraject dat 15,46 km (45,07 km – 29,61 km) lang is, nog de ladingen van twee partners

gebundeld worden. Tot slot blijven de ladingen van de link Aalst-Antwerpen nog over die over een afstand van 7,22 km niet gebundeld kunnen worden.

3.3.2.4 Eindterminal gelijk, aantal ladingen ongelijk

Hier is de eindterminal gelijk, maar is het aantal ladingen dat de verschillende partners vervoeren ongelijk. Om te weten hoeveel ladingen gebundeld kunnen worden, moet het traject opgesplitst worden in verschillende deeltrajecten. Per deeltraject wordt vervolgens gekeken hoeveel ladingen elke partner transporteert om te bepalen hoeveel ladingen geconsolideerd kunnen worden. In Tabel 6 worden de afstand en het aantal ladingen weergegeven indien vijf partners opgenomen worden.

Tabel 6: Eindterminal en aantal ladingen ongelijk: afstand binnenvaart, aantal ladingen

Link	Afstand binnenvaart (in km)	Aantal ladingen
Zaventem-Antwerpen	45,07	3
Mechelen-Antwerpen	29,61	17
Aalst-Antwerpen	52,29	7
Zaventem-Antwerpen	45,07	9
Mechelen-Antwerpen	29,51	6

Op het eerste deeltraject van 29,61 km kunnen drie ladingen gebundeld worden door vijf partners, nog eens drie ladingen door vier partners, één lading door drie partners, twee ladingen door twee partners en tot slot kunnen acht ladingen niet gebundeld worden. In het volgende deeltraject van 15,46 km zijn nog drie partners beschikbaar voor het bundelen van ladingen. Drie ladingen kunnen gebundeld worden door drie partners, vier ladingen door twee partners en daarna worden nog twee ladingen vervoerd die niet gebundeld worden. Op het laatste deeltraject van 7,22 km is nog maar een speler die zeven ladingen vervoert, dus op dit traject is geen sprake van bundeling.

4 Praktijkgedeelte: analyses

In dit hoofdstuk worden de analyses uitgevoerd op de data uit de case. In de eerste sectie wordt de TLC van unimodaal wegtransport vergeleken met de TLC van intermodaal transport. In de tweede en derde sectie worden sensitiviteitsanalyses uitgevoerd naar respectievelijk de gemiddelde verzendingsgrootte en het aantal spelers. Tot slot wordt in de vierde sectie onderzoek gedaan naar de kostenallocatiemethodes binnen intermodaal transport. In deze sectie wordt ook gekeken hoe het gebruik van een tweede type binnenvaartschip de kostenallocatiemethodes beïnvloedt.

4.1 Vergelijking wegtransport en intermodaal transport

Indien een vergelijking wordt gemaakt tussen intermodaal transport en unimodaal wegtransport, blijkt dat gegeven de data uit Tabel 3, intermodaal transport voor alle beschouwde situaties resulteert in een hogere TLC. Tabel 7 vergelijkt de TLC voor unimodaal wegtransport, intermodaal transport zonder en met consolidatie bij een coalitie van vijf partners waarbij zowel het hoofdtransport als het aantal ladingen gelijk zijn en de gemiddelde verzendingsgrootte gelijk is aan 68,4 ton. Voor intermodaal transport waarbij consolidatie plaatsvindt, wordt de TLC gebruikt na herverdeling met de proportionele kostenallocatiemethode.

Tabel 7: Wegtransport versus intermodaal transport (68,4 ton)

Link	TLC wegtransport	TLC Intermodaal transport	TLC Intermodaal transport geconsolideerd
Gent-Antwerpen	€12 789	€22 452	€16 985
Aalst-Antwerpen	€12 323	€23 695	€18 228
Brugge-Antwerpen	€14 205	€24 174	€18 707
Gent-Antwerpen	€12 789	€22 452	€16 985
Brugge-Antwerpen	€14 205	€24 174	€18 707

Uit deze resultaten blijkt dat indien bij intermodaal transport geen sprake is van consolidatie, de TLC beduidend hoger ligt dan bij unimodaal wegtransport. Zo ligt voor het traject Aalst-Antwerpen de TLC 96% hoger bij intermodaal transport. Een mogelijke reden hiervoor is dat de afstand die afgelegd wordt bij unimodaal wegtransport 53,28 km bedraagt en bij intermodaal transport de afstand van het voor- en natransport alleen al 49,34 km bedraagt en daarnaast wordt nog eens 81,35 km afgelegd via de binnenvaart. Ondanks de hoge kostenbesparingen, in totaal €27 334, die gerealiseerd worden door het consolideren van ladingen, blijft intermodaal transport een hogere TLC hebben. Zo ligt de TLC voor geconsolideerd intermodaal transport voor de partner met link Aalst-Antwerpen nog 48% hoger dan de TLC voor het wegtransport.

Een van de mogelijke oorzaken voor de hogere TLC voor intermodaal transport is de beperkte afstand die door de binnenvaart afgelegd wordt in onze case study. Macharis en Verbeke (2001) argumenteren dat de kritische drempelafstand voor intermodaal transport via de binnenvaart voor België vastgesteld is op 95 kilometer. Indien de afstand lager ligt, is er geen voordeel op het vlak van kosten voor intermodaal transport. Dit komt omdat in dat geval het voordeel van de lagere transportkost van de binnenvaart niet voldoende wordt benut om de overslagkosten die gepaard

gaan met intermodaal transport te overbruggen. In de case studie is de grootste afstand die afgelegd wordt door de binnenvaart ongeveer 81 km. Dit ligt onder de kritische drempelafstand aangehaald door Macharis en Verbeke (2001).

Een andere mogelijke oorzaak is de lage bezettingsgraad van het schip. In het geval van een gemiddelde verzendingsgrootte van 68,4 ton bedraagt de bezettingsgraad bij vijf partners slechts 34,20%. Bij een verdubbeling van gemiddelde verzendingsgrootte naar 136,8 ton bedraagt de bezettingsgraad 68,40%. De resultaten staan in Tabel 8.

Tabel 8: Wegtransport versus intermodaal transport (136,8 ton)

Link	TLC wegtransport	TLC Intermodaal transport	TLC Intermodaal transport geconsolideerd
Gent-Antwerpen	€17 923	€24 169	€21 436
Aalst-Antwerpen	€17 458	€25 412	€22 679
Brugge-Antwerpen	€19 339	€25 891	€23 158
Gent-Antwerpen	€17 923	€24 169	€21 436
Brugge-Antwerpen	€19 339	€25 891	€23 158

Uit de resultaten blijkt dat het verschil tussen de TLC van intermodaal transport geconsolideerd en unimodaal wegtransport verkleint: waar het verschil tussen beide bij een gemiddelde verzendingsgrootte van 68,4 ton nog op €23 301 ligt, bedraagt het verschil bij een gemiddelde verzendingsgrootte van 136,8 ton nog €19 884.

4.2 Effect gemiddelde verzendingsgrootte

4.2.1 Inleiding

Het verschil tussen de TLC voor intermodaal transport als gevolg van een verandering in de gemiddelde verzendingsgrootte is in grote mate te verklaren door de transportkost, de cyclusvoorraadkost, de kapitaalkost van voorraad en de bestelkost. De formule van de transportkost bestaat uit de kosten voor het voor-, hoofd- en natransport en een overslagkost:

$$\left[\frac{\text{Afstand voor - en natransport}}{\text{Capaciteit wegtransport}} * \text{Kost} + \frac{\text{Afstand hoofdtransport}}{\text{Gemiddelde verzendingsgrootte} * \text{capaciteit}} * \text{Kost} + \text{Overslagkosten} \right] * \text{Transporthoeveelheid}$$

Hoe groter de gemiddelde verzendingsgrootte, hoe lager de kost voor de binnenvaart. In ons voorbeeld wordt de gemiddelde verzendingsgrootte verdubbeld of verviervoudigd, waardoor deze term respectievelijk twee keer of vier keer kleiner wordt. Het voordeel wordt verder versterkt door de bestelkost: hoe groter de gemiddelde bestelling, hoe lager de bestelkost. Dit blijkt ook uit de formule:

$$\frac{a}{s}$$

Hierbij staat $1/s$ voor het aantal bestellingen dat geplaatst wordt. Hoe groter de verzendingsgrootte, hoe lager het aantal bestellingen voor eenzelfde hoeveelheid en hoe lager de bestelkost.

Het voordeel van de lagere transport- en bestelkost wordt beperkt door de hogere cyclusvoorraadkost. De hogere cyclusvoorraadkost kan afgeleid worden uit de formule:

$$\frac{w \cdot s \cdot T}{2}$$

Met w als de voorraadkost in het magazijn, s de gemiddelde tijd tussen twee verzendingen en T de totale hoeveelheid die per jaar wordt getransporteerd. Ook hier is de gemiddelde verzendingsgraad van belang: hoe hoger de verzendingsgraad, hoe groter de tijd tussen twee verzendingen en hoe hoger de kost van de cyclusvoorraad. Hier wordt deze kost verdubbeld of verviervoudigd door de aanpassing van de gemiddelde verzendingsgrootte.

Naast een hogere cyclusvoorraadkost, is er ook een hogere kapitaalkost van voorraad. Dit kan afgeleid worden uit de formule:

$$\frac{\text{Gemiddelde verzendingsgrootte}}{2} * \text{verdisconteringsvoet} * \text{waarde van goederen}$$

Als de gemiddelde verzendingsgrootte verdubbelt, dan verdubbelt ook de kapitaalkost van de voorraad.

4.2.2 Resultaten

Als gekeken wordt naar de resultaten, kan gesproken worden van een algemeen patroon voor de verschillende situaties, ongeacht het aantal partners en of sprake is van consolidatie of niet. Een hogere gemiddelde verzendingsgrootte leidt tot hogere TLC. Als voorbeeld wordt gekeken naar de situatie met drie partners zonder consolidatie en waarbij het hoofdtransport en het aantal leveringen gelijk is (Tabel 9).

Tabel 9: Hoofdtransport gelijk, ladingen ongelijk, drie partners: effect verzendingsgrootte

	Verzendingsgrootte (in ton)		
	68,4	136,8	273,6
TLC Intermodaal transport	€70 320	€75 473	€107 473

Indien gekeken wordt naar het verschil tussen 68,4 ton en 136,8 ton, blijkt dat de cyclusvoorraadkost per partner verdubbeld van €4 596 naar €9 292. Bij de transportkost, wordt (zoals eerder aangehaald) enkel de benuttingsgraad van het binnenvaartschip beïnvloed en blijft de transportkost van het voor- en natransport onveranderd. De transportkost van het binnenvaartschip per verzending bedraagt bij 68,4 ton €488 en wordt vermenigvuldigd met het aantal ladingen (veertien) en dit resulteert in een kost per partner van €6 883. Bij een gemiddelde verzendingsgrootte van 136,8 ton blijft de transportkost per verzending €488, maar nu wordt deze maar vermenigvuldigd met zeven ladingen en dit resulteert in een kost van €3 416. De bestelkost verandert per partner van €763 naar €381 bij een verandering van de gemiddelde verzendingsgrootte van 68,4 ton naar 136,8 ton. De kapitaalkost tot slot stijgt van €919 per partner bij een gemiddelde verzendingsgrootte van 68,4 ton naar €1839 bij een gemiddelde verzendingsgrootte van 136,8 ton.

Een analoge redenering geldt voor de verandering naar een gemiddelde verzendingsgrootte van 273,6 ton, maar de verschillen zijn nu veel groter. Dit is te verklaren door het feit dat bij de transportkost en bestelkost een reeds gehalveerd bedrag wederom gehalveerd wordt, terwijl de

bedragen van de cyclusvoorraadkost die reeds verdubbeld waren, nogmaals verdubbeld worden. Zodoende zorgt een verdubbeling van de verzendingsgrootte dat de toename van de cyclusvoorraadkost veel meer doorweegt dan de daling in de bestel- en transportkost.

Bij intermodaal transport wordt afhankelijk van het aantal partners en de gemiddelde verzendingsgrootte voor een bepaald type binnenvaartschip gekozen. In de case kiest de coalitie bestaande uit vier (of vijf) partners en een gemiddelde verzendingsgrootte van 273,6 ton voor een tweede type binnenvaartschip met een capaciteit van 2000 ton. Dit binnenvaartschip heeft een kost per kilometer die gelijk is aan €9. De resultaten voor de verschillende verzendingsgroottes voor vijf partners, indien er consolidatie plaatsvindt, zijn terug te vinden in Tabel 10.

Tabel 10: Hoofdtransport gelijk, ladingen ongelijk, vijf partners: effect verzendingsgrootte

	Verzendingsgrootte (in ton)		
	68,4	136,8	273,6
TLC Intermodaal transport	€81 334	€104 294	€161 102

De verhoging in de kosten bij een verandering van 136,8 ton naar 273,6 ton is voor een deel analoog aan de situatie met drie partners (de bestelkost daalt en de kapitaalkost van voorraad en de kost van cyclusvoorraad stijgt), maar de transportkost stijgt. Dit komt door het gebruik van het tweede type binnenvaartschip. Doordat de capaciteit van dit binnenvaartschip dubbel zo hoog ligt, zorgt de verdubbeling van de gemiddelde verzendingsgrootte van 136,8 ton naar 273,6 ton ervoor dat de bezettingsgraden in beide gevallen gelijk zijn, namelijk 68,4%. Echter heeft het tweede type binnenvaartschip een hogere kost per kilometer, waardoor de transportkost stijgt bij een gemiddelde verzendingsgrootte van 273,6 ton: van €47 375 bij 136,8 ton, naar €49 478 bij 273,6 ton.

Uit de resultaten blijkt dat het verhogen van de gemiddelde verzendingsgrootte nadelige gevolgen heeft voor de TLC van de coalitie. De stijging van de cyclusvoorraadkost en van de kapitaalkost van de voorraad wegen meer door dan de daling in de bestel- en transportkost. Indien door de gemiddelde verzendingsgrootte en het aantal partners van de bestaande coalitie, het toevoegen van een extra partner ertoe leidt dat de coalitie kiest voor een ander type binnenvaartschip met een capaciteit van 2000 ton, zal naast de kapitaalkost van voorraad en de kost van cycluskost ook de transportkost stijgen. De bestelkost daalt nog steeds. De TLC zal dus stijgen.

4.3 Effect aantal partners

4.3.1 Inleiding

In deze sectie wordt een analyse gemaakt van het effect van het toevoegen van een extra partner aan de coalitie. Algemeen kan gesteld worden dat indien hetzelfde type binnenvaartschip gebruikt wordt, het toevoegen van extra partners leidt tot een hogere bezettingsgraad, waardoor de transportkost van de binnenvaart (en dus intermodaal transport) daalt. Dit komt omdat een hogere bezettingsgraad ervoor zorgt dat de kosten van het binnenvaartschip door meerdere partners gedeeld kunnen worden. Indien er drie partners zijn, is de gemiddelde beladingsgraad (68,4 ton * 3) / 1000 ton = 20,52%. Als er echter vier of vijf partners zijn, bedraagt deze respectievelijk 27,36% en 34,2%. Zoals eerder aangehaald, wordt bij een gemiddelde verzendingsgrootte van 273,6 ton

door de coalitie gebruik gemaakt van een tweede type binnenvaartschip bij vier en vijf partners. Een overzicht staat in Tabel 11.

Tabel 11: Gemiddelde bezettingsgraad binnenvaartschip

	Verzendingsgrootte		
	68,4 ton	136,8 ton	273,6 ton
Drie partners	20,52%	41,04%	82,08%
Vier partners	27,36%	54,72%	54,72% (1)
Vijf partners	34,20%	68,40%	68,40% (1)

(1) gebruik tweede type binnenvaartschip

4.3.2 Resultaten

Eerst wordt gekeken naar de situatie van drie partners met een gemiddelde verzendingsgrootte van 68,4 ton in de situatie waarbij het traject van het hoofdtransport gelijk is en het aantal ladingen gelijk is. De weergegeven kosten zijn de kosten op basis van de proportionele kostenallocatiemethode. De resultaten zijn terug te vinden in Tabel 12.

Tabel 12: Hoofdtransport gelijk, ladingen gelijk (68,4 ton): effect aantal partners

TLC (met consolidatie)	Drie Partners	Vier Partners	Vijf Partners
Gent-Antwerpen	€17 896	€17 327	€16 985
Aalst-Antwerpen	€19 139	€18 570	€18 228
Brugge-Antwerpen	€19 618	€19 049	€18 707
Gent-Antwerpen	/	€17 327	€16 985
Brugge-Antwerpen	/	/	€18 707

We zien dat de eerste drie partners met link Gent-Antwerpen, Aalst-Antwerpen en Brugge-Antwerpen een lagere TLC hebben door het uitbreiden van de coalitie. De oorzaak ligt in de lagere transportkost als gevolg van de hogere bezettingsgraad van het binnenvaartschip. Elke partner ervaart een kostendaling van €911 als ze de coalitie uitbouwen met twee partners. Ook bij een gemiddelde verzendingsgrootte van 136,8 ton wordt een gelijkaardig patroon waargenomen.

Als voor dezelfde situatie gewerkt wordt met een gemiddelde verzendingsgrootte van 273,6 ton, moet rekening gehouden worden met het feit dat de coalitie zal opteren voor het gebruik van een tweede type binnenvaartschip. Dit schip heeft een grotere capaciteit (2000 ton), maar heeft ook een hogere kost per kilometer: €9 in plaats van €6. De resultaten staan in Tabel 13.

Tabel 13: Hoofdtransport gelijk, ladingen gelijk (273,6 ton): effect aantal partners

TLC (met consolidatie)	Drie Partners	Vier Partners	Vijf Partners
Gent-Antwerpen	€33 487	€33 569	€33 422
Aalst-Antwerpen	€34 790	€34 871	€34 725
Brugge-Antwerpen	€35 291	€35 373	€35 226
Gent-Antwerpen	/	€33 569	€33 422
Brugge-Antwerpen	/	/	€35 226

Nu blijkt dat een overgang van drie naar vier partners geen kostenvoordeel oplevert, terwijl dat bij een gemiddelde verzendingsgrootte van 68,4 en 136,8 ton wel het geval was. De oorzaak ligt in het

gebruik van het andere type schip. Bij drie partners wordt het eerste type binnenvaartschip gebruikt met een capaciteit van 1000 ton en dit resulteert in een bezettingsgraad die gelijk is aan 82,08%. Door een vierde partner toe te voegen aan de coalitie, moet het nieuw type binnenvaartschip gebruikt worden. Omdat dit een grotere capaciteit heeft, daalt de bezettingsgraad naar 54,72%. Dit resulteert in een hogere kost. Bij drie partners bedraagt de kost €2 per kilometer per verzending, terwijl deze bij vier partners op €2,25 komt te liggen. Hierdoor stijgt de kost van de binnenvaart, waardoor de transportkost en TLC stijgt bij het toevoegen van een partner aan een coalitie bestaande uit drie partners. Bij een overgang van vier partners naar vijf partners, is wel sprake van een kostendaling. Dit komt doordat gebruik gemaakt wordt van hetzelfde type binnenvaartschip, waardoor het toevoegen van een extra partner voor een verhoging van de bezettingsgraad van het binnenvaartschip zorgt.

Het effect van het toevoegen van een extra speler levert verschillende resultaten op: bij kleine gemiddelde verzendingsgroottes (68,4 ton en 136,8 ton) zorgt een extra speler voor een hogere bezettingsgraad van het gebruikte binnenvaartschip waardoor de kosten dalen als gevolg van de consolidatie. Bij grotere gemiddelde verzendingsgroottes (273,6 ton) hangt het effect af van hoe groot de bestaande coalitie is: als de grootte van de coalitie reeds geleid heeft tot het gebruik van een groter binnenvaartschip, zal een extra speler leiden tot lagere transportkosten (en dus een lagere TLC), als een extra speler er echter voor zorgt dat het grotere en duurdere binnenvaartschip gebruikt gaat moeten worden, zal dit leiden tot extra kosten.

4.4 Kostenallocatiemethodes

In deze sectie worden de kostenallocatiemethodes die besproken werden in sectie 2.2 voor de vier scenario's met elkaar vergeleken: de proportionele methode, de decompositie methode (beide op basis van het aantal ladingen) en de Shapley value. Het doel van deze analyse is om te bepalen welke partners voordeel hebben bij een bepaalde methode. Dit kunnen de partners gebruiken bij de onderhandelingen van samenwerkingen. Immers haalden Frisk et al. (2010) al aan dat geen enkele methode aan alle fairness criteria voldoet. De analyses worden uitgevoerd voor de vier situaties uit sectie 3.3. Uit de analyses blijkt dat noch het aantal partners, noch de gemiddelde verzendingsgrootte een effect heeft op het patroon van de kostenallocatiemethodes. Daarom wordt voor elk scenario één voorbeeld gegeven.

4.4.1 Hoofdtransport gelijk, aantal ladingen gelijk

Indien het traject van het hoofdtransport en het aantal leveringen gelijk is, kunnen alle ladingen van de partners gebundeld worden. In dit geval wordt de decompositie niet gebruikt. De reden is dat de decompositie een proportionele verdeling maakt per deeltraject van het hoofdtransport. Aangezien het traject van het hoofdtransport voor alle partners gelijk is, bestaan geen deeltrajecten en kan de decompositie methode niet gebruikt worden. In Tabel 14 wordt de situatie met vijf partners en een gemiddelde verzendingsgrootte van 68,4 ton weergegeven. De totale kostenbesparing ten opzichte van de situatie waarin geen sprake is van consolidatie bedraagt €27 334 en wordt bij beide kostenallocatiemethodes gelijkmatig verdeeld over de vijf partners die elk een kostenbesparing realiseren van €5 467.

Tabel 14: Kostenallocatiemethodes, hoofdtransport gelijk, ladingen gelijk (68,4 ton)

Link	Stand-Alone TLC	Proportioneel	Shapley value
Gent-Antwerpen	€22 452	€16 985	€16 985
Aalst-Antwerpen	€23 695	€18 228	€18 228
Brugge-Antwerpen	€24 174	€18 707	€18 707
Gent-Antwerpen	€22 452	€16 985	€16 985
Brugge-Antwerpen	€24 174	€18 707	€18 707

In dit geval, waarin het hoofdtransport en het aantal vervoerde ladingen gelijk is, zal ongeacht het aantal partners en de gemiddelde verzendingsgrootte, de uitkomst van de Shapley value en de proportionele methode gelijk zijn. Aangezien beide methodes tot dezelfde resultaten leiden, kan opgemaakt worden dat in deze situatie eenvoudige methodes (proportionele methode) even goed zijn als moeilijkere kostenallocatiemethodes (zoals Shapley value).

4.4.2 Hoofdtransport gelijk, aantal ladingen ongelijk

In deze situatie is het traject van het hoofdtransport nog steeds gelijk, maar is het aantal ladingen van de partners verschillend. Het gevolg is dat niet alle ladingen gebundeld kunnen worden. Ook hier wordt geen gebruik gemaakt van de decompositie methode, omdat het traject van het hoofdtransport gelijk is. In Tabel 15 worden de resultaten weergegeven in de situatie met vijf partners en een gemiddelde verzendingsgrootte van 68,4 ton.

Tabel 15: Kostenallocatiemethodes, hoofdtransport gelijk, ladingen ongelijk (68,4 ton)

Link	Aantal	Stand-Alone TLC	Proportioneel	Shapley value
Gent-Antwerpen	23	€33 330	€26 798	€28 978
Aalst-Antwerpen	7	€14 573	€12 585	€11 929
Brugge-Antwerpen	14	€24 174	€20 198	€19 821
Gent-Antwerpen	6	€12 718	€11 014	€10 400
Brugge-Antwerpen	5	€12 159	€10 739	€10 206

Hieruit kan afgeleid worden dat de twee beschouwde allocatiemethodes tot verschillende resultaten leiden. Vergeleken met de Shapley value, is de proportionele methode in het voordeel van de grootste speler: bij de proportionele methode draagt de partner met link Gent-Antwerpen met 23 ladingen nog 80,4% van de stand-alone TLC, terwijl bij de Shapley value de partner 86,9% van de stand-alone TLC draagt. De reden dat de proportionele methode in het voordeel is van de grotere speler is omwille van het feit dat deze methode de totale kostenbesparing verdeeld onder de partners op basis van het aantal ladingen dat elke partner vervoert. Hieruit volgt dat hoe meer ladingen een partner vervoert, hoe groter de kostenbesparing is die hij toegewezen krijgt. De Shapley value daarentegen is in het voordeel van de kleinere partners. De partner met link Brugge-Antwerpen met vijf ladingen draagt nog 83,9% van de stand-alone TLC bij de Shapley value, waar dit 88,3% is bij de proportionele methode.

4.4.3 Eindterminal gelijk, aantal ladingen gelijk

In deze situatie is, wat betreft het traject van de binnenvaart, enkel de eindterminal gelijk. Verder is het aantal ladingen voor elke partner gelijk. Om te weten hoeveel ladingen gebundeld kunnen

worden moet zoals eerder vermeld het traject opgesplitst worden in verschillende deeltrajecten, waardoor het niet mogelijk is om alle ladingen te bundelen. De resultaten zijn terug te vinden in Tabel 16.

Tabel 16: Kostenallocatiemethodes, eindterminal gelijk, ladingen gelijk (136,8 ton)

Link	Stand-Alone TLC	Proportioneel	Decompositie	Shapley value
Zaventem-Antwerpen	€17 661	€16 944	€16 846	€16 846
Mechelen-Antwerpen	€17 263	€16 546	€16 695	€16 695
Aalst-Antwerpen	€18 227	€17 510	€17 411	€17 411
Zaventem-Antwerpen	€17 661	€16 944	€16 846	€16 846
Mechelen-Antwerpen	€17 263	€16 546	€16 695	€16 695

Wanneer de resultaten van de drie kostenallocatiemethodes vergeleken worden, blijkt dat de decompositie methode en de Shapley value tot hetzelfde resultaat leiden. Ondanks dat de resultaten van de proportionele methode enerzijds en de decompositie methode en Shapley value anderzijds verschillen, zijn deze verschillen relatief beperkt. Bij de proportionele methode draagt elke partner ongeveer 96% van de stand-alone TLC. Bij de decompositie en de Shapley value dragen de partners die participeren in meer gebundelde delen van het traject lagere kosten. De reden is dat de decompositie rekening houdt met het afgelegde binnenvaarttraject door per deeltraject de kostenbesparingen toe te wijzen op basis van het aantal leveringen. De proportionele methode daarentegen houdt enkel rekening met het aantal leveringen en verdeelt op basis hiervan de kostenbesparingen. Zo dragen de partners van de link Zaventem-Antwerpen (binnenvaarttraject van 45,07 km) 95,4% van de stand-alone TLC, terwijl partners met link Mechelen-Antwerpen (binnenvaarttraject van 29,61 km) 96,7% van de stand-alone TLC dragen. De partner met link Aalst-Antwerpen tot slot, legt een binnenvaarttraject van 52,29 km af en draagt bij deze methodes 95,5% van de stand-alone TLC. De reden waarom de kost hoger ligt dan bij de link Zaventem-Antwerpen is omdat deze partner in zijn eerste deeltraject van 7,22 km geen goederen kan bundelen en hier dus geen kostenvoordeel bereikt kan worden.

4.4.4 Eindterminal gelijk, aantal ladingen ongelijk

In dit geval is de eindterminal van de binnenvaart wel gelijk, maar is het aantal ladingen ongelijk. Om te weten hoeveel ladingen gebundeld kunnen worden, moet het traject van de binnenvaart opgesplitst worden in deeltrajecten en moet vervolgens per deeltraject gekeken worden hoeveel ladingen door de partners gebundeld kunnen worden. Voor deze analyse wordt gekeken naar de situatie met vijf partners. De afstand en het aantal ladingen van elk van de partners is opgenomen in Tabel 17. De resultaten voor vijf partners met een gemiddelde verzendingsgrootte van 68,4 ton staan in Tabel 18.

Tabel 17: Eindterminal gelijk, ladingen gelijk: afstand binnenvaart en aantal ladingen

Link	Afstand binnenvaart (in km)	Aantal ladingen
Zaventem-Antwerpen	45,07	3
Mechelen-Antwerpen	29,61	17
Aalst-Antwerpen	52,29	7
Zaventem-Antwerpen	45,07	9
Mechelen-Antwerpen	29,51	6

Tabel 18: Kostenallocatiemethodes eindterminal gelijk, ladingen ongelijk (68,4 ton)

Link	Stand-Alone TLC	Proportioneel	Decompositie	Shapley
Zaventem-Antwerpen	€8 461	€8 078	€7 997	€7 849
Mechelen-Antwerpen	€20 792	€18 619	€18 994	€19 670
Aalst-Antwerpen	€13 112	€12 218	€12 030	€11 797
Zaventem-Antwerpen	€14 484	€13 333	€13 093	€12 990
Mechelen-Antwerpen	€10 888	€10 121	€10 254	€10 062

Hier leiden de drie verschillende kostenallocatiemethodes tot verschillende resultaten. Wanneer de decompositie methode vergeleken wordt met de proportionele methode, blijkt dat partners die deelnemen in meer gebundelde delen van het binnenvaarttraject grotere kostenbesparingen hebben bij de decompositie methode. De reden is dat de decompositie methode rekening houdt met het afgelegde traject en per deeltraject kostenbesparingen toedeelt per levering. De proportionele methode daarentegen houdt geen rekening met de afstand die afgelegd wordt en kijkt enkel naar het aantal leveringen dat verscheept wordt. De partners met link Zaventem-Antwerpen (45,07 km) en Aalst-Antwerpen (52,29 km) nemen deel in meer gebundelde delen van het binnenvaarttraject en ervaren dus lagere kosten bij de decompositie methode. Zo daalt de TLC van 95,5% naar 94,5% van de stand-alone TLC voor de partner die drie ladingen vervoert over de link Zaventem-Antwerpen. De partner met hetzelfde traject maar met negen ladingen draagt bij de decompositie methode 90,4% van de stand-alone TLC tegenover 92,1% bij de proportionele methode. De partner met zeven ladingen over de link Aalst-Antwerpen gaat van 93,2% naar 91,7%. Partners die aanwezig zijn op minder gebundelde delen van het traject zijn de partners met link Mechelen-Antwerpen (binnenvaarttraject van 29,61 km) met zeventien en zes ladingen. Zij dragen bij de proportionele respectievelijk 89,5% en 93,0% van de stand-alone TLC, terwijl dit bij de decompositie 91,4% en 94,0% is.

Als vervolgens de Shapley value vergeleken wordt met de decompositie methode, blijkt dat de partners die deelnemen in meer gebundelde delen van het binnenvaarttraject nog grotere kostenbesparingen ervaren. Bovendien blijkt ook weer dat de Shapley methode de kleinere partners bevoordeelt. Dit resultaat valt vooral op bij de partner met link Mechelen-Antwerpen en zes ladingen: terwijl bij de decompositie methode de partner nog 94,2% van de stand-alone TLC draagt ten opzichte van 93% bij de proportionele methode, draagt deze speler nog 92,4% bij de Shapley value. Alle partners, behalve de partner met link Mechelen-Antwerpen (de grootste speler met zeventien ladingen), ervaren een lagere kost bij de Shapley value.

4.4.5 Effect tweede type binnenvaartschip

In sectie 4.3 werd aandacht besteed aan het noodzakelijk gebruik van een tweede type binnenvaartschip indien de coalitie van drie partners bij een gemiddelde verzendingsgrootte van 273,6 ton uitbreidde naar een vierde en vijfde partner. In deze sectie wordt het effect van een dergelijke uitbreiding onderzocht op de kostenallocatiemethodes. In Tabel 19 staan de afstand van de binnenvaart en het aantal ladingen voor een gemiddelde verzendingsgrootte van 273,6 ton voor de situatie waarin de eindterminal gelijk en het aantal ladingen gelijk is.

Tabel 19: Eindterminal gelijk, aantal ladingen ongelijk: afstand en aantal ladingen (273,6 ton)

Link	Afstand binnenvaart (in km)	Aantal ladingen
Zaventem-Antwerpen	45,07	1
Mechelen-Antwerpen	29,61	5
Aalst-Antwerpen	52,29	2
Zaventem-Antwerpen	45,07	3
Mechelen-Antwerpen	29,61	2

Vervolgens kan gekeken wordt naar het effect van een verandering van drie partners naar vier partners en daarna van vier naar vijf partners. In Tabel 20 staan de resultaten van de kostenallocatiemethodes voor drie partners.

Tabel 20: Kostenallocatiemethodes eindterminal gelijk, ladingen ongelijk (273,6 ton)

Link	Stand-Alone TLC	Proportioneel	Decompositie	Shapley value
Zaventem-Antwerpen	€25 023	€24 944	€24 925	€24 858
Mechelen-Antwerpen	€36 432	€36 040	€36 098	€36 224
Aalst-Antwerpen	€28 467	€28 310	€28 272	€28 213

De resultaten liggen in lijn met de resultaten uit sectie 4.4.4. De decompositie methode is in vergelijking met de proportionele methode in het voordeel van de partners die deelnemen in meer gebundelde delen van het traject van de binnenvaart. De oorzaak blijft gelijk: de proportionele methode verdeelt de kostenbesparingen op basis van het aantal ladingen zonder rekening te houden met het afgelegde traject. De decompositie methode daarentegen verdeelt de kostenbesparingen per deeltraject aan de partners die deelnemen op dat deeltraject. De Shapley value is vergeleken met de decompositie methode voordeliger voor de kleinere partners.

Zoals aangehaald in sectie 4.3 zal bij een gemiddelde verzendingsgrootte van 273,6 ton, de coalitie bestaande uit vier of vijf partners bij het consolideren van goederen kiezen voor een binnenvaartschip met een hogere capaciteit, namelijk een capaciteit van 2000 ton. Bij een overgang van drie naar vier partners, betekende dit voor de drie partners die reeds deel uit maakten van de coalitie, dat zij een stijging van de kosten ervaarde, indien er consolidatie van goederen plaatsvond. Zo ervaarden ze in de coalitie met drie partners een totale TLC van €89 294, terwijl dezelfde drie partners bij de coalitie bestaande uit vier partners, een totale TLC van €89 398 ervaren. De stand-alone TLC blijft hetzelfde voor de partners, omdat ongeacht de grootte van de coalitie, de partners voldoende capaciteit hebben met een binnenvaartschip met een capaciteit van 1000 ton indien geen consolidatie plaatsvindt. In Tabel 21 staan de resultaten.

Tabel 21: Kostenallocatiemethodes eindterminal gelijk, ladingen ongelijk (273,6 ton)

Link	Stand-Alone TLC	Proportioneel	Decompositie	Shapley value
Zaventem-Antwerpen	€25 023	€24 957	€24 943	€24 928
Mechelen-Antwerpen	€36 432	€36 105	€36 149	€36 325
Aalst-Antwerpen	€28 467	€28 336	€28 351	€28 244
Zaventem-Antwerpen	€30 983	€30 788	€30 744	€30 689

Analoog aan de coalitie bij drie partners, is de decompositie methode in vergelijking met de proportionele methode in het voordeel van de partners die deelnemen in de meer gebundelde delen

van het traject van het hoofdtransport. De Shapley value is, in vergelijking met de decompositie methode, nog steeds in het voordeel van de kleinere partners.

Bij de decompositie methode is echter een opvallende vaststelling, zover tot op dit moment geweten, niet in de literatuur voorkwam: in het allereerste deeltraject van 7,22 km van de binnenvaart dat afgelegd wordt door de partner met traject Aalst-Antwerpen, zal voor deze partner nu geen kostenbesparing, maar een kostenverhoging ontstaan. Deze is te verklaren doordat deze partner indien geen consolidatie plaatsvindt, gebruik maakt van het type binnenvaartschip met een capaciteit van 1000 ton, met een bijhorende kost van €6 per kilometer. Indien wel consolidatie plaatsvindt, maakt de coalitie echter gebruik van het binnenvaartschip met een capaciteit van 2000 ton aan een kost van €9 per kilometer. Dit zorgt voor een kostenverhoging van €43. In Tabel 22 staan de kostenbesparingen per deeltraject van de binnenvaart op basis van de decompositiemethode. Besparing 1 staat voor het deeltraject dat de speler met link Aalst-Antwerpen alleen aflegt, namelijk 7,22 km. Op het tweede deeltraject werken niet twee, maar drie partners samen: de twee partners met link Zaventem-Antwerpen consolideren op dit deeltraject hun ladingen samen met de partner met link Aalst-Antwerpen. Op het laatste deeltraject worden ook de ladingen van de partner met link Mechelen-Antwerpen geconsolideerd.

Tabel 22: Eindterminal gelijk, aantal ladingen ongelijk: decompositie methode

Link	Besparing 1	Besparing 2	Besparing 3	Besparing 4
Zaventem-Antwerpen	€0	€0	€46,38	€111,04
Mechelen-Antwerpen	€0	€0	€0	€66,62
Aalst-Antwerpen	-€43,32	€0	€69,57	€199,87
Zaventem-Antwerpen	€0	€0	€23,19	€244,28
Totale besparing	-€43,32	€0	€139,14	€621,81

Deze situatie wordt ook teruggevonden in de situatie waarin het aantal ladingen wel gelijk is en de reden is dezelfde: de partner met link Mechelen-Antwerpen gebruikt indien consolidatie plaatsvindt een type binnenvaartschip met 2000 ton capaciteit met hogere kost (€9 per kilometer) terwijl een type binnenvaartschip met capaciteit van 1000 ton en lagere kost (€6 per kilometer) wordt gebruikt indien geen consolidatie plaatsvindt. Dit heeft een implicatie voor de uitkomst van de decompositie methode: in de situaties waarin voor zowel consolidatie als geen consolidatie het type binnenvaartschip met een capaciteit van 1000 ton werd gebruikt, waren de resultaten van de decompositie methode gelijk aan die van de Shapley value. Dit is echter niet meer het geval indien de coalitie kiest voor een type binnenvaartschip met 2000 ton capaciteit (Tabel 23).

Tabel 23: Kostenallocatiemethodes: Eindterminal gelijk, ladingen gelijk (273,6 ton)

Link	Stand-Alone TLC	Proportioneel	Decompositie	Shapley value
Zaventem-Antwerpen	€28 020	€27 740	€27 706	€27 701
Mechelen-Antwerpen	€27 810	€27 529	€27 588	€27 614
Aalst-Antwerpen	€28 467	€28 186	€28 195	€28 177
Zaventem-Antwerpen	€28 020	€27 740	€27 706	€27 701

Hoewel de verschillen klein zijn, is de Shapley value in het voordeel van de partners die grotere afstanden afleggen in de binnenvaart en dus hun goederen meer kunnen consolideren. De partners

met link Zaventem-Antwerpen dragen nog 98,86% van de stand-alone bij de Shapley value, waar dit 98,88% is bij de decompositie methode. Analoog geldt voor de partner met link Aalst-Antwerpen dat deze 98,98% van de stand-alone TLC draagt bij de Shapley value en 99,04% bij de decompositie methode. De partner met link Mechelen-Antwerpen heeft voordeel bij de decompositie methode: hier draagt hij 99,20% van de stand-alone TLC, terwijl dit bij de Shapley value 99,30% is.

Indien gekeken wordt naar de situatie waarin vijf partners deel uit maken van de coalitie, de eindterminal gelijk is en het aantal ladingen ongelijk, zal de coalitie voor het consolideren van ladingen nog steeds opteren voor het binnenvaartschip met een capaciteit van 2000 ton. Indien er geen consolidatie plaatsvindt (zie stand-alone TLC) zal elke partner nog steeds voldoende capaciteit hebben bij een binnenvaartschip met capaciteit van 1000 ton. Door de hogere bezettingsgraad van het binnenvaartschip, zal nu, indien consolidatie plaatsvindt, een kostenvoordeel ontstaan ten opzichte van zowel de situatie met drie als vier partners. De resultaten staan in Tabel 24.

Tabel 24: Kostenallocatiemethodes eindterminal gelijk, ladingen ongelijk (273,6 ton)

Link	Stand-Alone TLC	Proportioneel	Decompositie	Shapley value
Zaventem-Antwerpen	€25 023	€24 940	€24 924	€24 892
Mechelen-Antwerpen	€36 432	€36 019	€36 056	€36 292
Aalst-Antwerpen	€28 467	€28 302	€28 314	€28 201
Zaventem-Antwerpen	€30 983	€30 736	€30 688	€30 653
Mechelen-Antwerpen	€27 790	€27 625	€27 640	€27 584

De resultaten zijn analoog aan de situatie bij vier partners: de decompositie is, vergeleken met de proportionele methode, in het voordeel van de partners die deelnemen in de meer gebundelde delen van het traject van het hoofdtransport. De Shapley value is, in vergelijking met de decompositie methode, in het voordeel van de kleinere partners. Bovendien heeft de decompositie door het gebruik van twee verschillende type binnenvaartschepen voor en na consolidatie hetzelfde gevolg als voor vier partners: de partner met de langste afstand voor de binnenvaart (partner met link Aalst-Antwerpen) loopt weer een kostenverhoging in plaats van kostenbesparing op gedurende de eerste 7,22 km van zijn binnenvaarttraject.

Ook voor de coalitie bestaande uit vijf partners kan weer gekeken worden naar de situatie waarin de eindterminal gelijk is (Tabel 25). Analoog aan de situatie met vier partners, is de decompositie methode niet meer gelijk aan de Shapley value: de Shapley value is in het voordeel van de partners die langere afstanden afleggen in de binnenvaart en hun goederen dus meer kunnen consolideren.

Tabel 25: Kostenallocatiemethodes: eindterminal gelijk, ladingen gelijk (273,6 ton)

Link	Stand-Alone TLC	Proportioneel	Decompositie	Shapley value
Zaventem-Antwerpen	€28 020	€27 725	€27 679	€27 672
Mechelen-Antwerpen	€27 810	€27 514	€27 561	€27 577
Aalst-Antwerpen	€28 467	€28 171	€28 169	€28 151
Zaventem-Antwerpen	€28 020	€27 725	€27 679	€27 672
Mechelen-Antwerpen	€27 810	€27 514	€27 561	€27 577

5 Praktijkgedeelte: conclusies

Uit de resultaten van de vergelijking tussen intermodaal transport en unimodaal transport kan geconcludeerd worden dat binnen het kader van deze case intermodaal transport, ongeacht consolidatie plaatsvindt of niet, een hogere TLC heeft dan unimodaal wegtransport. De reden is tweevoudig: enerzijds is de afstand die afgelegd wordt door de binnenvaart lager dan de kritische drempelafstand die in eerder onderzoek gevonden werd en anderzijds zorgt de lage bezettingsgraad van het binnenvaartschip voor een beperking van het voordeel van consolidatie. Door een hogere gemiddelde verzendingsgrootte stijgt de bezettingsgraad van het binnenvaartschip en wordt het verschil tussen de TLC van unimodaal wegtransport en intermodaal transport bij consolidatie verkleint.

Uit de sensitiviteitsanalyse naar de gemiddelde verzendingsgrootte bleek dat het verhogen van de gemiddelde verzendingsgrootte zorgt voor een stijging in de TLC van intermodaal transport. Dit heeft te maken met het feit dat de verhoging van de cyclusvoorraadkost en de kapitaalkost van voorraad als gevolg van een hogere gemiddelde verzendingsgrootte zwaarder doorweegt dan de daling in de bestel- en transportkost van intermodaal transport. Indien het effect geanalyseerd wordt van een verhoging van de gemiddelde verzendingsgrootte van 136,8 ton naar 273,6 ton, zal de coalitie kiezen voor het gebruik van een tweede type binnenvaartschip met een hogere capaciteit en kost. Dit heeft tot gevolg dat de transportkost stijgt in plaats van daalt. Het voordeel van de lagere bestelkost wordt dus verder beperkt.

De sensitiviteitsanalyse naar het aantal partners toont aan dat het effect van het toevoegen van extra partners aan de coalitie afhankelijk is van het aantal partners dat reeds in de coalitie zit en de gemiddelde verzendingsgrootte. Indien door het toevoegen van een extra partner de coalitie niet genoodzaakt zal zijn tot het opteren voor een groter en duurder binnenvaartschip, zal het toevoegen van een extra partner aan de coalitie leiden tot een hogere bezettingsgraad van het binnenvaartschip, waardoor de kosten dalen als gevolg van consolidatie van goederenstromen. Echter, als door het toevoegen van een extra partner, de coalitie voor een groter type binnenvaartschip kiest, zal een extra partner leiden tot extra kosten, doordat de bezettingsgraad lager zal zijn bij het grotere binnenvaartschip en het grotere binnenvaartschip bovendien een hogere kost per kilometer met zich meebrengt.

Uit de analyses van de kostenallocatiemethodes kunnen een aantal conclusies getrokken worden. Indien het hoofdtransport gelijk is, zullen bij een gelijk aantal leveringen de proportionele methode en de Shapley value tot dezelfde resultaten leiden en is het gebruik van moeilijkere methodes (zoals de Shapley value) onnodig. Indien het aantal leveringen echter niet gelijk is, zal de Shapley value in het voordeel zijn van de partners met kleinere aantal ladingen, terwijl de grootste speler baat heeft bij de proportionele methode. Wanneer gekeken wordt naar de situatie waarbij het traject van het hoofdtransport verschillend is, maar het aantal ladingen gelijk is, leiden de decompositie methode en de Shapley value tot dezelfde resultaten. Ten opzichte van de proportionele methode zijn ze in het voordeel van partners die in meer gebundelde deeltrajecten goederen vervoeren. Indien het aantal ladingen dat elke partner vervoert niet gelijk is, is de Shapley value vergeleken met de

decompositie methode in het voordeel van de partners die kleinere hoeveelheden vervoeren. Gesofisticeerdere methodes kunnen dus voordelig zijn voor bepaalde partners in de situaties waarin het traject van de binnenvaart gelijk is en het aantal ladingen ongelijk is en indien enkel de eindterminal gelijk is (ongeacht of het aantal ladingen gelijk of ongelijk is). Enkel in de situatie waarin het hoofdtransport en het aantal ladingen gelijk is, zullen alle kostenallocatiemethoden tot dezelfde resultaten leiden en zijn ingewikkeldere methodes dus overbodig.

Een belangrijk kenmerk van intermodaal transport is dat de coalitie op basis van het aantal spelers en de gemiddelde verzendingsgrootte een type binnenvaartschip wordt gekozen met een bepaalde capaciteit en bijhorende kost. In de van deze studie case wordt bij een gemiddelde verzendingsgrootte van 273,6 ton in het geval van een coalitie van vier (en vijf) partners gekozen voor een type binnenvaartschip met 2000 ton capaciteit (in plaats van 1000 ton capaciteit) en een hogere kost (€9 per kilometer in plaats van €6). Dit heeft implicaties voor het berekenen van de decompositie methode. De partner die de grootste afstand aflegt in de binnenvaart, zal op het deeltraject waar geen consolidatie plaatsvindt hogere (in plaats van lagere of gelijke) kosten oplopen, omwille van het feit dat het schip met een hogere capaciteit een hogere kost heeft. Als gevolg zal de decompositie methode niet meer tot dezelfde resultaten leiden als de Shapley value in de situatie waarin de eindterminal gelijk en het aantal ladingen gelijk zijn. De Shapley value zal in het voordeel zijn van de partners die consolideren over een langere afstand. Voor de situatie waarin de eindterminal gelijk is en het aantal ladingen ongelijk is, zal de keuze voor het type binnenvaartschip met een capaciteit van 2000 ton echter geen invloed hebben op de verhouding tussen de verschillende kostenallocatiemethodes: de decompositie methode is in vergelijking met de proportionele methode in het voordeel van de partners die goederen vervoeren over de meer gebundelde delen van het binnenvaarttraject en de Shapley value is in vergelijking met de decompositie methode in het voordeel van de kleinere partners.

6 Kritische reflectie

6.1 Tekortkomingen van het gevoerde onderzoek

Een tekortkoming van het gevoerde onderzoek is de gebruikte data. De data beperkt zich tot Vlaanderen, waardoor het veralgemenen van sommige resultaten niet mogelijk is. Zo is het binnen het grondgebied van Vlaanderen onmogelijk om de kritische drempelafstand af te leggen die in eerder onderzoek naar voren is gekomen. Hierdoor zal intermodaal transport altijd een hogere Totale Logistieke Kost hebben dan unimodaal wegtransport.

Een andere mogelijke beperking is dat het denkbaar is dat de literatuurstudie onvolledig is doordat wetenschappelijk onderzoek nooit stil staat en het praktisch onmogelijk is om alle onderzoeken op te nemen die binnen de context van deze masterproef passen. Zo wordt in sectie 4.4.5 opgemerkt dat de berekening van de decompositie anders verloopt indien gebruik gemaakt wordt van het tweede type binnenvaartschip. De partner die het langste binnenvaarttraject aflegde, ervaarde tijdens het eerste deeltraject een kostenstijging, terwijl in de bestudeerde literatuur sprake was van noch een kostenstijging, noch een kostenbesparing. Gezien het feit dat de literatuurstudie mogelijk onvolledig is, is het mogelijk dat dit reeds onderzocht werd in voorgaand onderzoek.

6.2 Aanbevelingen voor verder onderzoek

In de literatuurstudie zijn een aantal kostenallocatiemethodes besproken die in het onderzoek niet onderzocht zijn geworden. In het praktijkgedeelte werden immers enkel de proportionele methode, de decompositie methode en de Shapley value onderzocht. Het gebruik van andere methodes die naar voren zijn gekomen in de literatuurstudie kan een breder zicht geven op de mogelijke verschillen tussen de methodes voor de onderzochte scenario's.

Een andere aanbeveling is de uitbreiding van de data. Binnen het onderzoek was de data beperkt tot het grondgebied Vlaanderen waardoor de afstand die afgelegd werd door de binnenvaart beperkt bleef. Een uitbreiding van de data naar bijvoorbeeld Wallonië kan ervoor zorgen dat de afstand die afgelegd wordt gedurende de binnenvaart vergroot wordt en zodoende intermodaal transport mogelijk een lagere Totale Logistieke Kost heeft dan unimodaal wegtransport.

7 Lijst van geraadpleegde werken

Audy, J-F., D'Amours, S. (2008). Impact of benefit sharing among companies in the implantation of a collaborative transportation system –An application in the furniture industry [Elektronische versie]. *IFIP International Federation for Information Processing*, 283, 519-532.

Audy, J-F., D'Amours, S., Rousseau, L-M. (2011). Cost allocation in the establishment of a collaborative transportation agreement - an application in the furniture industry [Elektronische versie]. *Journal of the Operational Research Society*, 62, 960-970.

Baumol, W.J., Vinod, H.D. (1970). An inventory theoretic model of freight transport demand [Elektronische versie]. *Management Science*, 16 (7), 413-421.

Ben-Akiva, M., de Jong, G. (2008). The Aggregate-Disaggregate-Aggregate (ADA) Freight Model System. In M. Ben-Akiva, H. Meersman, E. Van de Voorde (Eds.) *Recent developments in Transport Modelling: Lessons for the Freight Sector* (pp. 117-134). Bingley: Emerald.

Blauwens, G., De Baere, P., Van de Voorde, E. (2012). *Transport Economics*. Berchem: De Boeck.

Caris, A., Limbourg, S., Macharis, C., van Lier, T., Cools, M. (2014). Integration of inland waterway transport in the intermodal supply chain: a taxonomy of research challenges [Elektronische versie]. *Journal of Transport Geography*, 41, 126–136.

Cruijssen, F., Bräysy, O., Dullaert, W., Fleuren, H., Salomon, M. (2007a). Joint route planning undervarying market conditions [Elektronische versie]. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 37(4), 287-304.

Cruijssen, F., Cools, M., Dullaert, W. (2007b). Horizontal cooperation in logistics: Opportunities and impediments [Elektronische versie]. *Transportation Research Part E*, 43, 129-142.

Cruijssen, F., Dullaert, W., Fleuren, H. (2007c). Horizontal cooperation in Transport and Logistics: A Literature Review [Elektronische versie]. *Transportation Journal*, 46, 22-39.

Dai, B., Chen, H. (2012). Profit allocation mechanisms for carrier collaboration in pickup and delivery service [Elektronische versie]. *Computers and Industrial Engineering*, 62(2), 633-643.

Dărăbanț, S., Ștefănescu, P., Crișan, R. (2012). Economic benefits of developing intermodal transport in the European Union [Elektronische versie]. *Annals of the University of Oradea, Economic Science Series*, 21, 81-87.

de Jong, G., Gunn, H., Walker, W. (2004). National and International Freight Transport Models: An Overview and Ideas for Future Development [Elektronische versie]. *Transport Reviews*, 24(1), 103-124.

European Commission. (2006). *The Marco Polo II Programme*. Brussels: European Commission.

European Commission. (2011a). *Energy Efficiency Plan 2011*. Brussels: European Commission.

European Commission. (2011b). *Transport White Paper: roadmap to a single European transport area – towards a competitive and resource-efficient transport system*. Luxembourg, Publications Office of the European Union.

European Commission. (2014). *EU transport in figures: statistical pocketbook 2014*. Luxembourg, Publications Office of the European Union.

Friedrich, H. (2010, July 10-15). Simulation of logistics in food retailing for freight transportation analysis. 12th WCTR, Portugal, Lisbon.

Frisk, M., Göthe-Lundgren, M., Jörnsten, K., Rönnqvist, M. (2010). Cost allocation in collaborative forest transportation [Elektronische versie]. *European Journal of Operational Research*, 205(2), 448-458.

Konings, R., Bontekoning, Y., Maat, K. (2006). De concurrentiekracht van intermodaal vervoer in ruimtelijk perspectief: Intermodaal op welke schaal? *Mobiliteit en (groot)stedenbeleid; 27e Vlaams Wetenschappelijk Economisch Congres*. Brussels: VUBPRESS (Politeia), 181-205.

Krajewska, M. A., Kopfer, H. (2006). Profit sharing approaches for freight forwarders: An overview [Elektronische versie]. *Proceedings of the 5th International Conference on Modern Trends in Logistics, St. Petersburg, Russia*, 157-161.

Krajewska, M. A., Kopfer, H., Laporte, G., Ropke, S., Zaccour, G. (2008). Horizontal cooperation among freight carriers: Request allocation and profit sharing [Elektronische versie]. *Journal of the Operational Research Society*, 59, 1483-1491.

Langley, C.J. Jr. (1980). The inclusion of transportation costs in inventory models: some considerations [Elektronische versie]. *Journal of Business Logistics*, 2, 106-125.

Liu, P., Wu, Y., Xu, N. (2010). Allocating collaborative profit in less-than-truckload carrier alliance [Elektronische versie]. *J. Service Science & Management*, 3, 143-149.

Lozano, S., Moreno, P., Adenso-Díaz, B., Algaba, E. (2013). Cooperative game theory approach to allocating benefits of horizontal cooperation [Elektronische versie]. *European Journal of Operational Research*, 229(2), 444-452.

Macharis, C., van Lier, T., Pekin, E., Verbeke, A. (2011). *Intermodaal binnenvaartvervoer: Economische en ecologische aspecten van intermodaal binnenvaartvervoer in Vlaanderen*. Brussel, VUBPRESS.

Macharis, C., Verbeke, A. (1999). *Intermodaal vervoer: economische en strategische aspecten van het intermodaal vervoer in Vlaanderen*. Leuven, Garant.

Macharis, C., Verbeke, A. (2001). Het intermodale transportsysteem vergeleken met het unimodale wegvervoer [Elektronische versie]. *Tijdschrift voor Economie en Management*, 46, 39-63.

Maes, T., Ramaekers, K., Caris, A., Janssens, G.K., Bellemans, T. Simulation of logistic decisions within a freight transportation model. Industrial Simulation Conference, 2011.

Maurer, H.H. (2008). Development of an Integrated Model for Estimating Emissions from Freight Transport. The University of Leeds, Institute for Transport Studies.

McGinnis, M.A. (1989). A comparative evaluation of freight transportation models [Elektronische versie]. *Transportation Journal*, 29 (2), 36-46.

Özener, O. O. (2008). Collaboration in transportation, PhD thesis, Georgia Institute of Technology, Atlanta.

Punakivi, M., Hinkka, V. (2006). Selection Criteria of Transportation Mode: A Case Study in Four Finnish Industry Sectors [Elektronische versie]. *Transport Reviews*, 26 (2), 207-219.

Ramaekers, K., Caris, A. Maes, T. (2014). Cost Allocation for freight bundling networks in intermodal transport, NECTAR Cluster meeting on Networks, Liège, April, 24-25, 2014.

Sandberg Hanssen, T.-E., Mathisen, T.A., Jørgensen, F. (2012). Generalized transport costs in intermodal freight transport [Elektronische versie]. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 54, 189-200.

Schmeidler, D. (1969). Nucleolus of a characteristic function game [Elektronische versie]. *Siam Journal on Applied Mathematics*, 17(6), 1163-1170.

Soons, D. (2011). The determination and division of benefits among partners of a horizontal cooperation in transportation, Master's thesis, TU/e School of industrial engineering, Eindhoven.

Tijs, S. H., Driessen, T. S. H. (1986). Game theory and cost allocation problems [Elektronische versie]. *Management Science*, 32(8), 1015-1028.

van Lier, T., Caris, A., Macharis, C. (2013). Bundling of outbound freight flows: analyzing the potential of internal horizontal collaboration to improve sustainability. *Networks and Spatial Economics*

Verdonck, L., Beullens, P., Caris, A., Ramaekers, K., Janssens, G. K. (2015). Analysis of collaborative savings and cost allocation techniques for the cooperative carrier facility location problem [Elektronische versie]. *Journal of the Operational Research Society*,

Vernimmen, B., Witlox, F. (2003). The Inventory-Theoretic Approach to Modal Choice in Freight Transport: Literature Review and Case Study [Elektronische versie]. *Brussels Economic Review – Cahiers Economiques de Bruxelles*, 46 (2), 5-29.

Wagener, N. (2014). Intermodal transport in Europe – opportunities through innovation [Elektronische versie]. *Scientific Journal of Logisitcs*, 10 (4), 371-382.

Wang, X., Kopfer, H. (2011). Increasing efficiency of freight carriers through collaborative transport planning: chances and challenges. Dynamics and Sustainability in International Logistics and Supply Chain Management - Proceedings of the 6th German- Russian Logistics and SCM Workshop (DR-LOG 2011). Cuvillier Verlag: Göttingen, pp 41-50.

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Kostenallocatie in intermodaal transport

Richting: **master in de toegepaste economische wetenschappen:
handelsingenieur-accountancy en financiering**

Jaar: **2016**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Goffard, Rick

Datum: **31/05/2016**