



**UHASSELT**

KNOWLEDGE IN ACTION

## Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master in de handelswetenschappen

### **Masterthesis**

#### **Analyse van ladingsbeperkingen in de routeplanning van transportbedrijven**

#### **Ilana De Muynck**

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de handelswetenschappen, afstudeerrichting supply chain management

#### **PROMOTOR :**

dr. Hanne POLLARIS

#### **COPROMOTOR :**

Prof. dr. An CARIS



**UHASSELT**

KNOWLEDGE IN ACTION

[www.uhasselt.be](http://www.uhasselt.be)

Universiteit Hasselt  
Campus Hasselt:  
Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt  
Campus Diepenbeek:  
Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

**2018**  
**2019**



# Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master in de handelswetenschappen

## ***Masterthesis***

### ***Analyse van ladingsbeperkingen in de routeplanning van transportbedrijven***

#### **Ilana De Muynck**

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de handelswetenschappen, afstudeerrichting supply chain management

#### **PROMOTOR :**

dr. Hanne POLLARIS

#### **COPROMOTOR :**

Prof. dr. An CARIS



## **Woord vooraf**

Deze masterproef is een afronding van de opleiding handelswetenschappen met specialisatie Supply Chain Management aan de Universiteit Hasselt. Dit onderwerp werd bekomen door de interesse in transport en de verbetering hiervan. Doorheen dit project heb ik mijn kennis betreffende wegtransport enorm verhoogt en kan ik trots terugblikken op het hele proces en het resultaat dat hieruit is voortgekomen.

Dit onderzoek is tot stand gekomen dankzij de samenwerking met enkele personen die ik graag zou willen bedanken. Ik zou graag mijn co-promotor An Caris bedanken voor het nalezen van de literatuurstudie van deze masterproef in de afwezigheid van mij promotor. Verder zou ik ook graag mijn promotor Hanne Pollaris bedanken voor het nalezen van mijn masterproef, de constructieve feedback die me steeds werd gegeven en de snelle respons op e-mails.

Ik zou ook graag de personen in mijn persoonlijke omgeving willen bedanken voor de steun die ze mij hebben gegeven tijdens het schrijven van deze masterproef. Vooral mijn papa Bart De Muynck wil ik bedanken voor het nalezen van deze proef en het geven van nuttige en interessante tips voor de verdere uitwerking van dit sluitstuk.



## Samenvatting

Dagelijks verschijnen artikels in de krant over gekantelde vrachtwagens die de wegen versperren. Het gevolg hiervan is lange files en frustratie bij de automobilisten. Vaak zijn deze vrachtwagens ook geladen met materiaal dat moeilijk valt op te ruimen waardoor mensen nog langer in de file staan. In deze masterproef wordt een analyse van de ladingbeperkingen gedaan evenals van de routeplanning om zo te kunnen bepalen of deze een invloed op elkaar hebben. Indien er een verband is, werd ook nagegaan aan de hand van een praktijkonderzoek hoe de bedrijven hiermee omgaan. Het is belangrijk om de verschillende ladingsbeperkingen te kennen alvorens men de vrachtwagen laadt. Vooreerst kunnen deze beperkingen betrekking hebben op de eigenschappen van het voertuig. Een vrachtwagen kan op verschillende manieren geladen worden, zowel via de zijkant, als de bovenkant als de achterkant. Vervolgens kunnen eigenschappen van de lading voor beperkingen zorgen. Dit kan slaan op de fragiliteit van de goederen waardoor deze niet gestapeld kunnen worden. Goederen kunnen ook een negatieve invloed hebben op elkaar waardoor ze niet samen in een vrachtwagen geladen mogen worden. Ten slotte kan ook de wetgeving een beperking vormen voor de transporteurs, bijvoorbeeld de wetgeving betreffende rij- en rusttijden.

Deze masterproef is onderverdeeld in twee delen. Enerzijds een literatuurstudie en anderzijds een praktijkonderzoek. Eerst werd in de literatuur gezocht naar de verschillende soorten ladingsbeperkingen die beschreven worden. Vervolgens werd deze wetenschappelijke literatuur getoetst aan de praktijk door middel van interviews met bedrijven. De centrale onderzoeksvraag luidt als volgt: "Hoe kunnen transporteurs een efficiënte routeplanning bekomen, rekening houdend met verschillende ladingsbeperkingen." Om deze onderzoeksvraag te beantwoorden werd gebruik gemaakt van deelvragen die het verloop van het onderzoek volgen.

De ladingsbeperkingen in de literatuur kunnen onderverdeeld worden in vier categorieën: beperkingen gerelateerd aan de vracht (hoofdstuk 2.1), beperkingen gerelateerd aan de container (hoofdstuk 2.2), beperkingen gerelateerd aan het goed (hoofdstuk 2.3) en beperkingen betreffende de lading (Hoofdstuk 2.4). In hoofdstuk 2.1 gaat het over het feit dat er verschillende soorten goederen in een vrachtwagen geladen kunnen worden. De producten van klant B mogen bijvoorbeeld het uitladen van de producten van klant A niet belemmeren. Goederen van verschillende klanten kunnen zelfs een negatieve invloed hebben op elkaar. In het volgende hoofdstuk betreffende beperkingen gerelateerd aan de container gaat het over het gewicht dat in de vrachtwagen geladen wordt en de verdeling van dit gewicht over de assen. Asbelasting is een vrij actueel onderwerp dat de Belgische overheid nauwlettend controleert door gebruik te maken van een "Weigh In Motion" (WIM) systeem. Hoofdstuk 2.3 gaat over de producten zelf. De dozen waarin de goederen getransporteerd worden hebben namelijk een bepaalde draagkracht die niet overschreden mag worden, dit noemt men stapelbeperkingen. Sommige goederen kunnen ook een hogere transportprioriteit hebben dan andere. Deze prioriteiten hebben betrekking op de bederfbaarheid van de goederen en de betrouwbaarheid van de klanten. Het laatste hoofdstuk betreffende beperkingen van de lading gaat over de stabiliteit van de lading. Een onstabiele lading kan ongelukken veroorzaken doordat de vrachtwagen dan kan kantelen.

In het volgende deel van de literatuurstudie komt het rittenplanningsprobleem aan bod (hoofdstuk 2.5). De belangrijkste onderdelen van deze sectie zijn enerzijds het feit dat er wetgeving bestaat die voor moeilijkheden kan zorgen bij het transport van de goederen. Anderzijds is het multi-compartment Vehicle Routing Problem een belangrijk onderdeel van deze sectie. Deze vormt een oplossing om goederen die normaalgezien niet samen getransporteerd kunnen worden toch samen te vervoeren. De vrachtwagen wordt namelijk in meerdere compartimenten verdeeld. Compartiment A kan voor diepvriesproducten zijn terwijl compartiment B voor gekoelde producten is. Het overige deel van de vrachtwagen wordt dan gebruikt voor goederen die niet op een bepaalde temperatuur bewaard moeten worden.

Na de literatuurstudie werden de ladingsbeperkingen getoetst aan de praktijk door middel van interviews met bedrijven. Deze bedrijven werden willekeurig gecontacteerd. Het eerste bedrijf dat geïnterviewd werd is Colruyt Group. Zij kunnen creatief omgaan met ladingsbeperkingen door middel van hun eigen Colruyt Kar. Het bedrijf kan verschillende karren in één vrachtwagen laden en elke kar kan een ander soort product bevatten. Kar A kan bijvoorbeeld gevuld zijn met diepvriesproducten terwijl kar B droogvoeding bevat. Het volgende bedrijf dat participeerde aan dit onderzoek is Transport Lux. Dit bedrijf is vooral actief in de drankensector met klanten als Ab Inbev, Coca-Cola en Chaudfontaine. Dranken zijn zeer zware goederen waardoor het voornaamste probleem binnen dit bedrijf de asbelasting is. Door een meeloopas op de vrachtwagens te installeren kunnen ze de assen beter belasten. Het laatste bedrijf dat geïnterviewd werd is DB Schenker. Ook hier vormt vooral de asbelasting een probleem omdat bepaalde klanten met zware goederen werken. Bij dit bedrijf werd echter geen hulpmiddel op de vrachtwagen geïnstalleerd zoals bij Transport Lux. De werknemers laden de voertuigen altijd correct, rekening houdend met de gewichtsverdeling over de assen.

Om te besluiten kan gesteld worden dat de problematiek van de ladingsbeperkingen zoals deze in de literatuur beschreven wordt ook in de praktijk voorkomt bij de transportbedrijven. Met welk soort ladingsbeperkingen een bedrijf te maken krijgt is sterk afhankelijk van de sector waarin het bedrijf actief is. Elk bedrijf probeert creatief om te gaan met de problemen die zij ondervinden in dit domein. De oplossingen zijn gelijklopend, maar hebben specifieke eigenheden afhankelijk van het bedrijf en het type ladingen die het transporteert.

## Lijst met afkortingen

**AL:** Algemene rittenplanningsbeperkingen

**2L-CVRP:** Two-dimensional capacitated vehicle routing problem

**3L-CVRP:** Three-dimensional capacitated vehicle routing problem

**MPVRP:** Multi-pile vehicle routing problem

**MCVRP:** Multi-compartment vehicle routing problem

**PPVRP:** Pallet packing vehicle routing problem

**TSPPD:** Traveling salesman problem with pickups and deliveries

**GVRP:** Green vehicle routing problem

**ConVRP:** Consistency vehicle routing problem

**SCC-VRP:** Shared customer collaboration vehicle routing problem





## Inhoudsopgave

Woord vooraf.....	1
Samenvatting .....	3
Lijst met afkortingen .....	5
<b>1. Inleiding .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1 Probleemstelling.....</b>	<b>9</b>
<b>1.2 Onderzoeksaanpak.....</b>	<b>11</b>
Tabellen met literatuur.....	13
<b>2. Literatuurstudie .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Beperkingen gerelateerd aan de vracht .....</b>	<b>16</b>
2.1.1 Complete-shipment constraints.....	16
2.1.2 Toewijzingsbeperkingen .....	16
2.1.3 Plaatsbepalingsbeperkingen.....	17
<b>2.2 Beperkingen gerelateerd aan de container .....</b>	<b>18</b>
2.2.1 Gewichtslimieten .....	18
2.2.2 Beperkingen betreffende gewichtsverdeling .....	19
<b>2.3 Beperkingen gerelateerd aan het goed.....</b>	<b>21</b>
2.3.1 Laadprioriteiten .....	21
2.3.2 Orthogonaliteitsbeperkingen.....	21
2.3.3 Oriëntatiebeperkingen .....	22
2.3.4 Stapelbeperkingen .....	22
<b>2.4 Beperkingen betreffende de lading .....</b>	<b>23</b>
2.4.1 Stabiliteitsbeperkingen.....	23
2.4.2 Complexiteitsbeperkingen .....	23
<b>2.5 Rittenplanningsprobleem .....</b>	<b>23</b>
2.5.1 Algemene rittenplanningsbeperkingen .....	24
2.5.2 Two-dimensional loading capacitated vehicle problem (2L-CVRP).....	25
2.5.3 Three-dimensional loading capacitated vehicle problem (3L-CVRP).....	25
2.5.4 Multi-pile VRP .....	25
2.5.5 Multi-compartment VRP .....	26
2.5.6 Pallet packing VRP (PPVRP) .....	29
<b>3. Praktijkonderzoek .....</b>	<b>31</b>
<b>3.1 Colruyt Group .....</b>	<b>31</b>
3.1.1 Beschrijving Colruyt Group.....	31
3.1.2 Werkmethode .....	31
3.1.3 De Colruyt kar.....	32
3.1.4 Stabiliteitsproblematiek.....	34
3.1.5 Het laden van de vrachtwagen .....	34
3.1.6 Asbelasting.....	35
3.1.7 Laadprioriteiten .....	36
3.1.8 Besluit .....	36
<b>3.2 Transport Lux .....</b>	<b>38</b>
3.2.1 Beschrijving Transport Lux.....	38

<b>3.2.2</b>	<b>Routeplanning</b>	38
<b>3.2.3</b>	<b>Het laden van de vrachtwagen</b>	39
<b>3.2.4</b>	<b>Het transport van dranken</b>	40
<b>3.2.4.1</b>	<b>Ladingszekerheid bij dranktransport</b>	40
<b>3.2.4.2</b>	<b>Problematiek asbelasting bij dranktransport</b>	40
<b>3.2.5</b>	<b>Ladingszekerheid vrachtwagens</b>	41
<b>3.2.6</b>	<b>Laadprioriteiten</b>	42
<b>3.2.7</b>	<b>Besluit</b>	43
<b>3.3</b>	<b><i>DB Schenker</i></b>	44
<b>3.3.1</b>	<b>Beschrijving DB Schenker</b>	44
<b>3.3.2</b>	<b>Routeplanning</b>	44
<b>3.3.3</b>	<b>Het laden van de vrachtwagen</b>	44
<b>3.3.4</b>	<b>Stapelbeperkingen</b>	45
<b>3.3.5</b>	<b>Asbelasting van de vrachtwagens</b>	46
<b>3.3.6</b>	<b>Laadprioriteiten</b>	48
<b>3.3.7</b>	<b>Transport Nike</b>	49
<b>3.3.8</b>	<b>Snelheid van het laden</b>	49
<b>3.3.9</b>	<b>Besluit</b>	50
<b>4.</b>	<b>Conclusie</b>	51
	<b>Referenties</b>	55

# 1. Inleiding

De inleiding van dit onderzoek bestaat uit de probleemstelling en de onderzoeksaanpak. In de probleemstelling wordt het algemene belang van dit onderzoek toegelicht en de problematiek beschreven die aanleiding geeft tot dit onderzoek. Er zal ook een link gelegd worden met de actualiteit. Vervolgens zal in de onderzoeksaanpak beschreven worden hoe er antwoorden gezocht zullen worden op de centrale onderzoeksvraag en op de deelvragen. De centrale onderzoeksvraag geeft concreet weer wat ik in deze masterproef wil onderzoeken en op welke vragen ik een antwoord wil bieden.

## 1.1 Probleemstelling

Het onderwerp van deze masterproef handelt over de analyse van ladingsbeperkingen in de routeplanning van transportbedrijven. In dit onderzoek zal de focus dus liggen op de verschillende problemen die zich kunnen voordoen bij het laden en uitladen van vrachtwagens. Naast de ladingsbeperkingen zal ook het "vehicle routing problem" (VRP) of rittenplanningsprobleem besproken worden omdat dit zeer nauw samenhangt met ladingsbeperkingen. De rittenplanningsbeperking gaat over de distributie van goederen tussen het distributiecentrum en de klanten langs een reeks routes voor een wagenpark waarbij een objectieve functie (bijvoorbeeld de totale afstand of de totale kost) wordt geoptimaliseerd (Pollaris et al., 2015). Het probleem dat hier speelt is dat een gegeven set dozen op zo een manier in een container of vrachtwagen geladen moeten worden dat er wordt voldaan aan een gegeven set ladingsbeperkingen (Martines et al., 2015).

Het is belangrijk om al de verschillende ladingsbeperkingen te kennen alvorens de vrachtwagen of container geladen wordt om zo problemen bij het in- en uitladen te vermijden. Ladingsproblemen ontstaan wanneer goederen niet vrij in een container of een voertuig geplaatst kunnen worden omdat er rekening gehouden moet worden met een aantal beperkingen (Pollaris et al., 2015). Deze beperkingen slaan op de eigenschappen van het voertuig en de eigenschappen van de lading. Voor het eerste geldt dat verschillende soorten voertuigen een verschillende capaciteit hebben in bijvoorbeeld gewicht en het maximaal aantal goederen dat geladen kan worden. Voertuigen verschillen ook in de manier waarop ze geladen en uitgeladen kunnen worden, dit kan via de zijkant of de achterkant. Vervolgens zijn er dan de eigenschappen van de lading die voor beperkingen kunnen zorgen. Dit gaat over fragiele goederen zoals porselein en niet fragiele goederen zoals kranten. Sommige goederen kunnen een oriëntatiebeperking hebben waardoor ze in een bepaalde richting geladen moeten worden en niet ondersteboven gezet kunnen worden. Dit is meestal aangegeven met een "This way up" logo (Pollaris et al., 2015).

Dagelijks verschijnen artikels in de krant over gekantelde vrachtwagens die de wegen versperren en zo voor heel wat file en bijgevolg ook veel frustratie bij de automobilisten zorgen. Vaak zijn deze vrachtwagens ook geladen met materiaal dat moeilijk valt op te ruimen ("Gekantelde vrachten op afrit E40 zorgt voor zware hinder", 14 september 2018). De oorzaak van deze gekantelde vrachtwagens ligt vaak bij het feit dat het gewicht van de goederen niet goed is verdeeld over de assen van de vrachtwagen. Aangezien dit zo een grote problematiek is, zijn er natuurlijk al maatregelen genomen door onder andere de overheid. "Weigh in motion" is een manier om overladen voertuigen te detecteren ("Weigh in motion", z.d.). Dit zal later in het onderzoek behandeld worden.

Elke dag ontvangen bedrijven een groot aantal bestellingen van verschillende soorten klanten over de hele wereld. De goederen van de bestellingen worden dan per container getransporteerd naar de klanten. Bedrijven willen natuurlijk zoveel mogelijk goederen in één container laden om zo weinig mogelijk transportkosten te hebben (Sheng et al., 2017). Tegenwoordig is er steeds meer nood aan transport door onder andere de groei van de e-commerce en de globalisering. E-commerce is een zeer bekende term die slaat op het kopen en verkopen van producten en diensten online (Sahiner, 2015). Al de producten die online besteld worden dienen getransporteerd te worden naar de klant binnen bepaalde tijdsventers. Een tijdsventer heeft voor- en nadelen. Doordat er een tijdsvenster is weet de klant dat hij gedurende een bepaalde tijd moet wachten op zijn product(en). Dit geeft het bedrijf de tijd om een routeplanning met een zo laag mogelijke kost op te maken. Er moet dan ook onzekerheid ingepland worden aangezien de reistijden in de praktijk kunnen afwijken van de planning (Van Woensel, z.d.). Het nadeel van tijdsventers is dat ze tegenwoordig heel kort zijn geworden. Een voorbeeld hiervan kan men terugvinden op Bol.com: "Voor 23:59uur besteld, morgen in huis." Op deze manier leggen bedrijven zich heel korte tijdsventers op waardoor er een hogere kans is dat de goederen niet op tijd bij de klant aankomen. Het is niet altijd makkelijk om binnen de tijd te leveren door de congestie en dal- en piekuren (Nguyen et al., 2016). Onderzoek heeft aangetoond dat rijden tijdens de daluren de uitstoot van CO<sub>2</sub> en de congestie drastisch kan verminderen. Het is natuurlijk niet voor alle bedrijven mogelijk om in die uren hun goederen te leveren (Nacht- en daldistributie, 6 augustus 2012). Door de groei van e-commerce moeten er meer bestelwagens ingezet worden wat op zijn beurt weer zorgt voor congestie van het wegennetwerk. Deze congestie heeft ook gevolgen voor het milieu omdat er meer CO<sub>2</sub> gassen in de lucht terechtkomen (Basbas, 2006). Hierdoor vormt het bestrijden van de opwarming van de aarde en het verminderen van de broeikasgassen de uitdaging van deze eeuw (Afshar-Bakesloo et al., 2016).

Klanten bestellen verschillende soorten producten online die samen voor meer ladingsbeperkingen zorgen. Sommige producten mogen niet samen in een container vervoerd worden, bijvoorbeeld voeding en parfum (Bortfeldt & Wäscher, 2013). Het kan ook voorkomen dat er speciale voorzieningen geïnstalleerd moeten worden zoals bijvoorbeeld koeling omdat sommige producten op verschillende temperaturen bewaard moeten worden (Chajakis & Guignard, 2003). Bij het laden van de container moet men ook rekening houden met de fragiliteit van producten. Op dozen met breekbare producten zoals glas mogen geen andere zware dozen geplaatst worden omdat dan schade kan toegebracht worden aan het breekbare product. Dit zijn slechts enkele voorbeelden van de vele ladingsbeperkingen die worden omschreven in de literatuur. Indien men geen rekening houdt met

deze beperkingen in de planning zal dit resulteren in extra kosten doordat men op het laatste moment de planning nog moet aanpassen (Pollaris et al., 2015).

Deze ladingsbeperkingen vormen bijkomende beperkingen in het opstellen van de rittenplanning. In dit deel zal het vooral gaan over beperkingen van de vrachtwagen of container zelf die kunnen voorkomen bij het opstellen van een routeplanning. Naast de beperkingen van de lading en het voertuig heeft ook de overheid beperkingen opgelegd. Vrachtwagenchauffeurs dienen bijvoorbeeld rekening te houden met rij- en rusttijden om onder andere eerlijke concurrentie te bevorderen. Indien ze dit niet doen, riskeren ze een boete. De wet heeft hiervoor de "Tachograaf" geïntroduceerd. Dit zal verder besproken worden in algemene rittenplanningsbeperkingen.

## **1.2 Onderzoeksaanpak**

Deze masterproef is onderverdeeld in twee delen, enerzijds een literatuurstudie en anderzijds een praktijkonderzoek. Eerst zal in de literatuur gezocht worden naar informatie over ladingsbeperkingen en het rittenplanningsprobleem. De verschillende ladingsbeperkingen zullen besproken worden en vervolgens de verschillende rittenplanning types waar ladingsbeperkingen voorkomen. De wetenschappelijke literatuur voor de literatuurstudie zal gezocht worden met behulp van databanken die beschikbaar zijn gesteld door U Hasselt. Enkele voorbeelden zijn: ScienceDirect, Google Scholar, ProQuest, ... In deze databanken zal gewerkt worden met Engelstalige zoektermen zoals "Loading constraints", "Vehicle routing problem", "Vehicle routing problem with loading constraints". Vervolgens zal er onderzocht worden met welke beperkingen bedrijven geconfronteerd worden en in welke mate hiermee rekening wordt gehouden in de praktijk. Dit zal door middel van interviews bij verschillende bedrijven gebeuren. Het kan zijn dat bedrijven andere technieken toepassen of met andere problemen geconfronteerd worden dan diegene die in de literatuur beschreven worden. De bedrijven die geïnterviewd werden zijn Colruyt Group, Transport Lux en DB Schenker. Er werd voor Colruyt gekozen omdat dit bedrijf werkt met een zeer specifiek karrensysteem. Transport Lux werd geïnterviewd omdat dit bedrijf een belangrijke speler is in de transportsector in de regio Haspengouw. Ten slotte kon via de stage bij Fremach Diepenbeek contact gelegd worden met DB Schenker, een zeer grote transportfirma die zowel in België als in het buitenland verschillende vestigingen heeft. De interviews bij deze drie spelers zouden een goed beeld moeten geven van hoe deze bedrijven in de praktijk omgaan met de problematieken uit de literatuurstudie.

De centrale onderzoeksvraag van deze masterproef luidt als volgt: *"Hoe kunnen transporteurs een efficiënte routeplanning bekomen, rekening houdend met verschillende ladingsbeperkingen?"* Dit onderzoek heeft als doel om een opsomming weer te geven van de verschillende ladingsbeperkingen en hoe deze beperkingen een invloed hebben op de rittenplanning. Om de centrale onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden zal gebruik gemaakt worden van deelvragen.

De eerste deelvraag is "*Welke ladingsbeperkingen worden in de literatuur besproken?*" In de eerste deelvraag zal in de literatuur gezocht worden naar de verschillende ladingsbeperkingen. Elk laadprobleem zal kort omschreven en indien nodig verduidelijkt worden aan de hand van een voorbeeld.

De tweede deelvraag kan als volgt omschreven worden: "*Welke rittenplanningsproblemen in verband met ladingsbeperkingen worden in de literatuur besproken?*" In de tweede deelvraag wordt het tweede deel van de literatuur besproken betreffende de routeplanning. Er zullen verschillende soorten rittenplanningsproblemen besproken worden die nauw samenhangen met de literatuur over ladingsbeperkingen. Verder zullen er ook een aantal vrij recente vormen van VRP besproken worden waar geen verband werd gelegd met ladingsbeperkingen. In deze recente VRP vormen is er echter wel nog ruimte om deze te linken aan verschillende ladingsbeperkingen.

De laatste deelvraag is: "*Wat zijn de ladingsbeperkingen waar bedrijven in de praktijk mee te maken krijgen?*" In de derde deelvraag zal de focus op de praktijk liggen. Er zal besproken worden hoe bedrijven in de praktijk omgaan om ladingsbeperkingen en hoe ze hiermee rekening houden in de routeplanning. Vervolgens zal er besproken worden hoe de theorie toegepast kan worden in de praktijk en of er eventuele afwijkingen of nieuwe ontwikkelingen zijn.

## Tabellen met literatuur

Tabel 1: Literatuur betreffende rittenplanningsbeperkingen

	AL	2L-CVRP	3L-CVRP	MPVRP	MCVRP	PPVRP	TSPPD	GVRP	ConVRP	SCC-VRP
Pollaris et al., 2015	X	X	X	X	X	X	X			
Chajakis & Guignard, 2003					X					
Gutin & Punnen, 2007							X			
Tricoire et al., 2011				X						
Zacharidis et al., 2012			X	X		X				
Verdonck et al., 2013										X
Kovacs et al., 2014									X	
Lim et al., 2014								X		
Afshar-Bakesloo et al., 2016								X		
Nguyen et al., 2016	X									
Ostermeier et al., 2018					X					
Fernandez et al., 2018										X
Ostermeier & Hübner, 2018					X					
Stravopoulou et al., 2018									X	





## 2. Literatuurstudie

In de literatuurstudie zal een antwoord gezocht worden op de eerste en de tweede deelvraag. Zoals reeds vermeld in de probleemstelling, zal in dit onderzoek de focus liggen op de verschillende ladingsbeperkingen die kunnen voorkomen bij het laden van een vrachtwagen. Het doel van elk bedrijf is om een zo laag mogelijke totale kost te hebben, dus ook voor het transporteren van goederen. Ladingsbeperkingen leunen nauw aan bij het VRP waar het gaat om de distributie van goederen tussen distributiecentra en klanten. VRP heeft als doel om verschillende routes te vinden voor een wagenpark zodat wordt voldaan aan de vraag van alle klanten. De klanttevredenheid moet dus gemaximaliseerd worden terwijl de afgelegde afstand geminimaliseerd moet worden (Pollaris et al., 2017). In de literatuurstudie zal de opbouw van de wetenschappelijke paper van Pollaris et al., 2015 gevolgd worden. Eventuele nieuwe concepten zullen toegevoegd worden aan deze structuur.

Ladingsbeperkingen kunnen onderverdeeld worden in vier categorieën: beperkingen gerelateerd aan het goed (item-related constraints), beperkingen gerelateerd aan de vracht (cargo-related constraints), beperkingen gerelateerd aan de container (container-related constraints) en beperkingen van de lading (load-related constraints).

Tabel 2: Academische literatuur betreffende ladingsbeperkingen

	Complete-shipment	Toewijzingsbeperkingen	Plaatsbepalingsbeperkingen	Gewichtslimieten	Gewichtsverdeling beperkingen	Laadprioriteiten	Orthogonaliteitsbeperkingen	Oriëntatiebeperkingen	Stapelbeperkingen	Stabiliteitsbeperkingen	Complexiteitsbeperkingen
Bortfeldt & Wäscher, 2013	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Pollaris et al., 2015	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Bischoff & Ratcliff, 1995			X		X	X			X	X	
Junqueira et al., 2012	X			X				X	X	X	X
Lim et al., 2013					X						
Wang et al., 2013						X					
Martinez et al., 2015	X	X				X		X	X	X	
Jamrus & Chien, 2016						X					
Pollaris et al., 2017					X						
Sheng et al., 2017	X										
Ostermeier et al., 2018		X	X								

## **2.1 Beperkingen gerelateerd aan de vracht**

### **2.1.1 Complete-shipment constraints**

Onderdelen van een bepaald goed kunnen in meerdere pakketten verpakt worden. Al deze pakketten moeten natuurlijk samen geleverd worden bij de eindgebruiker omdat al de pakketten samen één geheel moeten vormen dat op de eindbestemming in elkaar gezet moet worden (Martinez et al., 2015; Junqueira et al., 2012). Een voorbeeld hiervan kan zijn wanneer de verschillende onderdelen van een keuken geleverd moeten worden bij een klant. Deze onderdelen zitten allemaal apart verpakt, maar dienen samen geleverd worden. Men kan dus niet zomaar een deel van deze bestelling leveren en vervolgens een week wachten om het volgende deel te leveren (Bortfeldt & Wäscher, 2013). Dus als één item van de bestelling geladen wordt, moeten alle items van de bestelling geladen worden. Indien één item van de bestelling niet geladen kan worden, wordt de volledige bestelling niet geladen (Sheng et al., 2017; Bortfeldt & Wäscher, 2013; Pollaris et al., 2015).

### **2.1.2 Toewijzingsbeperkingen**

Bestellingen van verschillende klanten worden vaak samen in één vrachtwagen vervoerd omdat het niet mogelijk is om voor elke klant een apart transport in te zetten. De producten die de klanten bestellen kunnen sterk verschillen van elkaar. Zo sterk zelfs dat ze een negatieve invloed op elkaar kunnen uitoefenen. Daarom is er nood aan verschillende soorten compartimenten in een vrachtwagen om de goederen van elkaar te scheiden.

Er wordt bij deze beperking een onderverdeling gemaakt tussen connectiviteitsbeperkingen en scheidingsbeperkingen. Connectiviteitsbeperkingen vereist dat alle items van een bepaalde bestelling in dezelfde vrachtwagen of container worden geladen. Dit is het geval wanneer een klant alle items van zijn bestelling bij slechts één levering wil ontvangen. In de literatuur over VRP is het normaal dat elke klant slechts één keer wordt bezocht (Pollaris et al., 2015). De scheidingsbeperkingen zorgen ervoor dat bepaalde producten niet samen in hetzelfde voertuig getransporteerd worden. Deze beperking is relevant wanneer men verschillende soorten goederen moet transporteren. Voedsel en parfum mogen bijvoorbeeld niet in hetzelfde voertuig getransporteerd worden (Bortfeldt & Wäscher, 2013).

Een oplossing voor dit probleem kan gevonden worden bij het VRP met meerdere compartimenten. Door verschillende compartimenten te installeren in de vrachtwagen kunnen verschillende soorten goederen toch in hetzelfde voertuig getransporteerd worden (Pollaris et al., 2015). Er zijn verschillende compartimenten nodig omdat elk product een specifiek karakter heeft en dit mag niet gemengd worden met dat van andere producten. De grootte en de positie van de compartimenten kan aangepast worden voor elke rit door gebruik te maken van flexibele compartimenten. Het aantal compartimenten varieert tussen één en vijf en ze kunnen aangepast worden naargelang het soort klanten dat bediend moet worden zonder dat er capaciteit verloren gaat. De compartimenten moet zo georganiseerd zijn dat ze geen andere compartimenten blokkeren zodat er geen goederen nutteloos in- en uitgeladen moeten worden (Ostermeier et al., 2018). In figuur 1 worden een paar

voorbeelden gegeven hoe een vrachtwagen met meerdere compartimenten kan ingedeeld worden. Het verschil met een vrachtwagen die geen verschillende compartimenten heeft wordt nog eens duidelijk weergegeven. Een uitgewerkt voorbeeld van het VRP met meerdere compartimenten zal besproken worden in sectie 2.5.5.

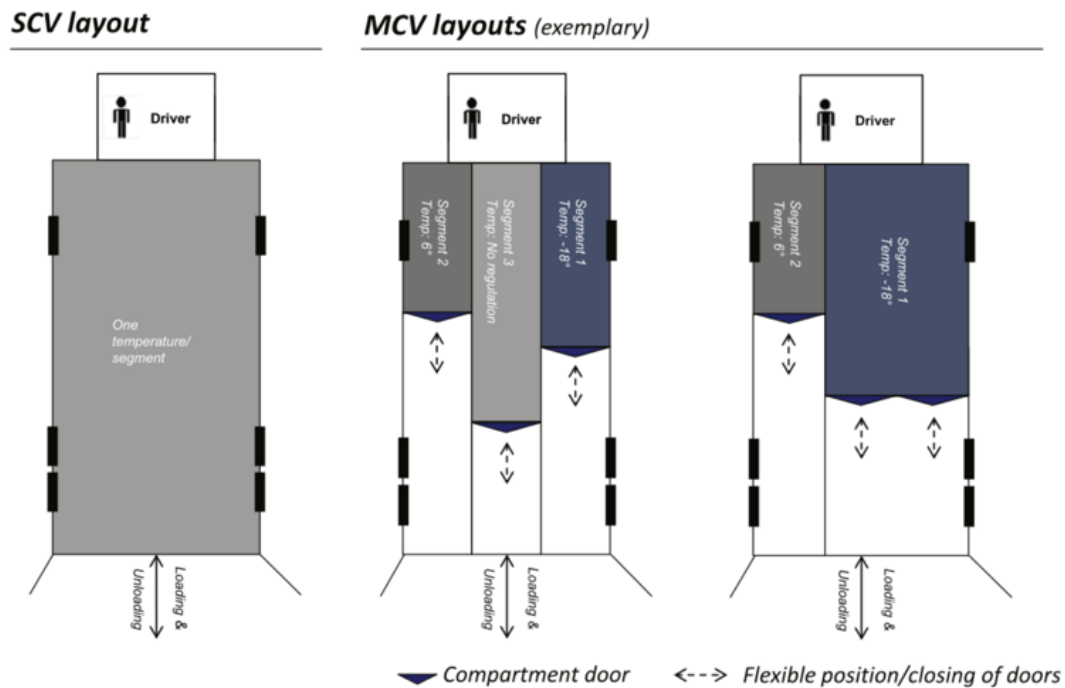


Fig.1: Vrachtwagen met meerdere compartimenten (Ostermeier & Hübner, 2018)

### 2.1.3 Plaatsbepalingsbeperkingen

Men mag niet willekeurig goederen in een vrachtwagen plaatsen. Indien men dit wel zou doen zal dit zorgen voor grote problemen bij het uitladen van de goederen wat zal leiden tot tijdverlies en hoge kosten. Daarom bestaan de plaatsbepalingsbeperkingen. Er zijn absolute beperkingen en relatieve beperkingen. Absolute beperkingen slaan op het feit dat items niet in een bepaalde positie geplaatst mogen worden of niet op een bepaalde plaats in de container gezet mogen worden (Pollaris et al., 2015). Omvangrijke items moeten bijvoorbeeld kort bij de deur van de container geplaatst worden. Vluchtige vloeistoffen en explosieven moeten ook kort bij de deur geladen worden en op de rand van de pallet zodat ze snel verwijderd kunnen worden indien nodig (Bortfeldt & Wäscher, 2013).

Bij relatieve beperkingen gaat het over restricties van het plaatsen van bepaalde soorten goederen langs elkaar. Het kan ook zijn dat bepaalde items juist kort bij elkaar geplaatst kunnen worden. Dit laatste wordt ook wel een groeperingsbeperking genoemd. Wanneer verschillende goederen bij een bepaalde klant geleverd moeten worden, is het natuurlijk handiger bij het uitladen van de vrachtwagen dat alle goederen bij elkaar staan. Door de items van eenzelfde bestelling te groeperen verkort men niet alleen het uitladen van de container en het controleproces, maar ook vermindert het de kans dat er goederen van een bestelling vergeten worden. (Bortfeldt & Wäscher, 2013). Bijvoorbeeld voeding mag niet kort bij chemische stoffen of parfum geladen worden (Bischoff & Ratcliff, 1995). Dit slaat terug op de toewijzingsbeperkingen besproken in 2.1.2.

In het geval dat men te maken heeft met multi-drop situaties kan de plaatsing van de goederen zowel relatieve als absolute beperkingen hebben. Bij multi-drop situaties moet de vrachtwagen bij verschillende klanten goederen leveren. De items van een bestelling voor klant A zullen gegroepeerd moeten worden, een absolute beperking, en items van sommige bestellingen zullen niet langs elkaar gezet mogen worden, een relatieve beperking (Bischoff & Ratcliff, 1995). Bij multi-drop situaties moet men er dus rekening mee houden dat de goederen van bijvoorbeeld klant B het uitladen van de goederen van klant A niet hindert. Er worden ook korte tijdsventers opgelegd aan de chauffeurs waardoor ze geen tijd hebben om de goederen te herorganiseren tijdens het uitladen (Ostermeier et al., 2018). Door de lading goed te organiseren aan het begin van de rit bespaart de chauffeur tijd doordat hij niet eerst goederen van een andere klant moet uitladen en vervolgens terug moet inladen om naar de volgende klant te rijden. Dit fenomeen verwijst naar de last-in-first-out (LIFO) beperking (Pollaris et al., 2015).

## **2.2 Beperkingen gerelateerd aan de container**

### **2.2.1 Gewichtslimieten**

Het totale gewicht van de items in de vrachtwagen of container mag niet hoger zijn dan het gewicht van het voertuig (Pollaris et al., 2015; Junqueira et al., 2012). Het kan zijn dat wanneer zware goederen geladen moeten worden, er nog plaats genoeg is in de container, maar dat men het maximale gewicht heeft bereikt (Bortfeldt & Wäscher, 2013).

## 2.2.2 Beperkingen betreffende gewichtsverdeling

Om de stabiliteit van de vrachtwagen te waarborgen is het belangrijk om het gewicht van de lading aan boord in evenwicht te houden. Indien hier geen rekening mee gehouden wordt, zal dit resulteren in gekantelde vrachtwagens zoals beschreven in de probleemstelling. Ook riskeren chauffeurs een boete omdat een verkeerd geladen vrachtwagen schade kan toebrengen aan het wegdek en een gevaar is voor de andere weggebruikers. Evenwicht van de lading kan men bereiken door te zorgen dat het zwaartepunt van de lading kort bij het middelpunt van de container ligt (Pollaris et al., 2015).

Een vrachtwagen heeft verschillende assen, een as voor de trekker en een as voor de aanhangwagen. Zoals geïllustreerd in figuur 2 kan men zien dat wanneer item  $j$  in het voertuig geplaatst wordt, het gewicht verdeeld is over de as van de trekker en de as van de aanhangwagen.  $F_k^j$  vertegenwoordigt het gewicht van item  $j$  op de as van de trekker.  $F_a^j$  vertegenwoordigt het gewicht van item  $j$  op de as van de aanhangwagen. De oorzaak voor het hoge aantal overtredingen voor de verdeling van het gewicht ligt bij het feit dat deze beperking niet is inbegrepen in huidige routeplanning software (Pollaris et al., 2015).

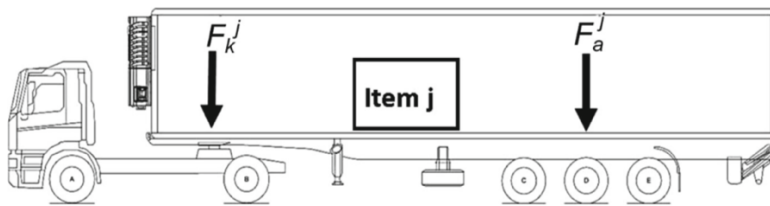


Fig. 2: Verdeling gewicht assen trekker en aanhangwagen

Boetes worden opgemaakt op basis van het Weigh-In-Motion (WIM) systeem dat geïnstalleerd is op snelwegen. Dit verhoogt de kans dat men verkeerd geladen vrachtwagens kan detecteren. Vrachtwagens waarvan de assen overbelast zijn, zijn niet alleen een bedreiging voor de verkeersveiligheid maar zorgen ook voor aanzienlijke schade van het wegdek (Pollaris et al., 2017).

Op plaatsen waar geen WIM-systeem geïnstalleerd is, worden de controles visueel uitgevoerd door wegininspecteurs of leden van de wegpolitie. Wanneer ze vermoeden dat een vrachtwagen overladen is, begeleiden ze deze naar een weeginstallatie om dit na te gaan. Deze manier van werken is natuurlijk niet zo efficiënt. Daarom is het WIM-systeem ontwikkeld. Het systeem werkt als volgt: Er zijn overzichtscamera's die de situatie in beeld brengen. Deze camera's zijn samen met een nummerplaatherkenningcamera's bevestigd aan een brug. Vervolgens geven de inductieve lussen op alle rijstroken en de pechstrook een indicatie van de lengte en de snelheid van het voertuig. Dit wordt aangevuld met de weegsensoren op de rechter en midden rijstrook. Al deze informatie wordt dan doorgestuurd naar de WIM-interface dat de wegpolitie continue kan raadplegen. Zo kunnen ze zien wanneer een overladen voertuig voorbijrijdt en kunnen ze de vrachtwagen op tijd stoppen ("Weigh in Motion (WIM)", z.d.). De werking wordt visueel weergegeven in de figuur hieronder van het Agentschap van Wegen & Verkeer.

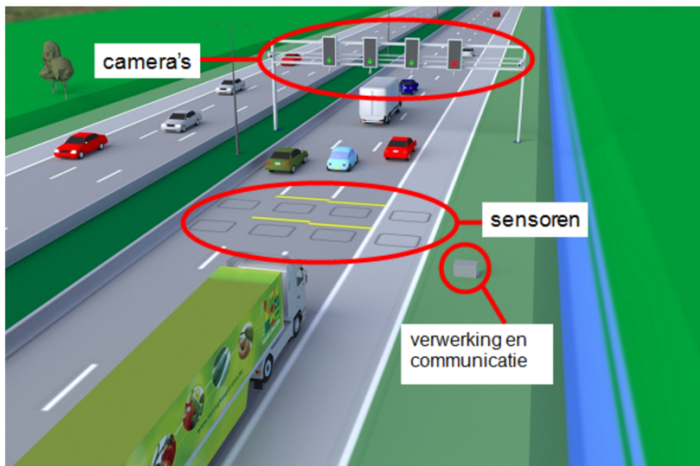


Fig. 3: Weigh in Motion werking

Een container wordt gedurende het transport van leverancier naar de eindgebruiker niet op eenzelfde voertuig getransporteerd. Dit is bijvoorbeeld zo wanneer een container eerste geladen wordt voor maritiem transport. Wanneer deze container aankomt in de haven zal deze verder getransporteerd worden over de weg door middel van een vrachtwagen. Op dat moment wordt de verdeling over de assen zeer belangrijk wat misschien voor de vorige transportmiddelen niet het geval was (Bischoff & Ratcliff, 1995). Deze vorm van transport wordt intermodaal transport genoemd waar er verschillende transportmiddelen worden ingezet voor het transport van punt A naar punt B (Intermodaal vervoer, z.d.).

Lim et al. (2013) geeft deze problematiek in de context van het maritiem transport duidelijk weer. Containers worden altijd zo vol mogelijk geladen waardoor geen rekening wordt gehouden met een maximaal gewicht of de verdeling van het gewicht. Dit zorgt voor problemen wanneer de container van het schip overgeplaatst wordt naar een vrachtwagen om de reis verder te zetten over de weg. Het laden van een container is gebaseerd op volume terwijl het laden van een vrachtwagen gebaseerd is op gewicht en de juiste verdeling ervan over de assen. Vooraleer de vrachtwagen begint aan zijn reis wordt deze eerst gewogen met aandacht voor het maximale toegelaten gewicht. Indien de vrachtwagen te zwaar is zal de container uitgeladen worden en de goederen zullen verdeeld worden over twee vrachtwagens. Vervolgens zullen beide vrachtwagens opnieuw gewogen worden voor ze de weg op gaan. Wanneer deze weging is goedgekeurd mogen ze beginnen aan hun reis. Dit is een zeer kostelijk proces om twee redenen. Enerzijds is de inzet van een tweede vrachtwagen een dure oplossing omdat een extra chauffeur betaald moet worden. Anderzijds is het uitladen van de container, het opsplitsen van pakketten, uitpakken en terug inpakken zeer arbeidsintensief wat ook een hoge kost met zich meebrengt.

Er moet dus een manier gevonden worden om ervoor te zorgen dat het gewicht in de container bij het begin van het transport voldoet aan de voorwaarden van het wegtransport zodat alle extra kosten en kans op boetes vermeden kunnen worden. In figuur 4 wordt een mogelijke reis die een product aflegt beschreven. Hier is ook duidelijk te zien hoe moeilijk het is om palletten uit elkaar te halen indien de vrachtwagen te zwaar is. In figuur 5 wordt een stroomschema van de gewichtsinspectie weergegeven.

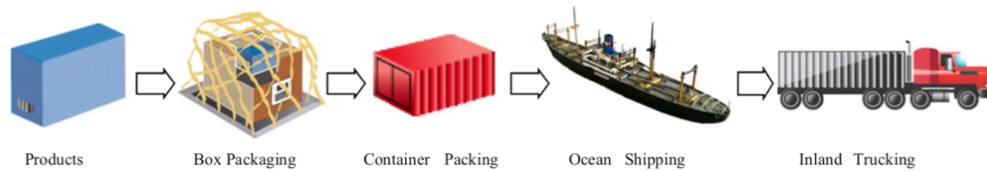


Fig. 4: Productstroom

## 2.3 Beperkingen gerelateerd aan het goed

### 2.3.1 Laadprioriteiten

In werkelijkheid komt het vaak voor dat de capaciteit van het voertuig niet voldoende is om alle goederen te laden. Op dat moment zal men keuzes moeten kiezen welke goederen geladen worden en welke goederen achtergelaten worden. De beslissing om een goed mee te nemen of achter te laten hangt af van de houdbaarheid van het product en de verschillende leveringstermijnen (Pollaris et al., 2015). Indien bederfbare goederen (Vb. vers fruit) en niet bederfbare goederen (Vb. eten in blik) in een container getransporteerd worden, moeten steeds de bederfbare producten eerst geleverd worden (Jamrus & Chien, 2016). Men moet steeds een lijst met prioriteiten opstellen en vervolgens nagaan in de finale oplossing of alle goederen met een hoge prioriteit in de container geladen zijn. Het is van absoluut belang dat nooit producten met een lagere prioriteit geladen mogen worden indien dit tot gevolg heeft dat een item met een hogere prioriteit achtergelaten moet worden. De relatieve prioriteit slaat op de waarde van het plaatsen van een item in de container in plaats van een ander item (Bischoff & Ratcliff, 1995). Een voorbeeld van een prioriteit is de verschillende leveringstermijnen die gerespecteerd moeten worden. De goederen met de kortste leveringstermijn moeten dus eerst geleverd worden om sancties te vermijden. Een bedrijf zal meestal ook een hogere prioriteit geven aan de goederen van trouwe klanten en een lagere prioriteit aan de goederen van nieuwe klanten om klantloyaliteit te belonen. (Wang et al., 2013).

### 2.3.2 Orthogonaliteitsbeperkingen

Wanneer het gaat over het laden van een item wordt verondersteld dat de items rechthoekig zijn en dat ze loodrecht op elkaar geplaatst kunnen worden parallel met de randen van het voertuig (Pollaris et al., 2015).



### **2.3.3 Oriëntatiebeperkingen**

Een doos heeft zes verschillende oriëntaties. Een oriëntatiebeperking verbiedt het gebruik van sommige van de zes oriëntaties (Martinez et al., 2015). De oriëntatie van een item kan vast bepaald zijn afhankelijk van de hoogte, lengte en breedte van de vrachtwagen (Pollaris et al., 2015). De oriëntatie kan ook vast bepaald zijn door de beschikbare laad- en losinstallatie (Junqueira et al., 2012). De verticale oriëntatie is vaak vast bepaald om te voorkomen dat het goed beschadigd raakt wanneer men het goed ondersteboven in het voertuig plaatst of om de stabiliteit van het goed te garanderen. Dit is meestal aangegeven door een "this way up" etiket. Soms kan het toegelaten zijn om een doos 90° te draaien. Horizontale oriëntatie kan ook vast bepaald zijn wanneer items bijvoorbeeld slechts toegankelijk zijn via een bepaalde kant. Een pallet is een voorbeeld hiervan aangezien een heftruck de pallet in en uit moet laden en dit kan slechts via twee zijden (Bortfeldt & Wäscher, 2013).

### **2.3.4 Stapelbeperkingen**

Stapelbeperkingen limiteren de manier waarop dozen op elkaar gestapeld kunnen worden. Het is normaal dat dozen van verschillende klanten verschillen in gewicht en het vermogen om druk te weerstaan van het gewicht van de dozen die erboven gestapeld zijn. Hierdoor wordt het aantal dozen dat op elkaar gestapeld kan worden beperkt (Martinez et al., 2015; Junqueira et al., 2012). De stapelbeperkingen of ook wel fragiliteitbeperkingen genoemd, zorgen ervoor dat deze situatie niet zal voorkomen. De draagkracht van een item is de maximale druk die uitgeoefend kan worden op het item voordat er schade optreedt (Pollaris et al., 2015). De maximale draagkracht van een doos hangt af van het materiaal van de doos en het soort goederen dat in de doos zit (Bischoff & Ratcliff, 1995). Dozen die gevuld zijn met een vaste inhoud zoals hardhout zorgen ervoor dat er meer dozen op elkaar gestapeld kunnen worden dan dozen met een minder vaste inhoud zoals porselein. Ook de omstandigheden waaronder de dozen worden gebruikt zoals vochtigheid, duur van het transport en manier van stapelen hebben een invloed op de draagkracht (Bortfeldt & Wäscher, 2013).

Breekbare items kunnen geen druk van een andere doos verdragen. Er mag dus niets gestapeld worden op een doos met breekbare producten. Een uitzondering is dat verschillende dozen die allemaal breekbare producten bevatten wel op elkaar gestapeld mogen worden (Junqueira et al., 2012). Dozen van niet-breekbare producten mogen gestapeld worden op dozen waar ook niet-breekbare producten in zitten, en dozen met breekbare producten mogen ook op dozen met niet-breekbare producten gestapeld worden (Pollaris et al., 2015).

Er kunnen ook beperkingen zijn op het aantal dozen dat op elkaar gestapeld mag worden. Dit wordt meestal aangegeven door een etiket met de tekst: "Stack no more than x high." Er bestaan beperkingen op het feit dat grote dozen niet op kleine dozen geplaatst mogen worden. Hier is vooral het materiaal van de doos belangrijk. Een doos die gemaakt is uit karton kan minder gewicht verdragen dan een doos die is gemaakt uit metaal (Bortfeldt & Wäscher, 2013).

## **2.4 Beperkingen betreffende de lading**

### **2.4.1 Stabiliteitsbeperkingen**

Een vracht die niet stabiel geladen is, kan ervoor zorgen dat de goederen beschadigd raken. Bovendien loopt het personeel hierdoor risico bij het transport en vooral bij het uitladen van de goederen (Bortfeldt & Wäscher, 2013). Er kunnen riemen, airbags en andere apparaten gebruikt worden om ervoor te zorgen dat de goederen niet verschuiven. Door goed te stapelen bespaart men vooral kosten in tijd en arbeid omdat men een lading niet meer moet herorganiseren wanneer deze slecht is gestapeld (Bischoff & Ratcliff, 1995). Wanneer goederen gestapeld worden in een voertuig of container is het belangrijk dat alle goederen ondersteund worden door andere goederen of de grond (Pollaris et al., 2015). Verticale stabiliteit ofwel statische stabiliteit, zorgt ervoor dat de goederen niet op de grond van de container vallen of op andere goederen. Horizontale stabiliteit ook wel dynamische stabiliteit genoemd, zorgt ervoor dat goederen niet te veel verschuiven gedurende het transport. Er moet ook rekening gehouden worden met de stabiliteit in situaties waar men op meerdere plaatsen moet stoppen om goederen af te leveren. Ondanks het belang van deze ladingsbeperking is er niet veel literatuur over beschikbaar (Bortfeldt & Wäscher, 2013; Junqueira et al., 2012).

### **2.4.2 Complexiteitsbeperkingen**

Deze ladingsbeperking geeft de beperking weer van technische en menselijke middelen. Complexe laadpatronen zijn misschien niet geschikt voor het handmatig laden van een vrachtwagen omdat ze niet altijd gevisualiseerd en begrepen kunnen worden door het ladingspersoneel. De implementatie van deze complexe patronen neemt veel tijd in beslag. Meer robots en geautomatiseerde verpakkingstechnologieën zijn dan weer niet altijd geschikt voor complexe laadpatronen waardoor er toch duur personeel nodig is (Bortfeldt & Wäscher, 2013; Junqueira et al., 2012).

## **2.5 Rittenplanningsprobleem**

De ladingsbeperkingen die eerder besproken werden, zullen in dit onderdeel in verband gebracht worden met het vehicle routing problem. De opbouw van de wetenschappelijke studie van Pollaris et al., 2015 zal ook voor dit deel gevolgd worden voor de belangrijkste aspecten van het VRP. Verder zullen nog enkele recente begrippen toegevoegd worden die onderzocht zijn na 2015.

### 2.5.1 Algemene rittenplanningsbeperkingen

Niet alleen ladingsbeperkingen vormen een probleem bij het laden van een vrachtwagen, ook de vrachtwagens zelf of eventuele wetten kunnen een beperking zijn. Kenmerken van de vloot van vrachtwagens is de eerste rittenplanningsbeperking. Vrachtwagens hebben verschillende groottes, capaciteit en mogelijkheden tot het in- en uitladen van goederen. De laadruimte wordt bepaald door de afmetingen van de vrachtwagen. Vrachtwagens verschillen in de manier waarop ze geladen en uitgeladen kunnen worden. Bij een homogene vloot is dit voor elk voertuig hetzelfde, bij een heterogene vloot verschilt dit voor de verschillende soorten voertuigen. Dit zijn dus bijkomende beperkingen naast de ladingsbeperkingen die eerder besproken werden (Pollaris et al., 2015). Het standaard rittenplanningsprobleem wordt ook wel het traveling salesman problem genoemd. Deze theorie beschrijft de problematiek voor een transporteur om een route te vinden met één vrachtwagen vanuit zijn bedrijf naar de verschillende klanten om vervolgens te eindigen terug bij de thuisbasis. De route moet zo georganiseerd worden dat de totale afgelegde afstand geminimaliseerd wordt en elke stad slechts één keer bezocht wordt (Gutin & Punnen, 2007). Naast een minimale afstand moet er ook rekening gehouden worden met de reistijd die een route in beslag neemt. Dit kan zeer sterk verschillen door bijvoorbeeld spits- en daluren en congestie.

Verder kunnen ook wetten beperkingen vormen. Een van deze wetten over de belasting van de assen werd reeds aangehaald in de sectie over de verdeling van het gewicht in de vrachtwagen. De wetgeving betreffende de rij- en rusttijden van een chauffeur is ook een belangrijke beperkende factor (Pollaris et al., 2015). Om de rij- en rusttijden van de chauffeur te meten, wordt gebruik gemaakt van een tachograaf. Deze verplichte tachograaf heeft vier doelstellingen: Verkeersveiligheid versterken, werkvoorwaarden voor de bestuurders verbeteren, eerlijke concurrentie bevorderen en het beheer van ondernemingen vergemakkelijken ("De Tachograaf", z.d.). Ook certificaten zijn tegenwoordig zeer belangrijk en sommige wettelijk verplicht en kunnen een beperking vormen voor het bedrijf.

Door de globalisatie maken meer bedrijven gebruik van outsourcing waardoor transport nog belangrijker is geworden. Het nadeel is natuurlijk dat de uitstoot van broeikasgassen enorm gestegen is waardoor de vermindering ervan de grootste uitdaging van deze eeuw is geworden. Als gevolg hiervan is green vehicle routing problem ontstaan (Afshar-Bakeshloo et al., 2016). Bij deze vorm van rittenplanning wordt groen transport gepromoot. Voorbeelden hiervan zijn alternatieve brandstoffen, elektronische voertuigen, etc (Lin et al., 2014).

Tenslotte kunnen er tijdsventers zijn waarbinnen de levering moet plaatsvinden. Deze tijdsvensters kunnen hard of zacht zijn. Bij zachte tijdsvensters is er ruimte om buiten het tijdsvenster te leveren, maar er zal wel een boete gegeven worden aan het transportbedrijf. Harde tijdsvensters laten geen levering buiten het tijdsvenster toe (Pollaris et al., 2015). Men gaat ervan uit dat de vraag van de klant en de reistijd gekend zijn. Door verschillende omstandigheden zoals file kunnen de reistijden van de chauffeur afwijken waardoor goederen niet op tijd geleverd worden (Nguyen et al., 2016).

### **2.5.2 Two-dimensional loading capacitated vehicle problem (2L-CVRP)**

Voor deze vorm van het rittenplanningsprobleem wordt het principe van CVRP toegepast, capacitated vehicle routing problem. Men gaat er dus vanuit dat één of meerdere voertuigen een beperkte laadcapaciteit hebben en dat het aantal vrachtwagens die ter beschikking staan beperkt zijn. In 2L-CVRP worden de verzoeken van de klanten en de afmetingen van de voertuigen uitgedrukt in twee dimensies. Er wordt rekening gehouden met de lengte en breedte, maar niet met de hoogte van de lading. In de praktijk komt dit soort problemen voor wanneer goederen niet gestapeld kunnen worden door hun gewicht, fragiliteit of grootte. Een voorbeeld hiervan is het leveren van een grote keuken met onderdelen zoals de koelkast, andere elektronische toestellen en breekbare items zoals glas. Doordat er geen rekening gehouden wordt met de hoogte, worden laadbeperkingen zoals stapelbeperkingen en verticale stabiliteit niet in rekenschap genomen (Pollaris et al., 2015).

### **2.5.3 Three-dimensional loading capacitated vehicle problem (3L-CVRP)**

Bij 3L-CVRP wordt met alle dimensies van de lading rekening gehouden. Doordat nu wel met de hoogte rekening gehouden wordt, zijn de laadbeperkingen met betrekking tot het stapelen van dozen, fragiliteit van de goederen en verticale stabiliteit wel van belang (Pollaris et al., 2015). Er wordt in dit model verondersteld dat de vraag van de klant is samengesteld uit orthogonale driedimensionale dozen. Dit wil zeggen dat de dozen loodrecht en op een praktische manier op elkaar gestapeld moeten worden in rechthoekige containers (Zachariadis et al., 2012).

### **2.5.4 Multi-pile VRP**

In de literatuur over MP-VRP wordt er steeds gewerkt aan de hand van een voorbeeld met spaanplaten maar dit rittenplanningsprobleem kan natuurlijk ook in andere contexten toegepast worden. Het MP-VRP is gericht op het minimaliseren van de kosten voor een route voor het leveren van verschillende soorten spaanplaten. De spaanplaten moeten zo gestapeld worden dat goederen van een klant die later op de route bezocht wordt het uitladen van de goederen van de huidige klant niet belemmert (Zachariadis et al., 2012). Een klant heeft meestal een mix van spaanplaten met verschillende afmetingen nodig. Alle producten van één klant worden verzameld op een pallet zodat men het als één item kan beschouwen. Elk voertuig heeft een bepaalde lengte. Deze lengte wordt onderverdeeld in verschillende stapels die parallel zijn met elkaar. Natuurlijk moet er ook rekening gehouden worden dat het gewicht van deze stapels niet hoger is dan het maximale gewicht van de vrachtwagen zoals besproken in 2.2.1. In figuur 6 wordt een voorbeeld weergegeven van een bestelling van drie verschillende klanten die in een vrachtwagen geladen moeten worden (Tricoire et al., 2011).

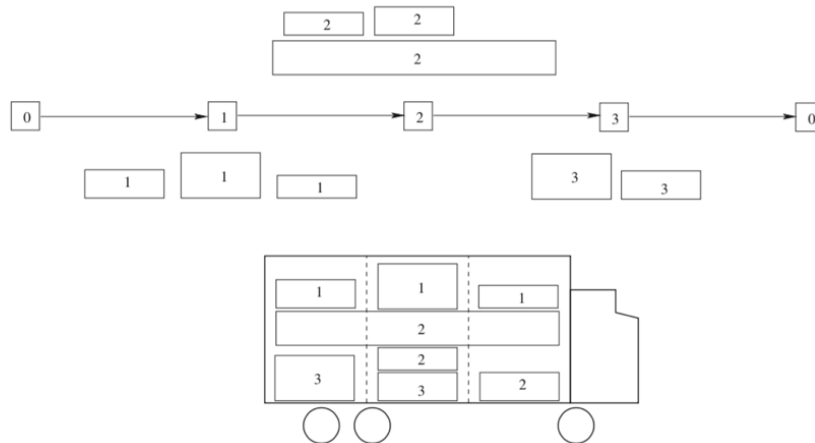


Fig.5: Voorbeeld multi-pile laden (Tricoire et al., 2011)

### 2.5.5 Multi-compartment VRP

Bij de toewijzingsbeperkingen in sectie 2.1.2 werd al kort omschreven wat een VRP met meerdere compartimenten is. Een voorbeeld hiervan kan men terugvinden in het transporteren van voeding. Sommige producten moeten koel bewaard worden, diepgevroren of gewoon op omgevingstemperatuur. Deze temperatuurvereisten kunnen door de wet of door kwaliteitsmanagement verplicht zijn om bijvoorbeeld een langere houdbaarheid te garanderen (Ostermeier & Hübner, 2018). Door een koelcompartiment te installeren in de vrachtwagen kan men verschillende soorten producten met hetzelfde voertuig leveren aan de klant. Vrachtwagens met meerdere compartimenten leveren meestal aan supermarkten omdat dit soort transport vooral in die sector wordt gebruikt. Een ander voorbeeld speelt zich af in de brandstofsector. Doordat er verschillende soorten tanks in één vrachtwagen geïnstalleerd zijn, kunnen verschillende soorten brandstof in dezelfde vrachtwagen getransporteerd worden (Chajakis & Guignard, 2003).

Een supermarkt heeft steeds een grote opslag ter beschikking achteraan de winkel. In een buurtwinkel daarentegen ligt zo goed als alle voorraad in de winkel. Deze opslagbeperking zorgt voor een zeer strakke controle van de voorraad. Daarom is het belangrijk dat orders van buurtwinkels klein zijn en geleverd kunnen worden door slechts één vrachtwagen die zowel droge, als gekoelde en ingevroren goederen kan transporteren. Dit geeft een groot contrast met supermarkten die grote orders plaatsen die door verschillende types vrachtwagens met verschillende temperaturen afgeleverd kunnen worden. Supermarkten hebben ook speciale faciliteiten achteraan de winkel waar de vrachtwagens kunnen leveren zonder de klanten te storen tijdens het winkelen. Buurtwinkels daarentegen hebben deze faciliteiten niet waardoor de chauffeur alle goederen moet leveren via de ingang van de winkel waardoor klanten soms gehinderd kunnen worden. Daarom is het beter dat slechts één vrachtwagen de volledige bestelling levert (Chajakis en Guignard, 2003). Aangezien dit voorbeeld uit een onderzoek komt van 2003 is het niet meer actueel. Tegenwoordig bestaan er alleen nog maar supermarktketens en zijn buurtwinkels verdwenen.

Distributiecentra zijn georganiseerd per temperatuurzone en klanten bestellen meestal producten van verschillende segmenten. Het gevolg is dus dat een vrachtwagen voor elk segment naar een andere laadpoort met een andere temperatuur moet aan het distributiecentrum. In de voedseldistributie wordt de vrachtwagen meestal geladen van de achterkant naar de deur toe zoals te zien op figuur 7. Wanneer met verschillende productsegmenten gewerkt wordt kan het zijn dat voor een bepaalde klant goederen uit verschillende productsegmenten gehaald moeten worden. Het kan zijn dat een compartiment geblokkeerd is door een ander compartiment door de "rear loading". Compartiment 1 kan bijvoorbeeld slechts bereikt worden wanneer compartiment 2, 3 en 4 reeds gedeeltelijk geleedigd zijn. Dit wordt ook wel de LIFO (Last-In-First-Out) beperking genoemd. Men moet hier dus rekening mee houden bij het opstellen van de routeplanning (Ostermeier et al., 2018).

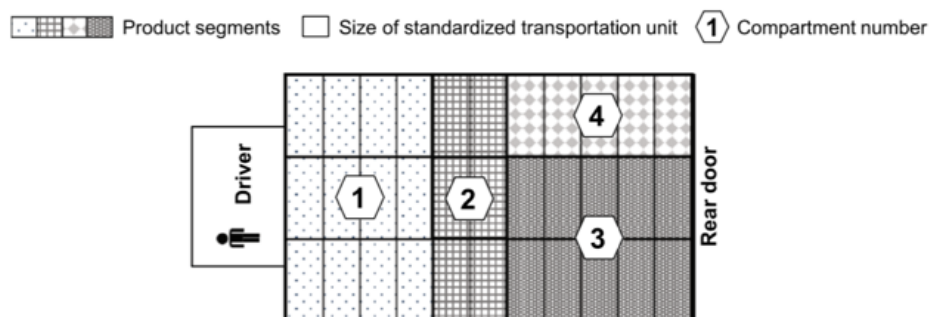


Fig. 6: laad lay-out met vier productsegmenten (Ostermeier et al., 2018)

Zoals reeds eerder vermeld zal een vrachtwagen meerdere temperatuurzones in het distributiecentrum moeten aandoen om verschillende goederen te kunnen laden voor de verschillende segmenten. Dit wordt geïllustreerd op figuur 8 waar vier laadpoorten afgebeeld staan waar een vrachtwagen moet passeren. De kost van het laden hangt dus af van het aantal productsegmenten en het aantal compartimenten die gebruikt moeten worden in de vrachtwagen. Links op de figuur zal er een lage laadkost zijn. Het gaat om een vrachtwagen met slechts één compartiment die aan één laadpoort al zijn goederen moet laden. De vrachtwagen heeft dus maar één keer setupkosten. Rechts op de figuur zal er een hoge laadkost zijn. De vrachtwagen heeft namelijk meerdere compartimenten dus hij moet bij vier laadpoorten goederen laden. De vrachtwagen heeft dus vier keer een setupkost. Dit proces neemt meer tijd in beslag omdat de vrachtwagen naar al deze laadpoorten moet rijden vooraleer hij kan vertrekken. De hoge setupkost van de vrachtwagen met meerdere compartimenten wordt gecompenseerd doordat bestellingen van klanten gecombineerd kunnen worden en er dus minder stopplaatsen zijn (Ostermeier et al., 2018; Ostermeier & Hübner, 2018).

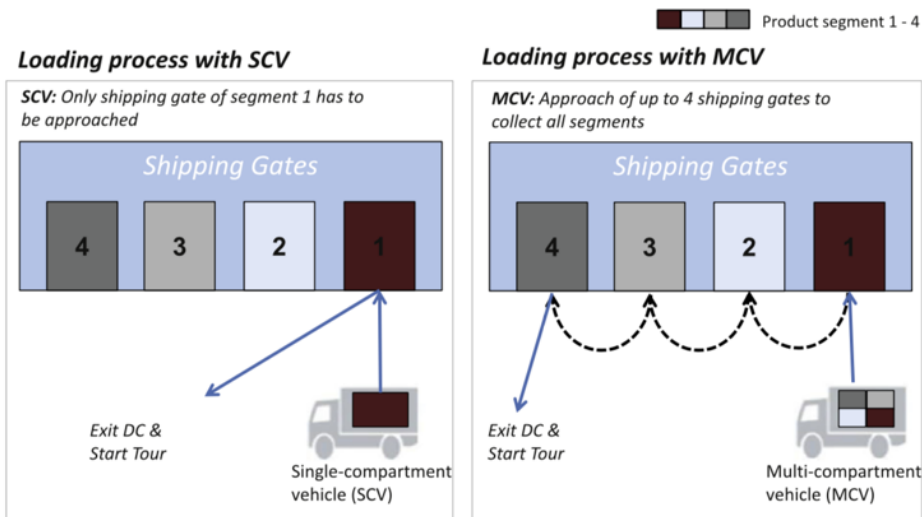


Fig. 7: Ladingsproces met en zonder meerdere compartimenten (Ostermeier & Hübner, 2018)

Alle goederen van een bepaald deel van het distributiecentrum moeten in één keer geladen worden. Indien men met dezelfde vrachtwagen terug naar een laadpoort moet waar men al eerder is geweest, zorgt dit voor een extra laadkost. Dit wordt geïllustreerd in figuur 9 waar situaties V1, V2 en V3 goed geladen vrachtwagens zijn, terwijl V4 een slecht geladen vrachtwagen is aangezien men twee keer naar dezelfde laadpoort moet (Ostermeier et al., 2018).

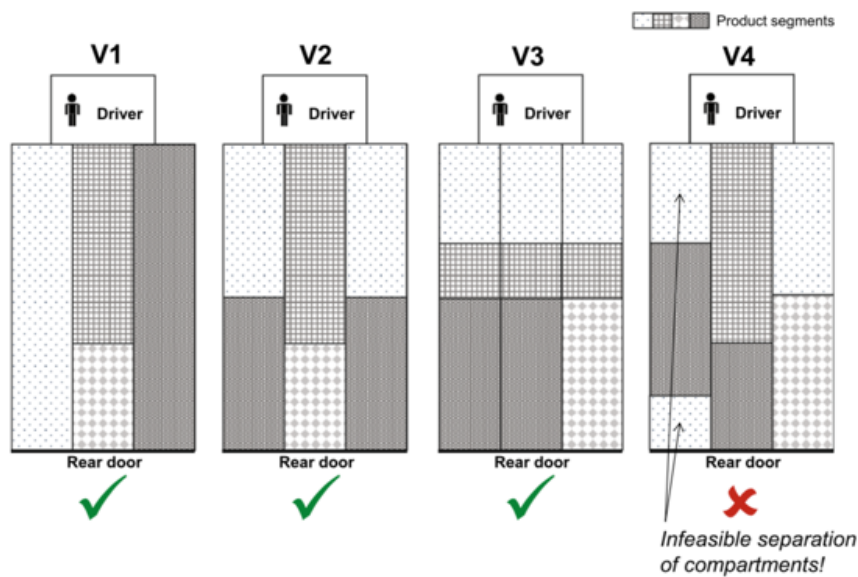


Fig.8: Voorbeeld meerdere compartimenten (Ostermeier et al., 2018)

### **2.5.6 Pallet packing VRP (PPVRP)**

De goederen van de klanten worden samen op één pallet geplaatst en vervolgens in de vrachtwagen geladen (Pollaris et al., 2015). De goederen die een klant bestelt, worden geacht driedimensionaal te zijn zoals beschrijven in 3L-CVRP. Het doel van VRP is om een route te vinden met zo weinig mogelijk kosten. Bij deze vorm van VRP is er echter nog een extra kost, namelijk verpakkingskosten. Het grote verschil met andere ladingsbeperkingen is dat de goederen niet direct geladen worden, maar dus eerst verzameld worden op palletten. Het doel van deze techniek is dat de chauffeur van de vrachtwagen geen verpakkingen van palletten moet verwijderen om de goederen van een klant uit te laden. Door alle goederen van één klant op één pallet te plaatsen moet enkel dat pallet uitgeladen worden en moeten er niet nutteloos verpakkingen opengemaakt worden. Deze methode neemt dus meer tijd in beslag bij het laden van de goederen in het distributiecentrum, maar bespaard wel tijd bij het uitladen bij de klant. In de praktijk vinden we enkele voorbeelden in de supermarktindustrie. Distributiecentra ontvangen bestellingen van supermarkten en zullen deze dan verzamelen op een pallet in het distributiecentrum om ze vervolgens naar de klant te transporteren. Andere voorbeelden zijn terug te vinden in de computer en farmaceutische industrie (Zachariadis et al., 2012).





### **3. Praktijkonderzoek**

Nu er een duidelijk overzicht is gegeven betreffende de verschillende ladingsbeperkingen die in de literatuur besproken worden, kunnen we overgaan op het praktijkgedeelte van deze masterproef. Zoals reeds vermeld in de onderzoeksaanpak zullen de resultaten uit de literatuurstudie getoetst worden aan de realiteit door middel van interviews met bedrijven. Er zal nagegaan worden hoe bedrijven omgaan met de ladingsbeperkingen en hoe ze deze oplossen. De bedrijven die besproken zullen worden zijn Colruyt Group, Transport Lux en DB Schenker.

#### **3.1 Colruyt Group**

##### **3.1.1 Beschrijving Colruyt Group**

Colruyt is een Belgische supermarktketen. De hoofdzetel is gevestigd in Halle waar ook het interview heeft plaatsgevonden. Het bedrijf is gericht op het aanbieden van de laagste prijs voor alle producten in haar assortiment. Indien de klant het product ergens goedkoper heeft gezien kan deze naar de winkel bellen via "de rode telefoon" en dan zal Colruyt dit nagaan en zijn prijs aanpassen. De supermarktketen maakt deel uit van Colruyt Group. Deze groep van bedrijven bestaat uit Colruyt, Dreamland, Bio-Planet, Spar, Dreambaby, Collect&Go, Collishop en Dats24. Naast deze bedrijven is er natuurlijk nog een zeer uitgebreid netwerk van leveranciers die samenwerken met Colruyt Group.

De persoon die werd geïnterviewd voor dit onderzoek is Glenn Verslype. Hij is transportcoördinator binnen de Colruyt Group. De doelstelling is om de tactische aanpak van de transportplannen te beheren en ook een stukje uit te dragen binnen de ganse organisatie. Hij is dus de verbinding tussen de logistiek en de verkoop in de winkels. Mr. Verslype is echter niet verantwoordelijk voor de routeplanning. Hij is samen met een team beheerder van het systeem, die de routeplanning vastlegt. De routeplanning wordt bepaald door een softwaresysteem.

##### **3.1.2 Werkmethode**

Het doel van Colruyt Group is om steeds volle vrachtwagens de weg op te sturen. De ritten vertrekken dus vanuit één DC (distributiecentrum) naar de winkels. Indien voor één winkel de vrachtwagen niet volgeladen kan worden, dan worden verscheidene winkels op één route bediend. Het routesysteem zal dan aangeven welke producten er eerst geladen moeten worden. De vrachtwagens worden geladen door het eigen personeel. Aangezien Colruyt zijn eigen vrachtwagens heeft, vinden zij het logisch dat het eigen personeel deze laadt en lost. Het zijn echter externen en een paar interne werknemers die met de vrachtwagens zullen rijden.

Wanneer de vrachtwagen niet volledig gevuld kan worden met goederen in het centraal DC wordt er gebruik gemaakt van busjes. Deze busjes gaan goederen halen in een ander magazijn om zo toch een volle vrachtwagen de weg op te kunnen sturen. Indien men tien stuks nodig heeft in magazijn A en 20 stuks in magazijn B dan zal de vrachtwagen vertrekken vanuit magazijn B en zullen de

overige tien stuks met een busjes van magazijn A naar magazijn B gebracht worden. Op deze manier wordt de impact op de weg verminderd.

De vrachtwagens zijn niet onderhevig aan temperatuur. De producten van Colruyt worden gekoeld op dragerniveau. Ze hebben enerzijds gewone europalletten en anderzijds hun eigen "Colruyt kar" (Fig.9: Verschillende types karren).

### **3.1.3 De Colruyt kar**

Deze kar is zeer specifiek voor Colruyt en is speciaal ontworpen voor de vrachtwagens van de Colruyt Group. Met deze karren wordt het volume van de Colruytvrachtwagens maximaal benut. Zij vormen tegelijkertijd een zekering voor het voertuig. Het is een grijze kar waarmee de producten worden opgehaald (Fig.10: orderpicking in het distributiecentrum met de kar), getransporteerd en uitgeladen in de winkel (Fig.11&13: uitladen goederen in de winkel). Het is dus eigenlijk de kar die heel het transporttraject doorloopt. Een dergelijke kar is 80cm breed, 150cm diep en 180cm hoog. Zij is dus even breed als een europallet. Een europallet is slechts 120cm diep. Dat wil zeggen dat voor een vrachtwagen van 6m er vijf palletten van 120cm achter elkaar geladen kunnen worden, terwijl Colruyt 4 karren van 150cm achter elkaar kan plaatsen. Op die manier kan het personeel puzzelen om de vrachtwagen zo optimaal mogelijk gevuld te krijgen. In een Colruyt vrachtwagen kunnen precies drie karren van 80cm breed naast elkaar geladen worden (Fig.14: Zekering karren). Door de afmetingen van de karren zijn er geen stapelbeperkingen door het optimaal gebruik van het volume van de vrachtwagen. Voor de gekoelde producten worden dezelfde karren gebruikt, maar dit zijn dan eigenlijk frigo's op wieltjes (Fig.12: Het uitladen van een frigokar). Deze frigo's worden geïnjecteerd op basis van de temperatuur die het meest extreem is. Stel er is een product dat op twee graden gekoeld moet worden en een ander product dat op zes graden gekoeld moet worden. De kar zal dan op twee graden gekoeld worden. Stel dat het allemaal zes graden producten zijn in dezelfde kar, dan wordt de kar natuurlijk op zes graden gekoeld. Met deze kar heeft Colruyt een oplossing gevonden voor de toewijzingsbeperking die ontstaat door de verschillende eigenschappen van de goederen zoals besproken in sectie 2.1.2 "Toewijzingsbeperkingen." Tevens passen ze ook de oplossing toe voor deze beperking, namelijk het multi-compartment VRP besproken in sectie 2.5.5 "Multi-compartment VRP." Door middel van deze kar kan Colruyt dus in elk type voertuig de koeling garanderen. Op die manier kunnen ze ook de versheid van de producten traceren. Wanneer de karren aankomen in de winkels moet het personeel de temperatuur controleren. Indien de temperatuur in orde is mogen ze de producten uitladen in de winkel. Indien de temperatuur niet in orde is, moet het personeel een vaste procedure volgen om de versheid van de producten te controleren.

Hieronder wordt de Colruyt kar visueel weergegeven:



Fig.9: Verschillende types karren



Fig.12: Het uitladen van een diepvrieskar in de winkel



Fig.10: Orderpicking in het DC met de kar



Fig.13: Het uitladen van een gekoelde kar



Fig.11: Het uitladen van de karren in de winkels

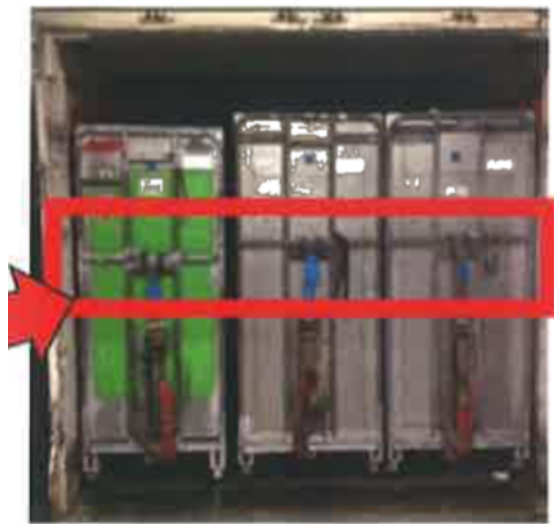


Fig.14: Zekering karren

Bron: Colruyt.be (z.d.)

Globaal gezien is de verhouding van het aantal karren en het aantal palletten in het transport van Colruyt ongeveer 50-50%. Ondanks de specifiek voor Colruyt ontworpen karren, blijft er dus nog een vrij groot aandeel palletten aanwezig in het transport. Dit komt doordat Colruyt een grootverkoper is. In de winkels staan nog veel producten op palletten. Het doel blijft om de tijd, nodig voor het uitladen van de producten en het ophalen ervan in het depot zo minimaal mogelijk te houden. De palletten voor verkoop worden dus gewoon rechtstreeks van de vrachtwagen in de winkels gezet. De producten die op pallet geleverd worden zijn dranken, toiletpapier, etc. Groentenbakken zoals de klanten deze kunnen terugvinden in de koelingsruimte van de winkel worden ook op palletten gezet.

### **3.1.4 Stabiliteitsproblematiek**

De karren die de vrachtwagens maximaal kunnen vullen, vormen tegelijkertijd een zekering voor het voertuig. Een goed geladen vrachtwagen met een lading die correct werd vastgemaakt, zorgt voor een perfect evenwicht van het voertuig en een lading die niet zal verschuiven of beschadigd zal raken. In de vrachtwagen zijn namelijk bevestigingspunten zowel aan de zijwanden (zijankers) als in de grond (grondankers) om de karren vast te maken. Een ijzeren frame met latten in combinatie met de stevigheid van de goederen maakt alles nog stabiel. Je kan de karren dus op eender welke manier in eender welk voertuig zekeren (Fig.14: Zekering karren). Voor de drankpalletten is de folie de factor die de stevigheid van de pallet bepaalt. De palletten zijn standaard euroformaat of CHEP-formaat (industriële pallet). Naast de folie kunnen de palletten nog extra gezekerd worden met een soort tralies. Door de pallet op te tillen kunnen de voetjes van de tralies eronder geschoven worden en zo wordt, door het gewicht van de pallet, een metalen muur gevormd die niet meer kan verschuiven. Op deze manier wordt de stabiliteit van de goederen gegarandeerd zoals besproken in sectie 2.4.1 "Stabiliteitsbeperkingen." De ervaring van de chauffeur of het winkelpersoneel dat de vrachtwagens zal laden, is ook zeer belangrijk in dit verhaal. Het is bijvoorbeeld niet slim om toiletpapier in de kop te laden en dan palletten vol bakken bier erachter te plaatsen. Wanneer de chauffeur dan op zijn rem gaat staan is het toiletpapier platgedrukt. Dit is een zeer interessant aspect dat niet werd aangehaald in de literatuur. Er werd namelijk nergens gesproken over de ervaring van de chauffeur. Het personeel wordt dus opgeleid omdat het zeer belangrijk is dat ze weten hoe ze op de juiste manier moeten laden. Deze werknemers worden opgeleid met een systeem van peter- en meterschap. Deze peters en meters zijn collega's met veel ervaring die weten waarmee ze rekening moeten houden bij het laden en lossen van de vrachtwagen. Er wordt hun dan geleerd hoe ze zo efficiënt mogelijk kunnen laden rekening houdend met factoren zoals het type product, remkrachten, acceleratiekrachten en bochten.

### **3.1.5 Het laden van de vrachtwagen**

De software die de routeplanning bepaalt, gaat ook de laadschema's samenstellen. Wanneer er twee winkels in één vrachtwagen geladen moeten worden dan zal het systeem aangeven welke rit eerst geladen moet worden. Dit laadschema wordt dan doorgegeven aan het personeel in het depot. Bij laadschema's is het zeer belangrijk dat deze makkelijk te communiceren zijn naar het personeel en dat het personeel deze ook begrijpt. Indien dit niet zo is, zullen er fouten gemaakt worden tijdens

het laden zoals beschreven in sectie 2.4.2 "Complexiteitsbeperkingen." De ladingsmogelijkheden zijn meestal als volgt: bij twee winkels zal de ene winkel achteraan geladen worden en de andere vooraan. In het geval er drie winkels in één vrachtwagen gecombineerd worden, zal men in rijen laden, dit komt dus neer op één rij per winkel. Binnen elke rij wordt uiteraard rekening gehouden met het type product en het gewicht van de lading. Door deze werkmethode kan de chauffeur op een eenvoudige manier ook iets in retour nemen uit de winkel die net bediend werd. Dit zorgt voor een permanent geladen vrachtwagen hetgeen goed is voor het evenwicht van het voertuig en het beperkt het totale aantal kilometers op de weg. Retour kan gaan over leeggoed, afval, retours van bestellingen van klanten, etc. Uit dit voorbeeld wordt duidelijk dat er LIFO (Last-In-First-Out) geladen wordt.

Vrachtwagens kunnen op verschillende manieren geladen worden zoals reeds werd aangehaald in sectie 2.5.1 "Algemene rittenplanningsbeperkingen." De vrachtwagens van Colruyt worden steeds via de achterkant van het voertuig geladen omdat de winkels daarop voorzien zijn. De laadklep op de vrachtwagens van Colruyt werd vervangen door een hefsysteem ter plaatse. Wanneer Colruyt leveringen ontvangt van leveranciers zijn er verschillende types vrachtwagens waarop Colruyt ook voorbereid moet zijn voor het lossen van de goederen. Deze vrachtwagens kunnen dan zowel langs de zijkant als langs de achterkant gelost worden. Dit is sterk afhankelijk van het type product. Er worden op voorhand afspraken gemaakt met de leveranciers hoe producten gelost zullen worden en op welke kaai ze zich steeds mogen aanmelden. Deze afspraken dienen om het lossen zo snel mogelijk te laten verlopen. Wanneer de leveranciers fragiele producten leveren worden op voorhand ook afspraken gemaakt. Meestal zijn dit Europese richtlijnen die Colruyt volgt in combinatie met hun eigen systeem betreffende verpakking en het ontvangen van producten. Deze richtlijnen kunnen gaan over het feit dat er stapelbeperkingen zijn voor fragiele producten.

### **3.1.6 Asbelasting**

De vrachtwagens worden voor vertrek gewogen op wegenbruggen zodat men de asbelasting besproken in sectie 2.2.2 "Beperkingen betreffende de gewichtsverdeling" kan controleren alvorens de vrachtwagens vertrekken. Er zijn twee types gewichten. Enerzijds het totaalgewicht van het voertuig; dat is de totale massa afhankelijk van het type voertuig en het type oplegger dat men gebruikt. Anderzijds heeft men dan de asbelasting die nageleefd moet worden. Meestal vormt de asbelasting een probleem bij het transport de dranken. Het voorbeeld van de drank en het toiletpapier dat reeds werd aangehaald is een voorbeeld van een slechte asbelasting. Doordat men alle zware goederen in de kop van de vrachtwagen zal laden, zorgt dit ervoor dat al het gewicht op de trekkende as komt. In het verleden is een software geïntroduceerd om de juiste asbelasting te bepalen na het uitladen van producten bij het eerste filiaal. Het rendement dat Colruyt hieruit haalde was zeer beperkt. Het systeem is afgeschaft omdat chauffeurs klaagden over de rijzekerheid en de ladingzekerheid van de producten.

Bij Colruyt worden de voertuigen steeds in rijen geladen om de asbelasting te respecteren. Deze manier van laden is zeer handig wanneer men meerdere filialen met één vrachtwagen gaat bedienen. Wanneer de goederen van winkel één uitgeladen worden zullen er steeds, zoals reeds eerder vermeld, goederen in retour genomen worden. Eén van deze goederen kan een Colruyt kar zijn. Een dergelijke lege kar heeft zijn eigen gewicht dat een tegengewicht genereert. Deze kar zorgt dus voor horizontale stabiliteit zoals in 2.4.1 "Stabiliteitsbeperkingen" besproken. Lege vrachtwagens worden zo ook vermeden. De afspraak is dat het volume dat geleverd wordt aan een winkel ook maximaal in retour genomen moet worden zowel in lege karren als in afval en dergelijke zodat de winkels ook ontlast worden.

### **3.1.7 Laadprioriteiten**

Colruyt Group heeft weinig problemen met laadprioriteiten door het gebruik van de Colruyt kar. In het geval van Colruyt ligt deze prioriteit enkel bij mogelijks bederfbare goederen want klanten prioriteit zoals besproken in 2.3.1 "Laadprioriteiten" is niet van toepassing. De snel bederfbare goederen worden immers in de gekoelde karren vervoerd. De doorlooptijd van het bedrijf beperkt zich tot de tijd tussen het DC en de winkel. Het ophalen van de producten in het DC en het leveren van de producten in de winkel gebeurt op dag één. Het uitladen van de producten gebeurt op dag één of dag twee. Colruyt heeft dus gewerkt aan zeer korte doorlooptijden. De karren zijn eigenlijk een soort van transit. De transit is een doorgeefluik. Wanneer de levering 's avonds wordt binnen gehaald blijven de goederen in frigo karren in gekoelde toestand waardoor de versheid gegarandeerd wordt. Bij palletgoederen met groentenbakken zullen 's avonds in de koelingsruimte, waar de klanten winkelen, gestockeerd worden zodat ze vers blijven. Het nadeel hiervan is natuurlijk dat het personeel van de winkels de volgende morgen vóór openingstijd de koelruimte vrij moeten maken voor de klanten.

### **3.1.8 Besluit**

Naar de toekomst toe is het belangrijk dat Colruyt op een zo efficiënt mogelijk manier haar producten naar de winkels blijft transporteren. Het volume dat wordt aangeleverd moet zo optimaal mogelijk binnengebracht en verwerkt worden, zodanig dat het aantal ritten naar de winkels beperkt kan worden. Momenteel is Colruyt de enige in België die met een eigen karrensysteem werkt. Ook de frigokarren is een systeem dat Colruyt zelf ontwikkeld heeft. Het systeem heeft natuurlijk voor- en nadelen. Het is een duur systeem maar het geeft veel flexibiliteit en ruimte om te kunnen organiseren en de koude ketting van de producten te kunnen garanderen.

We kunnen dus besluiten dat de introductie van de Colruyt kar ervoor gezorgd heeft dat het bedrijf creatief met de ladingsbeperkingen is omgegaan. De beperkingen gerelateerd aan de vracht worden verholpen door het feit dat alle producten van één winkel in de verschillende soorten karren in één vrachtwagen getransporteerd kunnen worden. Hiermee is er steeds voldaan aan de complete-shipment constraint en de toewijzingsbeperking. Via de software van Colruyt worden ook plaatsbepalingsbeperkingen vermeden doordat men in rijen gaat laden. Beperkingen gerelateerd aan het gewicht worden ook grondig opgevolgd door steeds de vrachtwagens te wegen voor vertrek.

Wederom zorgt ook hier het laden in rijen ervoor dat de beperking betreffende de asbelasting vermeden wordt. Vervolgens worden beperkingen gerelateerd aan het goed vermeden door de karren. De karren hebben allemaal dezelfde rechthoekige vorm en grootte dus men weet perfect hoeveel karren er geladen kunnen worden. Verder wordt de laadruimte optimaal benut doordat de karren vrij hoog zijn waardoor er geen nood is om te stapelen. De karren verhelpen ook de beperkingen gerelateerd aan de lading. De software toont duidelijk aan het personeel welke producten ze eerst moeten laden. De karren zorgen voor ladingszekerheid door hun bouw en het feit dat er zijankers en grondankers zijn waarmee ze vastgemaakt kunnen worden. Wat betreft het rittenplanningprobleem zijn er bij Colruyt ook geen problemen door de introductie van de karren.

<b>Ladingsbeperkingen</b>	<b>Oplossingen bij Colruyt</b>
Toewijzingsbeperking	Colruyt Kar
Multi-compartment VRP	Colruyt Kar
Stabiliteitsbeperking	Colruyt Kar
Stapelbeperking	Colruyt Kar + ervaring chauffeur
Complexiteitsbeperkingen	Eenvoudige laadschema's voor het personeel
Algemene rittenplanningsbeperkingen	Eigen type oplegger die hetzelfde geladen worden
Beperkingen betreffende gewichtsverdeling	Colruyt Kar
Laadprioriteiten	Colruyt Kar

Tabel 3: Samenvatting ladingsbeperkingen en oplossingen bij Colruyt



## **3.2 Transport Lux**

### **3.2.1 Beschrijving Transport Lux**

Transport Lux is een logistieke partner sinds 1954. Door continue verbetering tracht zij duurzame lange termijn relaties op te bouwen met de klanten. De kracht van deze logistieke dienstverlener zit in de persoonlijke aanpak, hecht teamwerk en hoge flexibiliteit. Naast transport biedt Lux ook, als totaaloplossing, tijdelijke of permanente opslagruimte aan (Lux transport, logistics & warehousing, z.d).

In het kader van deze masterproef werd Kurt Lamens geïnterviewd. Hij werkt reeds 19 jaar voor Transport Lux. Hij heeft eerst een administratieve functie uitgevoerd om vervolgens door te stromen naar de planning en daarna de importplanning. Tegenwoordig is hij verantwoordelijk voor alle commerciële aspecten van het bedrijf en de klantendienst. Een aantal taken die horen bij zijn functie zijn klachtenbehandeling en opmaak van tarieven. Sinds 2016 is AB Inbev de grootste klant van Lux. Verder werken ze ook nog samen met Aperam, ANL plastics, Cola-Cola en PepsiCo. Nationaal verdeelt Lux vooral drank en verpakking. Internationaal transporteren ze voeding, drank, staal en verpakking.

### **3.2.2 Routeplanning**

Het bedrijf maakt geen gebruik van specifieke routeplanningssoftware. Alle gegevens worden manueel ingegeven met behulp van een TMS (Transport Management System) op basis van Microsoft dynamics. Hier geven ze al de orders in die dan visueel op een kaart worden weergegeven. De planners moeten zelf de opdrachten met een drag and drop slepen naar de voertuigicoontjes op de kaart. Er bestaan softwareprogramma's die dat allemaal automatisch kunnen berekenen, maar daarvoor is Lux actief in de verkeerde markt. Ze hebben namelijk dagelijks te weinig nationale distributie. Indien ze meer opdrachten zouden hebben binnen België of de Benelux, die ze binnen de 24 uur kunnen uitvoeren, wordt zo een software wel interessant. Het grootste transportvolume van Lux is bedoeld voor de internationale markt, waarbij de planning van de ritten over meerdere dagen gespreid wordt. Hiervoor zou de bestaande software niet overzichtelijk zijn. De chauffeurs moeten dus vaak blijven overnachten en er is geen enkele software die dit kan incalculeren in een planning.

Lux werkt meestal met meerdere stops op één route. Zij gebruiken ook dedicated voertuigen voor bepaalde klanten waar enkel producten voor die klant inzitten. Transport Lux doet ook milk runs. Een milk run is een vaste ronde die de transporteur volgt om goederen op te halen of af te leveren. Welke klanten gecombineerd worden, hangt vaak af van de instructies die de klanten geven. Tegenwoordig zijn er heel veel restricties betreffende de openingsuren bij de klanten, en het gebruik van de verschillende types vrachtwagens. Sommige straten zijn bijvoorbeeld niet toegankelijk voor een grote oplegger. Al deze restricties komen dan op het planbord van de chauffeurs terecht zodat zij hiermee rekening kunnen houden. Verder zorgen ook bepaalde certificaten ervoor dat ze sommige producten niet meer samen mogen vervoeren, wat valt onder sectie 2.1.2 "Toewijzingsbeperkingen." Wanneer transporteur Lux drank in glazen flessen zou combineren met verpakkingsmateriaal, dan kunnen de HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) en BRC (British Retail Consortium)

normen dit afkeuren gezien mogelijke glasbreuk tijdens laden en lossen, de verpakkingsmaterialen zou kunnen bezoedelen en gevaarlijke effecten zou kunnen met zich meebrengen. Deze normen hebben betrekking op veiligheid en risico's binnen de voedings- en verpakkingssector. Transport Lux probeert zoveel mogelijk type ladingen te combineren, maar de overmaat aan regelgeving en restricties verhinderen dit regelmatig. Het gevolg hiervan is dat Lux dedicated vrachtwagens voor bepaalde klanten moet gebruiken. Het nadeel van de toepassing van dit 'dedicated' principe is dan dat deze vrachtwagens niet altijd volledig volgeladen zijn en men dus met 'lucht' rijdt. De klant zal hierdoor ook een hogere prijs moeten betalen aan het bedrijf. De wetgeving vormt dus een grote beperking. In 2.5.1 "Algemene rittenplanningsbeperkingen" werden een aantal van de beperkingen, opgelegd door de wetgeving, aangehaald. Echter werd de beperking van certificaten niet besproken in de literatuur, maar het blijkt dus wel een beperking te vormen in de praktijk.

De volgorde van de klanten die op één route bezocht worden, wordt door de planner vastgelegd. De chauffeur staat wel altijd in contact met de planner zodat er snel ingegrepen kan worden bij problemen. Telkens er een rit afgewerkt is, moet de chauffeur dit afvinken in de volgorde die hij door krijgt van de planner. Indien er een wijziging is van de plannen, zal de planner dat in het hoofdkantoor wijzigen en dan een nieuwe planning doorsturen naar de chauffeur.

### **3.2.3 Het laden van de vrachtwagen**

Wie de vrachtwagens laadt hangt af van het type product en de klant. Voor de nationale ritten zullen meestal de eigen magazijniers de vrachtwagens laden in het cross-dock. Bij het transportbedrijf LUX zijn bepaalde chauffeurs dedicated voor één bepaalde klant. Op die manier krijgt de klant een betere band met de chauffeur en verloopt het laden en lossen ook efficiënter omdat de chauffeur de procedures van de klant kent. Zo creëert Lux een win-win situatie voor beide partijen. De verdeling voor het laden van de vrachtwagens is als volgt: 50% in het magazijn door eigen personeel, 25% wordt door de klant geladen en het overige wordt door de chauffeur zelf geladen. Bij dedicated wagens kiest de chauffeur zelf hoe hij de vrachtwagen laadt aangezien hij de ervaring heeft en weet wat de klant wil. Wanneer de klanten zelf laden kan men natuurlijk geen laadschema samenstellen want dat bepaalt de klant zelf.

De vrachtwagens worden steeds LIFO geladen en dit gebeurt op verschillende manieren. Bij Lux hebben ze drie soorten vrachtwagens. De grotere vrachtwagens kunnen zowel langs de bovenkant via een schuifdak, als via de zijkant en de achterkant geladen worden. Dan zijn er de koelwagens die enkel langs de achterkant geladen kunnen worden. Temperatuurgevoelig transport is niet de core business van Lux. Dit type vrachtwagens worden daarom zeer weinig gebruikt en dient vooral om de plaatselijke fruitsector te ondersteunen. De derde categorie zijn de volumewagens. Deze kunnen via de zijkant en via de achterkant geladen worden, niet via het dak. De grote vrachtwagens die via de bovenkant geladen worden zijn meest geschikt om stalen rollen en andere grote machineonderdelen te laden en te vervoeren. Een transportbedrijf heeft dus verschillende soorten voertuigen die ook op verschillende manieren geladen kunnen worden zoals in 2.5.1 "Algemene rittenplanningsbeperkingen" beschreven werd.

### 3.2.4 Het transport van dranken

#### 3.2.4.1 Ladingszekerheid bij dranktransport

Een aantal voertuigen binnen Transport Lux zijn speciaal uitgerust om de ladingszekerheid van de producten te garanderen. Bepaalde dedicated volumevrachtwagens met reclame van de klanten erop zoals PepsiCo, Coca-Cola of Chaudfontaine hebben speciale verstevigingen in het midden van de vrachtwagen. Vooral bij drank kan je vaak met gaten in de vrachtwagens zitten omdat er niet altijd evenveel leeggoed teruggenomen kan worden als dat er volle drankpalletten geleverd worden. Door de verstevigingspunten in de vrachtwagen kan men de palletten leeggoed makkelijk vastzetten. Dit geldt alleen voor de dranken. Lux werkt met XL-trailers met drankencertificaat omdat ze dan vrijgesteld worden van het vastriemen van producten. Bij deze voertuigen is het zeil verstevigd.



Fig.15: Dedicated vrachtwagen voor Chaudfontaine (Transport Lux, z.d.)

Chauffeurs van Lux krijgen intern een opleiding over hoe ze de producten moeten stapelen en welke beperkingen hierop zijn. In deze opleidingen zitten aspecten als controle op de stabiliteit van de palletten, herkennen van verpakkingen die niet conform zijn met de wetgeving etc. Wanneer niet voldaan is aan de voorwaarden, heeft de chauffeur het recht te weigeren de goederen te vervoeren. De chauffeurs moeten dan contact opnemen met het hoofdkantoor en mogen nooit in discussie gaan met de klant. Het hoofdkantoor zal dan contact opnemen met de klant en zal zo trachten de problemen op te lossen.

#### 3.2.4.2 Problematiek asbelasting bij dranktransport

Het grootste probleem in de drankensector is de asbelasting. Bij AB Inbev worden er bakken bier en biervaten getransporteerd. De biervaten worden vaak tot tegen het plafond van de vrachtwagen gestapeld. Dit doen ze om de laadruimte zo optimaal mogelijk te benutten. Het gevolg is dat er een overbelasting is van de trekas. Hiervoor heeft AB Inbev reeds actie ondernomen. Vooraan in de trailer werd een constructie gemaakt van een halve meter tot 80cm tegen de cabine zodat in die zone geen goederen geplaatst kunnen worden. Op deze manier wordt de overbelasting op de trekas vermeden. De asbelasting vormt nog een groter probleem in een situatie met meerdere stops. In

principe zou de klant, die niets te maken heeft met de goederen van de volgende klant, de goederen van deze klant moeten verplaatsen zodat de asbelasting gerespecteerd wordt voor het vervolg van de rit. Wanneer het gaat om palletten drank kan de chauffeur nog makkelijk met een transpallet het gewicht terug verdelen. Echter als het gaat om zware metalen constructies dan zou de klant moeten helpen om de producten op de juiste plaats te zetten. Indien dit niet gebeurt riskeert de chauffeur een boete waar hij ook medeverantwoordelijk voor gesteld zal worden.

Sinds vijf jaar is er actie ondernomen en zijn er meeloopassen geïnstalleerd op de vrachtwagens. Een meeloopas is een tweede achteras die mee het gewicht draagt van de vrachtwagen, maar die niet is aangedreven door de motor (Wat is een meeloopas, 2012). Onder de trekker is te zien dat het wiel het wegdek niet raakt. Wanneer er veel gewicht geladen moet worden in die vrachtwagen wordt dit wiel op de grond gezet om de extra ondersteuning van de as te hebben. Toen transport Lux deze meeloopassen nog niet had geïnstalleerd werden zij veel gecontroleerd door de politie. Door het WIM-systeem zoals beschreven in sectie 2.2.2 "Beperkingen betreffende gewichtsverdeling" kan de politie snel zien welke vrachtwagens overbeladen zijn. De controle van de asbelasting verschilt van land tot land. In België zijn deze controles bijvoorbeeld veel strenger dan in Duitsland. In Duitsland wordt dan meer gecontroleerd op het goed vastriemen en vastzetten van de goederen.



Fig.16: Voorbeeld meeloopas

### 3.2.5 Ladingszekerheid vrachtwagens

Men kan op verschillende manieren voor ladingszekerheid zorgen. Op de onderstaande tekening worden alle beveiligingsmiddelen visueel weergegeven. Het eerste zekeringsmiddel is een antislipmat. Deze matten verhogen de wrijving tussen het product en de laadvloer van het voertuig. Vervolgens kan men ook gebruik maken van spanriemen/spanbanden. Deze worden rond de dozen geplaatst zodat ze niet van de palletten zouden afvallen en ook niet kunnen verschuiven. Spanriemen zijn vastgemaakt met behulp van vloerankers. Wanneer men spanriemen gebruikt moeten er ook beschermhoeken op de dozen geplaatst worden zodat de riemen door de spanning de verpakking niet beschadigen. Daarnaast kan er ook gebruik gemaakt worden van spanplanken/cargoplanken. Dit is een makkelijk inzetbaar hulpmiddel dat zeer handig is wanneer de vrachtwagen niet volledig gevuld is. De vrachtwagen is daarvoor uitgerust met metalen rails, waarin de cargoplanken, zo dicht mogelijk tegen de lading, vastgeklit kunnen worden. Ze worden ook soms gebruikt om de lading te

zekeren bij een volle vrachtwagen. De plank houdt namelijk de pallet tegen ("Toeleverancier in ladingzekering, z.d).



Fig.17: Verschillende zekeringsmiddelen in een vrachtwagen

### 3.2.6 Laadprioriteiten

Bij Transport Lux worden bepaalde ladingsprioriteiten gesteld waarbij goede klanten voorrang krijgen. Mensen die steeds correct hun facturen betalen en die voor grote transportvolumes zorgen, worden dus met prioriteit behandeld. Wanneer Lux iets toezegt aan een klant, ongeacht of het om een groot of een klein bedrijf gaat, zullen ze steeds hun afspraken nakomen. Indien de afspraken in het gedrang dreigen te komen, zal het bedrijf steeds in dialoog gaan met de klant om nieuwe afspraken te maken. Klanten die niet zo goed betalen, worden wel eens zonder dialoog achteruit in de planning geschoven bij problemen. Wanneer twee aanvragen binnenkomen en er is slechts één voertuig beschikbaar is, zal Transport Lux opteren voor de klant die het meeste transportvolume vraagt.

### 3.2.7 Besluit

We kunnen dus besluiten dat in de drankensector vooral de asbelasting een groot probleem vormt voor de logistieke dienstverleners. Transport Lux heeft reeds maatregelen genomen om de asbelasting beter te verdelen door een meeloopas te installeren op de voertuigen. Bovendien eisen klanten steeds meer van hun leveranciers. De verladers moeten allerlei ladingzekeringsmiddelen voorzien om de stabiliteit en ladingszekerheid van de producten te kunnen garanderen. Hieronder kan men een samenvattende tabel vinden met de ladingsbeperkingen en de oplossingen daarvoor, die bij Transport LUX toegepast worden.

<b>Ladingsbeperkingen</b>	<b>Oplossingen bij Transport Lux</b>
Toewijzingsbeperkingen	Dedicated voertuigen
Algemene rittenplanningsbeperkingen	Verschillende manieren om vrachtwagens te laden
Beperkingen betreffende gewichtsverdeling	Meeloopas
Stabiliteitsbeperking	Verschillende soorten zekeringsmiddelen in de vrachtwagens
Laadprioriteiten	Goede klanten en klanten met het meeste volume krijgen voorrang indien er een beperkte capaciteit is

Tabel 4: Samenvatting ladingsbeperkingen en oplossingen bij Transport Lux

## **3.3 DB Schenker**

### **3.3.1 Beschrijving DB Schenker**

Deutsche Bahn Schenker is een logistieke dienstverlener die zowel luchttransport, zeevracht en landtransport aanbiedt. DB Schenker is dan ook een zeer groot bedrijf dat zijn diensten over de hele wereld aanbiedt. Ze zijn marktleider in de Europese landtransportmarkt. In elke grote stad binnen Europa heeft dit bedrijf een depot. Denk maar aan Parijs, Barcelona, Alicante, etc. De persoon die werd geïnterviewd voor dit onderzoek, Mr Marc Goyvaerts is teamleader van de ochtendshift. Hij werkt in het depot van Schenker in Mechelen (Antwerpen). Een aantal belangrijke klanten van Schenker zijn Ravago, Tenneco en KitchenAid.

### **3.3.2 Routeplanning**

DB Schenker gebruikt momenteel geen software voor de routeplanning van het nationaal transport. Ze zijn deze wel aan het ontwerpen. Het enige dat nog in de software verwerkt moet worden zijn de openingsuren van de klanten. Bij internationaal transport is een software niet zo belangrijk omdat de vrachtwagens een vast traject volgen. Schenker werkt bijvoorbeeld samen met Nike. Voor het transport van deze producten moeten de vrachtwagens overnachten op verplichte stopplaatsen. Dit zijn bewaakte parkings omdat de goederen een hoge waarde hebben. Het andere internationaal transport is van Schenker naar Schenker. Er vertrekt bijvoorbeeld een vrachtwagen in het depot in Mechelen naar het depot in Barcelona. Vanaf het depot in het land van bestemming worden de goederen op kleinere voertuigen geladen om zo getransporteerd te worden naar de eindklanten.

Voor het nationaal transport beslist de chauffeur dus zelf hoe hij zal rijden en hij bepaalt de volgorde van de klanten. De nieuwe software waaraan momenteel gewerkt wordt zal dan de volgorde van de klanten doorgeven aan de chauffeur.

### **3.3.3 Het laden van de vrachtwagen**

Goederen van verschillende klanten kunnen een negatief effect op elkaar hebben. Wanneer er dus ADR (gevaarlijke stoffen) geladen moet worden samen met voedsel zal een vrije ruimte voorzien worden tussen deze twee palletten. De grootte van deze ruimte is 80cm, namelijk de grootte van een pallet. Schenker zet dus verschillende soorten goederen samen in één vrachtwagen zonder onderverdelingen. Zolang de goederen niet met elkaar in contact kunnen komen, zijn er geen problemen zoals vermeld in sectie 2.1.2 "Toewijzingsbeperkingen."

Binnen het bedrijf wordt gewerkt met premiums. Dit betekent dat de goederen met dit label geleverd moeten worden binnen 24 uur. Alle goederen komen 's ochtends aan tussen drie en zes uur. Om zes uur worden de kleine wagens voor nationaal transport geladen. De goederen met een premiumsticker zullen dan eerst geladen worden alvorens andere goederen op het transport geplaatst worden.

De vrachtwagens voor internationaal transport worden geladen door de magazijniers. De wagens voor nationaal transport worden geladen door de chauffeur. De chauffeur zal altijd dezelfde route volgen en kent dus ook de klanten op die route goed. Hierdoor weet hij wat deze klanten willen en kan hij naargelang de wensen van deze klanten zijn vrachtwagen laden. Er wordt wel een laadschema samengesteld door de planners. Wanneer de chauffeur naar bijvoorbeeld Sint-Truiden moet zal hij ook goederen laden met bestemming Landen, Nieuwerkerken, Geetbets, etc. Het laden gebeurt steeds LIFO tenzij er last minute nog een klein palletje geladen moeten worden. Dit pallet zal dan voor de andere goederen geladen worden en zal eerst uitgeladen worden alvorens de goederen erachter uitgeladen kunnen worden.

DB Schenker Mechelen heeft geen vrachtwagens met een speciale uitrusting zoals bijvoorbeeld voor gekoeld transport. Het depot in Willebroek heeft dit wel omdat in dit depot een koelmagazijn is. In dat depot is dan ook meer voeding aanwezig dan in het depot van Mechelen. De vrachtwagens van Schenker worden steeds via de achterkant geladen.

Om de stabiliteit van de goederen in de vrachtwagen te garanderen worden dezelfde hulpmiddelen gebruikt als bij Transport Lux. Bij Schenker wordt dus gebruik gemaakt van riemen, anti-slipmatten, spanplanken etc. Spanriemen worden niet zo veel meer gebruikt bij Schenker. Het zijn vooral spanplanken die zij gebruiken zoals besproken in sectie "3.2.6 Ladingszekerheid vrachtwagens."

### **3.3.4 Stapelbeperkingen**

De teamleader probeert altijd de vrachtwagens zo goed mogelijk te controleren zodat er zeker geen zware goederen op fragiele producten worden geladen. Eén van de betere klanten van Schenker gebruikt pallets met zakken gevuld met plastic korrels. Deze zakken zijn vrij fragiel. Wanneer deze pallets aankomen in het depot worden hoedjes geplaatst op de fragiele zakken, zodat iedereen in het magazijn weet dat op die pallet geen andere pallets geladen mogen worden. Dit is een interessant aspect aangezien in de literatuur betreffende stapelbeperkingen, zoals besproken in sectie 2.3.4 "Stapelbeperkingen", geen voorbeelden uit de praktijk worden aangehaald. Op de figuren hieronder wordt dit geïllustreerd





Fig.18: Hoedje stapelbeperkingen



Fig.19: Zware lading plastic korrels

### 3.3.5 Asbelasting van de vrachtwagens

De asbelasting vormt vooral problemen bij het internationaal transport. De magazijniers proberen de zware goederen gedeeltelijk op de vooras en gedeeltelijk op de achteras te laden. De werknemers zullen nooit willekeurig een vrachtwagen laden want een boete krijgen kost te veel geld. De chauffeurs krijgen laadlijsten en daar staat het gewicht op van alle goederen van de klant. Bijkomend weten ze wat maximaal in hun vrachtwagen geladen kan worden. Met deze gegevens moeten de werknemers dan zo veel mogelijk goederen in de vrachtwagen proberen laden. Het kan soms voorkomen dat er palletten blijven staan omdat men anders het maximaal gewicht van de vrachtwagen zou overschrijden. Dit gaat meestal om palletten die niet zo dringend geleverd moeten worden.

De werknemers kennen meestal wel het gewicht van de goederen van de goede klanten. Eén van de goede klanten van Schenker werkt bijvoorbeeld met heel zware auto-onderdelen. Deze onderdelen zijn verpakt in dozen waardoor men niet kan zien welk product in welke doos zit. Het bedrijf heeft een heftruck met een meetsysteem zodat men op die manier een pallet kan wegen door het even op te heffen. Op deze manier moet men niet telkens naar het meetsysteem rijden dat centraal in het magazijn geïnstalleerd is.

Binnen Schenker worden er eigenlijk geen maatregelen genomen om de asbelasting beter onder controle te houden zoals bij Transport Lux. De werknemers in het bedrijf zorgen er steeds voor dat het maximaal gewicht van de vrachtwagen niet overschreden wordt. Doordat deze norm nauwlettend

in de gaten wordt gehouden heeft het bedrijf relatief weinig boetes ontvangen voor het overtreden van deze regelgeving zoals besproken in sectie 2.2.2 "Beperkingen betreffende gewichtsverdeling."

DB Schenker is ook actief in de markt voor maritiem transport. In sectie 2.2.2 "Beperkingen betreffende de gewichtsverdeling" werd aandacht besteed aan het feit dat bij het laden van containers geen rekening wordt gehouden met de gewichtsverdeling van de goederen in die container. Wanneer de container dan op de trekker wordt geplaatst is de verdeling over de assen vaak niet correct. Schenker laadt zijn containers niet direct over op hun trekkers. Ze zullen altijd eerst de goederen overladen naar de laadruimte van de vrachtwagen, waarbij terug rekening gehouden wordt met de gewichtsverdeling over de assen.



Fig.20: Weegsysteem magazijn

### 3.3.6 Laadprioriteiten

DB Schenker kent geen problemen voor wat betreft de 'laadprioriteiten van producten' zoals besproken in sectie 2.3.1 "Laadprioriteiten". In het depot in Mechelen werken ze namelijk niet met bederfbare goederen. De enige laadprioriteit die er bestaat binnen het bedrijf is dat de grootste klanten voorrang krijgen. Er kunnen hier echter ook problemen ontstaan in verband met de premiums. Soms is een vrachtwagen reeds volledig vol geladen met premiums en zijn er toch nog een aantal premiums die niet geladen kunnen worden. In zulke gevallen zal de klant gecontacteerd worden door de planning om dit probleem te melden. Deze mensen overleggen dan met de klant wat de mogelijke oplossingen zouden kunnen zijn. Deze situatie komt niet zo veel voor, slechts één keer per week. Dit is weinig in verhouding met de totale transportcapaciteit van DB Schenker. Tijdens de kalmere periodes, zoals de verlofperiodes, heeft het bedrijf hier zelfs geen problemen mee. Net na deze rustige periodes, wanneer de bedrijven terug op volle toeren draaien, komt dit probleem vaker voor. Net zoals bij Transport Lux worden de producten van klanten die minder goed betalen bij DB Schenker wel eens vaker achtergelaten. Dit wordt wel altijd met de klant gecommuniceerd.



Fig.21: Premiummarkering

### **3.3.7 Transport Nike**

Bij het transport van de producten van Nike kunnen er soms wel problemen ontstaan in verband met de wetgeving van de rij- en rusttijden van de chauffeur. Dit heeft niets te maken met het laden van de vrachtwagen. Het is wel een andere beperking waarmee het bedrijf geconfronteerd wordt. De chauffeurs moeten overnachten op bewaakte parkings die de planning vastlegt op de route. Dit type parkings is beperkt in aanbod. Wanneer de chauffeur onderweg vertraging oploopt door bijvoorbeeld een verkeersopstopping, dan kan het zijn dat hij eigenlijk rust zou moeten nemen voordat hij op die parkings aankomt. In dat geval rijdt de chauffeur gewoon door tot op de bewaakte parking met het risico om dan betrapt te worden door de politie en neemt dan pas zijn rust. Schenker vindt dit echter niet zo erg als ze hierop betrapt worden want beter een boete dan een hele lading Nike producten te verliezen door diefstal. Bij ander internationaal transport komt dit probleem niet voor aangezien dan de chauffeurs niet op bewaakte parkings moeten overnachten.

### **3.3.8 Snelheid van het laden**

In het depot van Schenker in Mechelen zijn er 16 kleine wagens voor het nationaal transport. Vroeger moesten de chauffeurs voor nationaal transport lang zoeken naar hun zendingen waardoor het laadproces uren kon duren. Onlangs hebben de werknemers in het magazijn een steekproef gedaan met zes wagens om tijd te besparen via pre-loading. Bij pre-loading zullen de magazijniers alle zendingen voor één bepaald voertuig reeds klaarzetten aan de poort zodat de chauffeur alleen nog maar de goederen moet laden. Deze chauffeurs waren binnen het uur vertrokken terwijl diegene zonder pre-loading nog steeds hun zendingen aan het zoeken waren. In de toekomst plannen ze dit te doen met alle wagens zodat deze zo snel mogelijk kunnen vertrekken. Net zoals het transport bij Nike heeft ook deze sectie geen verband met ladingsbeperkingen. De snelheid van het laden is wel een ander soort beperking waarmee het bedrijf geconfronteerd wordt.

### 3.3.9 Besluit

We kunnen besluiten dat DB Schenker ongeveer dezelfde ladingsbeperkingen heeft als Transport Lux. Ook hier vormt vooral de asbelasting een probleem omdat bepaalde klanten met zware goederen werken. De werknemers laden de voertuigen altijd correct, rekening houdend met de gewichtsverdeling over de assen. In de tabel hieronder kan men een samenvatting terugvinden van de verschillende ladingsbeperkingen en de oplossingen daarvoor die van toepassing zijn bij DB Schenker.

<b>Ladingsbeperkingen</b>	<b>Oplossingen bij DB Schenker</b>
Beperkingen betreffende gewichtsverdeling	Ervaring van de werknemers + Weeginstallatie in heftruck en in het magazijn
Toewijzingsbeperkingen	80 cm vrije ruimte tussen palletten
Algemene rittenplanningsbeperkingen	Slechts één soort vrachtwagen + Wetgeving rij- en rusttijden
Stabiliteitsbeperkingen	Spanplanken, anti-slipmatten, ...
Stapelbeperkingen	'Hoedjes'
Laadprioriteiten	Premiums + goede klanten eerst

Tabel 5: Ladingsbeperkingen en oplossingen DB Schenker

## 4. Conclusie

De onderzoeksvraag van dit onderzoek luidt als volgt: *"Hoe kunnen transporteurs een efficiënte routeplanning bekomen, rekening houdend met verschillende ladingsbeperkingen?"* Na de theoretische en de praktische benadering kan gesteld worden dat de problematiek van de ladingsbeperkingen zoals deze in de literatuur beschreven wordt ook in de praktijk voorkomt bij de transportbedrijven. Met welk soort ladingsbeperkingen een bedrijf te maken krijgt is sterk afhankelijk van de sector waarin het bedrijf actief is. Elk bedrijf probeert creatief om te gaan met de problemen die zij ondervinden in dit domein. De oplossingen zijn gelijklopend, maar hebben specifieke eigenheden afhankelijk van het bedrijf en het type ladingen die het transporteert.

De eerste deelvraag van dit onderzoek is *"Welke ladingsbeperkingen worden in de literatuur besproken?"* In de literatuurstudie werden ladingsbeperkingen onderzocht gerelateerd aan de vracht, de container, het goed en de lading. Toewijzingsbeperkingen is een belangrijke beperking die gerelateerd is aan de vracht. Goederen kunnen namelijk een negatieve invloed hebben op elkaar waardoor ze niet samen getransporteerd kunnen worden. Bij beperkingen gerelateerd aan de container werd duidelijk dat de asbelasting een grote rol speelt bij de ladingsbeperkingen die bedrijven ervaren. De overheid controleert dit ook zeer streng door het gebruik van het WIM-systeem. De voornaamste beperking betreffende het goed zijn de laadprioriteiten. Wanneer de vrachtwagen vol geladen is, moeten er keuzes gemaakt worden welke goederen voorrang krijgen en welke zullen moeten wachten. Ten slotte is de stabiliteitsbeperking de meest invloedrijke beperking van de lading. Een vrachtwagen moet stabiel geladen worden zodat deze niet kan kantelen tijdens het transport. Dit zijn de voornaamste beperkingen per categorie van dit onderzoek.

De tweede deelvraag luidt volgt: *"Welke rittenplanningsproblemen in verband met ladingsbeperkingen worden in de literatuur besproken?"* In de sectie betreffende algemene rittenplanningsbeperkingen werd onder andere beschreven dat voertuigen van elkaar kunnen verschillen in de manier waarop ze geladen worden. Dit is van belang voor het soort goederen dat geladen moet worden. In de meeste gevallen zal een vrachtwagen langs de achterkant geladen worden. Naast de eigenschappen van de vrachtwagen vormt ook de wetgeving rond rij- en rusttijden een beperking. Een ander belangrijk aspect van het rittenplanningsprobleem is het multi-compartment VRP. Dit is de voornaamste rittenplanningsbeperking waarmee een bedrijf te maken krijgt. Deze theorie beschrijft dat vrachtwagens in verschillende delen kunnen worden opgesplitst om goederen met verschillende eigenschappen toch samen in één vrachtwagen te transporteren.

De laatste deelvraag is de volgende: *"Wat zijn de ladingsbeperkingen waar bedrijven in de praktijk mee te maken krijgen in hun routeplanning?"* Van de bedrijven die geïnterviewd werden is Colruyt Group diegene die de meest creatieve oplossing heeft gevonden om met ladingsbeperkingen om te gaan, door het gebruik van de Colruyt kar. De beperkingen gerelateerd aan de vracht worden verholpen door het feit dat alle producten van één winkel in de verschillende soorten karren in één vrachtwagen getransporteerd kunnen worden. Hiermee is er steeds voldaan aan de complete-shipment constraint en de toewijzingsbeperking. Via de software van Colruyt worden ook

plaatsbepalingsbeperkingen vermeden doordat men in rijen gaat laden. Karren van winkel B kunnen dus niet het uitladen van karren van winkel A belemmeren. Beperkingen gerelateerd aan het gewicht worden ook grondig opgevolgd door steeds de vrachtwagens te wegen voor vertrek. Wederom zorgt ook hier het laden in rijen ervoor dat de beperking betreffende de asbelasting vermeden wordt. Wanneer een rij wordt uitgeladen in een winkel zal de lege ruimte opgevuld worden met lege karren, retourproducten van klanten en afval. Het afval kunnen karton- of plasticverpakkingen zijn, vervallen producten etc. Op deze manier is het gewicht over de assen steeds goed verdeeld. Vervolgens worden beperkingen gerelateerd aan het goed vermeden door de karren. De karren hebben allemaal dezelfde rechthoekige vorm en grootte dus men weet perfect hoeveel karren er geladen kunnen worden. Verder wordt de laadruimte optimaal benut doordat de karren vrij hoog zijn waardoor er geen nood is om te stapelen. De karren verhelpen ook de beperkingen gerelateerd aan de lading. De software toont duidelijk aan het personeel welke producten ze eerst moeten laden. De karren zorgen voor ladingszekerheid door hun bouw en het feit dat er zijankers en grondankers zijn waarmee ze vastgemaakt kunnen worden. Wat betreft het rittenplanningsprobleem zijn er bij Colruyt ook geen problemen door de introductie van de karren. Na het afnemen van de interviews is gebleken dat alle bedrijven hun routeplanning op een andere manier opstellen maar enkel bij Colruyt heeft de toepassing van de Colruyt kar een invloed op de routeplanning van het bedrijf. De vrachtwagens moeten namelijk minder afstand afleggen want kleinere voertuigen brengen goederen die niet voorradig zijn in het DC naar het centraal DC waar de vrachtwagen dan geladen wordt. Doordat de producten in karren zitten, is er ook een mogelijkheid om afval op te halen bij de winkels. De producten voor de volgende winkel kunnen toch niet in contact komen met het afval omdat ze in de kar zitten. Doordat ze bij alle winkels op de route ook ineens het afval kunnen meenemen spaart Colruyt weer een rit uit en een investering in een speciale ophaaldienst voor het afval.

Transport Lux is actief in de drankensector waardoor vooral de asbelasting een probleem vormt. Het bedrijf heeft deze ladingsbeperking betreffende gewicht kunnen oplossen door meeloopassen te installeren op de vrachtwagens. Deze meeloopas zorgt ervoor dat het gewicht beter verdeeld kan worden. De toewijzingsbeperkingen worden binnen Transport Lux opgelost door dedicated voertuigen in te zetten. Door bepaalde normen met betrekking tot voeding en verpakking mogen sommige producten niet samen getransporteerd worden om risico's te vermijden. Deze normen werden, in de gebruikte literatuur voor dit onderzoek, niet vermeld maar vormen zeker een beperking in de praktijk. Door dedicated voertuigen in te zetten is er verlies van capaciteit doordat de vrachtwagens niet vol geladen kunnen worden met goederen van slechts één klant. De niet-combineerbare ladingen zorgen voor een minder efficiënte organisatie van de rittenplanning omdat er meer ritten zijn met halfvolle vrachtwagens. Doordat Lux veel werkt met glazen flessen moeten ze ervoor zorgen dat de goederen goed gezekerd zijn tijdens het transport. Ze hebben daarom verschillende soorten zekeringsmiddelen in hun vrachtwagens. Enkele voorbeelden zijn antislipmatten, spanriemen en spanplanken. Deze zekeringsmiddelen vormen dus een oplossing voor de stabiliteitsbeperking. Ten slotte heeft het bedrijf laadprioriteiten naar hun klanten toe. Goede klanten die veel volume laten transporteren zullen met voorrang behandeld worden.

Bij Transport Lux hebben de ladingsbeperkingen geen invloed op de routeplanning van het bedrijf. De enige aspecten die wel een invloed hebben op de routeplanning zijn de klantprioriteiten, de bereikbaarheid van de klanten en de openingsuren. Sommige klanten hebben een moeilijke ligging die niet makkelijk bereikbaar is voor een grote vrachtwagen. Naast de ligging hebben ook de openingsuren van de klanten een invloed op de routeplanning omdat deze sterk kunnen verschillen van klant tot klant. Al deze beperkingen staan vermeld op het planbord dat de chauffeurs ontvangen bij vertrek. Ook het feit dat Lux werkt met dedicated voertuigen zorgt voor problemen in de rittenplanning. Er moeten namelijk meer ritten georganiseerd worden omdat bepaalde goederen niet samen vervoerd mogen worden. Indien het bedrijf niet genoodzaakt was om dedicated voertuigen te gebruiken konden er misschien verschillende ritten uitgespaard worden.

Het laatste bedrijf dat geïnterviewd werd is DB Schenker. Dit bedrijf heeft ongeveer dezelfde ladingsbeperkingen als Transport Lux. Ze gaan hier echter wel op een andere manier mee om. Het grootste probleem bij Schenker is dus ook de beperking betreffende de gewichtsverdeling. Ze hebben geen extra hulpmiddelen op hun vrachtwagens geïnstalleerd om een betere asbelasting te bekomen zoals Transport Lux dat heeft gedaan. Bij DB Schenker worden de voertuigen altijd correct geladen, rekening houdend met de gewichtsverdeling over de assen. De ervaring van de werknemers speelt hier een belangrijke rol. De toewijzingsbeperking wordt opgelost door 80 cm vrije ruimte te laten in de vrachtwagen tussen goederen die niet met elkaar in contact mogen komen. Om de stabiliteit van de lading te garanderen wordt net zoals bij Transport Lux gebruik gemaakt van zekeringsmiddelen zoals antislipmatten en spanplanken. Ook bij dit bedrijf krijgen de goede klanten prioriteit en worden hun goederen altijd eerst geladen. Er geldt bij DB Schenker ook nog een andere laadprioriteit, ze maken namelijk gebruik van premiums. Goederen met een premiumsticker moeten dezelfde dag nog getransporteerd worden. Ook bij de premiums krijgen de goede klanten voorrang. De laatste ladingsbeperking waar DB Schenker een creatieve oplossing voor heeft, is de stapelbeperking. De werknemers plaatsen 'hoedjes' op de pallets waarop men niets mag stapelen. Zo weet de chauffeur of andere werknemers in het magazijn dat wanneer ze deze pallet laden ze geen andere pallet hierop mogen plaatsen. Deze toepassing wordt dan ook vooral gebruikt bij fragiele of zware goederen.

Voor het bedrijf DB Schenker zijn er ook geen ladingsbeperkingen die een invloed hebben op de routeplanning van het bedrijf. Net zoals bij Transport Lux vormen de openingsuren van de klanten een beperking voor de routeplanning. De grootste beperking voor de routeplanning van DB Schenker zijn de eisen die gesteld worden bij het transport van Nike-producten. De chauffeurs moeten namelijk verplicht stoppen op bewaakte parkings om te rusten of te overnachten omdat de goederen van Nike aantrekkelijk zijn voor diefstal. Er zijn echter niet veel bewaakte parkings en daar moet men rekening mee houden in de routeplanning. Door het feit dat er niet veel van dit soort parkings zijn vormt ook de wet betreffende rij- en rusttijden een beperking omdat de chauffeur moet doorrijden tot de parking op de planning. Wanneer hij die parking heeft bereikt kan hij pas zijn rusttijd nemen. Hierdoor overschrijdt hij soms zijn rijtijd wat een boete tot gevolg kan hebben. Het bedrijf betaalt liever de boete dan dat een hele lading Nike-producten gestolen zou worden.



Dit is slechts een beperkt onderzoek, voor toekomstig onderzoek kunnen er misschien meer bedrijven geïnterviewd worden. Deze studie heeft voornamelijk gefocust op de meest gekende ladingsbeperkingen die in de literatuur beschreven worden. Door de evolutie van transport zullen ook ladingsbeperkingen verdwijnen en zullen nieuwe beperkingen ontstaan waar men dan oplossingen voor zal moeten zoeken. In de huidige samenleving speelt ook het klimaat een belangrijke rol. De oplossingen die gevormd worden voor ladingsbeperkingen moeten dan best ook ecologisch verantwoord en duurzaam zijn.

## Referenties

Afshar-Bakeshloo, A., Mehrabi, A., Safari, H., Maleki, M., & Jolai, F. (2016). A green vehicle routing problem with customer satisfaction criteria. *J Ind Eng Int*, 12, 529-544.

Agentschap Wegen & Verkeer, (z.d.). Weigh in Motion. Geraadpleegd op 19 oktober 2018, van <https://wegenenverkeer.be/weigh-in-motion>.

Basbas, S. (2006). The impact of e-commerce on transport. *WIT Transactions on Information and Communication Technologies*, 36, 353-355.

Bischoff, E.E., & Ratcliff, M.S.W. (1995). Issues in the development of approaches to container loading. *Omega. Int. J. Mgmt Sci.*, 23 (4), 377-390.

Bortfeldt, A., & Wäscher, G. (2013). Constraints in container loading – A state-of-the-art review. *European Journal of Operational Research*, 229, 1-20.

Bureau voorlichting binnenvaart, (z.d.). Intermodaal Vervoer geraadpleegd op 17 november 2018, van <https://www.bureauvoorlichtingbinnenvaart.nl/vervoeren/logistieke-keten/intermodaal-vervoer>.

Chajakis, E.D., & Guignard, M. (2003) Scheduling deliveries in vehicles with multiple compartments. *Journal of Global Optimization*, 26, 43-78.

Defraeye, M. (2016, 14 maart). Vehicle routing problem in practice: Why manual planning is not sufficient. Geraadpleegd op 17 oktober 2018, van <https://www.conundra.eu/blog/vehicle-routing-in-practice-why-manual-planning-is-not-sufficient>.

Fernandez, E., Roca-Riu, M., & Speranza, G. (2018). The shared customer collaboration vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, 265, 1078-1093.

FOD-mobiliteit, (z.d.). De Tachograaf. Geraadpleegd op 12 november 2018, van [https://mobilit.belgium.be/nl/wegverkeer/vervoer\\_van\\_goederen\\_en\\_reizigers/tachograaf](https://mobilit.belgium.be/nl/wegverkeer/vervoer_van_goederen_en_reizigers/tachograaf).

Gutin, G., & Punnen, A. (2007). *The traveling salesman problem and its variations*. New York, USA: Springer Science + Business Media, LLC.

Het laatste nieuws, (2018, 14 september). Gekantelde vrachtwagen op afrit E40 zorgt voor zware hinder. Geraadpleegd op 17 oktober 2018, van <https://www.hln.be/regio/merelbeke/gekantelde-vrachtwagen-op-afrit-e40-zorgt-voor-zware-hinder~a43ada9d/>.

Jamrus, T., & Chien, C. (2016). Extended priority-based hybrid generic algorithm for the less-than-container loading problem. *Computers & Industrial Engineering*, 96, 227-236.

Junqueira, L., Morabito, R., & Yamashita, D.S. (2012) Three-dimensional container loading models with cargo stability and load bearing constraints. *Computers & Operations Research*, 39, 74-85.

Kovacs, A.A., Golden, B.L., Hartl, R.F., & Parragh, S.N. (2014). Vehicle routing problems in which consistency considerations are important: a survey. *Networks*, 64 (3), 192-213.

Kuubders, J. (2017, 30 november). De belangrijkste e-commerce trends voor 2018 – Last-mile delivery. Geraadpleegd op 7 november 2018, van <https://www.sendcloud.be/belangrijkste-e-commerce-trends-2018-last-mile-delivery/>.

Lim, A., Ma, H., Qiu, C., & Zhu, W. (2013). The single container loading problem with axle weight constraints. *Int. J. Production Economics*, 144, 358-369.

Lin, C., Choy, K.L., Ho, G.T.S., Chung, S.H., & Lam, H.Y. (2014). Survey of green vehicle routing problem: past and future trends. *Expert systems with applications*, 41, 1118-1138.

Van Woensel, T. (z.d.). Werken met vastgelegde tijdsventers. Geraadpleegd op 19 november 2018, van <https://www.logistiekprofs.nl/kennisbank/het-belang-van-goede-tijdsvensters>.

Martinez, D.A., Alvarez-Valdes, R., & Parrero, F. (2015). A gap algorithm for the container loading problem with multi-drop constraints. *Pesquisa Operacional*, 35(1), 1-24.

Nguyen, V.A., Jiang, J., Ng, K.M., & Teo, K.M. (2016). Satisficing measure approach for vehicle routing problem with time windows under uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 248, 404-414.

Ostermeier, M., & Hübner, A. (2018). Vehicle selection for a multi-compartment vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, 269, 682-694.

Ostermeier, M., Martins, S., Amorim, P., & Hübner, A. (2018). Loading constraints for a multi-compartment vehicle routing problem. *OR Spectrum*, 1-31.

Over onze producten (z.d). Geraadpleegd op 26 maart 2019, van <https://www.colruyt.be/nl/over-onze-producten>.

Pollaris, H., Braekers, K., Caris, A., Janssens, G.K., & Limbourg S. (2015). Vehicle routing problems with loading constraints: state-of-the-art and future directions. *OR Spectrum*, 37, 297-330.

Pollaris, H., Braekers, K., Caris, A., Janssens, G.K., & Limbourg S. (2017). Iterated local search for the capacitated vehicle routing problem with sequence-based pallet loading and axle weight constraints. *Networks*, 304-315.

Sahiner, O. (2015, 8 september). E-commerce impact on logistics. Geraadpleegd op 19 oktober 2018, van <https://www.morethanshipping.com/e-commerce-impact-on-logistics/>.

Sheng, L., Xiuqin, S., Changjian, C., Hongxia, Z., Dayong, S., & Feiyue, W. (2017). Heuristic algorithm for the container loading problem with multiple constraints. *Computers & Industrial Engineering*, 108, 149-164.

Wat is een meeloopas? (2012, 4 oktober). Geraadpleegd op 26 maart 2019, van <https://www.startpagina.nl/v/vervoer/vrachtwagens-transport/vraag/376067/meeloop-as/>.

Stavropoulou, F., Repousis, P.P., & Tarantilis, C.D. (2018). The vehicle routing problem with profits and consistency constraints. *European Journal of Operational Research*, 1-17.

Lux transport, logistics & warehousing (z.d.). Geraadpleegd op 26 maart 2019, van <https://www.transport-lux.be/lux/index.php/nl/>.

Toeleverancier in ladingzekering (z.d.). Geraadpleegd op 28 maart 2019, van <https://www.logistiekconcurrent.nl/ladingzekeringspecialist>.

Tricore, F., Doerner, K.F., Hartl, R.F., & Iori, M. (2011). Heuristic and exact algorithms for the multi-pile vehicle routing problem. *OR Spectrum*, 931-959.

Verdonck, L., Caris, A., Ramaekers, K., Janssens, G.K. (2013). Collaborative logistics from the perspective of road transportation companies. *Transport Reviews*, 33 (6), 700-719.

VIL (2012, 6 augustus). Nacht- en daldistributie. Geraadpleegd op 19 november 2018, van [https://vil.be/2012/nacht-en-daldistributie/#.W\\_MFMqdx-LI](https://vil.be/2012/nacht-en-daldistributie/#.W_MFMqdx-LI).

Wang, N., Lim, A., & Zhu, W. (2013). A multi-round partial beam search approach for the single container loading problem with shipment priority. *Int. J. Production Economics*, 145, 531-540.

Zachariadis, E.E., Tarantilis, C.D., & Kiranoudis, C.T. (2012). The pallet-packing vehicle routing problem. *Transportation Science*, 46 (3), 341-358.