



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master handelsingenieur

Masterthesis

Rittenplanning bij voedselbanken: gevalstudie Voedselbank Limburg

Dorina Jursch

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master handelsingenieur, afstudeerrichting operationeel management en logistiek

PROMOTOR :

Prof. dr. An CARIS

BEGELEIDER :

Prof. dr. Lotte VERDONCK



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

www.uhasselt.be

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

2023
2024



Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master handelsingenieur

Masterthesis

Rittenplanning bij voedselbanken: gevalstudie Voedselbank Limburg

Dorina Jursch

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master handelsingenieur, afstudeerrichting operationeel management en logistiek

PROMOTOR :

Prof. dr. An CARIS

BEGELEIDER :

Prof. dr. Lotte VERDONCK

Woord vooraf

Met deze masterproef “Rittenplanning bij voedselbanken: gevalstudie Voedselbank Limburg” sluit ik mijn opleiding Handelsingenieur – Operationeel Management en Logistiek af. Het onderwerp werd voorgesteld door de UHasselt en sprak me vanaf het begin sterk aan. Ik vind het fijn om mijn opgedane kennis over rittenplanning te kunnen gebruiken om een organisatie te kunnen ondersteunen die dagelijks mensen helpt.

Maar alleen kon ik deze masterproef niet schrijven. Daarom wil ik ten eerste God bedanken, om mij de nodige wijsheid en inzichten te geven en mij steeds weer te bemoedigen in moeilijke momenten. Ook wil ik mijn promotor Prof. dr. An Caris en mijn copromotor Prof. dr. Lotte Verdonck bedanken voor al hun goede ideeën, antwoorden op mijn vragen en feedback die ervoor zorgden dat deze masterproef steeds meer vorm kreeg en steeds beter werd. Daarnaast wil ik ook Bart Buckinx en Dany Vansimpsen van de Voedselbank Limburg bedanken voor hun begeleiding en antwoorden op al mijn vragen. Ook wil ik alle vrijwilligers van de VBL bedanken die mij ook hielpen en me meer over de voedselbank wisten te vertellen. Verder wil ik nog mijn familie en vrienden bedanken, voor het nalezen van deze masterthesis, voor alle motivatie in de momenten dat ik het niet meer zag zitten en voor alle gebeden voor deze masterproef.

Ik wens u veel plezier met het lezen van deze masterproef!

Dorina Jursch

Diepenbeek, 04/06/2024

Samenvatting

Titel: Rittenplanning bij voedselbanken: gevalstudie Voedselbank Limburg

Naam en Voornaam: Jursch Dorina

Opleiding en Afstudeerrichting: Handelsingenieur – Operationeel Management en Logistiek

Promotor en Copromotor: Prof. dr. An Caris en Prof. dr. Lotte Verdonck

Doel, onderzoeksopzet en methodologie

13,2% van de Belgen woont in een huishouden onder de armoedegrens, maar in België is ook sprake van voedselverspilling. Voedselbanken houden zich bezig met de ophaling van overschotten aan voeding bij supermarkten en bedrijven, de opslag van deze voeding en de verdeling naar lokale aangesloten verenigingen die het voedsel bedelen aan begunstigden. Doordat de hele voedselbank op basis van donaties en vrijwilligers functioneert, is het belangrijk om alle resources (materiaal zoals vrachtwagens, vrijwilligers, enz.) zo efficiënt mogelijk te gebruiken om mensen maximaal te kunnen helpen.

Voedselbanken hebben dus nood aan goede en efficiënte processen. Eén van deze processen is het transportproces. Wetenschappelijk onderzoek over rittenplanning bij voedselbanken werd al uitgevoerd in het buitenland, maar nog niet in België. De onderzoeksvraag van deze thesis luidt: "Hoe kan de rittenplanning van de Voedselbank Limburg (VBL) verbeterd worden?". Deze onderzoeksvraag werd beantwoord met behulp van volgende deelvragen:

1. Welke modellen bestaan al in de wetenschappelijke literatuur om de rittenplanning te optimaliseren in de context van een voedselbank?
2. Hoe gebeurt de ophaling en levering van voeding momenteel bij de VBL en hoe wordt dit gepland?
3. Hoe kan de rittenplanning van de VBL verbeterd worden?

De eerste deelvraag werd onderzocht via een literatuurstudie. De tweede deelvraag werd beantwoord door een gevalstudie bij de VBL. Voor de derde deelvraag werd de context van de VBL vergeleken met de voedselbanken uit de literatuurstudie en werden verbeteringen gezocht met behulp van data van de VBL.

Bevindingen en resultaten

In de literatuurstudie viel op dat de helft van de modellen niet enkel de rittenplanning optimaliseren, maar ook nog andere beslissingen van voedselbanken meenemen, bijvoorbeeld de allocatie (verdeling) van voeding over verenigingen. Elk artikel uit de literatuurstudie was een uitbreiding op een *vehicle routing problem* (VRP). Een VRP zoekt een route tussen locaties die de afgelegde weg minimaliseert, gebruikmakend van één vrachtwagen en één depot (voedselbank). Bij alle locaties wordt voeding geleverd. Uitbreidingen op VRP-modellen zijn het gebruik van tijdsvensters, periodiciteit, meerdere voertuigen, meerdere depots, *backhauls* (ophaling en levering) en het opsplitsen van bezoeken. Sommige modellen uit de literatuur minimaliseerden de kosten, andere modellen maximaliseerden de *efficiency* (hoeveelheid aan voeding die verdeeld kon worden) en de *equity* (is de verdeling eerlijk?). Ook waren er modellen die keken naar de duurzaamheid.

De context van de VBL is niet gelijk aan de context van andere voedselbanken uit de literatuur. Onderstaande tabel (tabel 8) geeft een overzicht over de beperkingen die wel of niet van toepassing zijn op de VBL. De VBL heeft twee vrachtwagens met een capaciteit van 1400kg/ 7 paletten en 4000kg/ 12 paletten. Sommige supermarkten of bedrijven worden elke dag bezocht voor ophalingen, andere wekelijks of maandelijks. Verenigingen worden maandelijks bezocht voor leveringen. Per dag worden er meerdere rondes uitgevoerd en elke ronde vertrekt en begint bij het depot van de VBL in Ekkelgaarden te Hasselt. De lading die de vrachtwagen zal ophalen bij supermarkten/bedrijven is niet op voorhand gekend en ook de lading die geleverd wordt aan verenigingen is variabel. De vrachtwagens moeten tussen 10u00 en 11u00 een eerste keer terugkeren naar de VBL en het zou wenselijk zijn dat de chauffeurs elke dag ten laatste tegen 13u00 kunnen stoppen. Ophalingen bij supermarkten van Colruyt dienen zo vroeg mogelijk te gebeuren. De allocatie van voeding (verdeling van voeding over de verenigingen) wordt niet meegenomen in de rittenplanning, maar wordt via het computerprogramma *FoodIt* geregeld.

Tabel 8: Overzicht beperkingen

Beperking	Van Toepassing	Niet van Toepassing
Capaciteit	X	
Periodiciteit	X	
Backhauls	X	
Multi-trip	X	
Multi-depot		X
Multi-Vehicle	X	
Split pickup and delivery		X
Onzekerheid lading	X	
Tijdsvensters vrachtwagen	soft	
Tijdsvensters locaties	soft	
Tijdsvensters depot	soft	
Multiple Time Windows		X
Leveringslocaties		X
Allocatie voeding		X

De beperkingen die van toepassing zijn, werden meegenomen in het zoeken naar verbeteringen en worden later versoepeld of losgelaten om te onderzoeken of dit voor meer verbetering kan zorgen. De huidige (vaste) rittenplanning zorgt ervoor dat voor de ophalingen 653 km afgelegd worden op een week met Alvo Peer en 617,5 km zonder Alvo Peer. Voor de leveringen worden momenteel 574,2 km per maand afgelegd. Dit komt neer op 3079,7 km per maand en een kost van ongeveer €1070 aan brandstof per maand (berekend met een dieselprijs van €1,869 per liter en Ad Blue kosten van 6% van de dieselkosten).

Onder de huidige beperkingen zijn verbeteringen mogelijk als de volgorde van de supermarkten van Colruyt veranderd wordt (paars) en drie locaties verplaatst worden (blauw) zoals te zien in tabel 12. Per week kan zo een verbetering van 93,5 km behaald worden. Dit zijn 374 minder afgelegde kilometers per maand of een besparing van ongeveer €130 per maand.

Tabel 12: Voorgestelde rittenplanning na clusteranalyse

Ronde	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag
1	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Hechtel) Alvo (Peer) Alvo (Pelt) Colruyt (Helchteren)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)
2	Limelco (Zonhoven) Alvo (Zonhoven)	Nikita (Herk de Stad) Okay (Alken) Alvo (Kortessem)		Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hasselt)	Carrefour (Beringen)	
	-40,7 km	-68,7 km	-12,7 km	/	+41,3 km	-12,7 km

Als beperkingen worden versoepeld voor de ophalingen, kunnen nog verbeteringen gevonden worden op het aantal afgelegde kilometers (tot wel 239,4 km per maand minder dan bij de voorgestelde rittenplanning in tabel 12). Om deze verbeteringen te kunnen halen, zullen bijna altijd verenigingen die eerst door de kleine vrachtwagen bezocht werden, nu door de grote vrachtwagen bezocht moeten worden. De grote vrachtwagen heeft een groter verbruik aan brandstof dan de kleine vrachtwagen, waardoor dit duurder wordt dan de rittenplanning in tabel 12. Puur financieel gezien is de rittenplanning in tabel 12 dus beter.

De rittenplanning uit tabel 12 kan wel nog verbeterd worden door de ophalingen en de leveringen te combineren. Tabel 26 geeft weer welke combinaties voor de meeste verbeteringen zorgen. Alle rondes voldoen aan de capaciteitsbeperking van de grote vrachtwagen. De ronde in oranje is de enige ronde die niet aan de beperking voldoet dat de vrachtwagen weer om 13u00 bij de VBL moet zijn (als deze om 07u30 vertrekt). Deze voorgestelde rittenplanning geeft een totale besparing van 404,7 km per maand ten opzichte van de voorgestelde rittenplanning in tabel 12. De totale brandstofkosten zullen dalen met 115,77 euro per maand. De verenigingen betalen hun brandstofkosten. Deze daling zal dus deels voor de kosten van de VBL zijn en deels voor de kosten van de verenigingen. Verenigingen moeten wel akkoord gaan met de veranderingen. Deze daling in de kosten kan helpen dat verenigingen bereid zijn om deze verandering door te voeren.

Tabel 26: Mogelijke verbeteringen per cluster met combinaties van ophalingen en leveringen

Cluster	Voorgestelde rondes	Verbetering
Blauwe cluster	- Alvo Kortesseem, Okay Alken - Bilzen, Hoeselt, Alvo Kortesseem, Okay Alken - Tongeren, Alvo Kortesseem, Okay Alken (2x)	62,3 km/maand
Groene cluster	- Limelco, Alvo Zonhoven - Zonhoven, Alvo Zonhoven, Limelco, Alvo Zonhoven - Genk, As, Alvo Zonhoven, Limelco - Genk, Maasmechelen, Alvo Zonhoven, Limelco	164,1 km/maand
Rode cluster	- Colruyt Hechtel, Alvo Peer, Alvo Pelt, Colruyt Helchteren - Colruyt Hasselt, Colruyt Zonhoven - Colruyt Zonhoven, Colruyt Hechtel, Alvo Pelt, Colruyt Helchteren, Colruyt Hasselt - Lommel, Alvo Pelt, Colruyt Hechtel, Colruyt Helchteren, Colruyt Zonhoven, Colruyt Hasselt - Pelt, Hamont, Alvo Pelt, Colruyt Hechtel, Colruyt Helchteren, Colruyt Zonhoven, Colruyt Hasselt	178,3 km/maand

Kritische beschouwingen

Dit onderzoek voegt waarde toe aan de wetenschappelijke literatuur doordat nog geen ander onderzoek over rittenplanning bij voedselbanken beschikbaar was in België. Dit onderzoek voegt ook waarde toe aan de praktijk. Als de VBL de voorgestelde verbeteringen toepast, kunnen kosten en tijd bespaard worden. In toekomstig onderzoek zal nog bepaald moeten worden hoe groot deze verbeteringen in de realiteit exact zijn doordat in dit onderzoek geschatte waardes en gemiddeldes gebruikt werden.

Het gebruik van gemiddelde waardes en schattingen voor de gewichten en tijden is de grootste beperking van deze masterproef. De gewichten en tijden variëren namelijk in de realiteit en dit kan ervoor zorgen dat sommige verbeteringen niet mogelijk zijn op bepaalde dagen of dat op andere dagen zelfs meer verbeteringen mogelijk zijn. Momenteel zijn geen gegevens over een langere periode beschikbaar over de exacte hoeveelheden die elke dag opgehaald worden. In toekomstig onderzoek kunnen deze gegevens verzameld worden. Daarmee kunnen scenario's opgesteld worden waarin beschreven kan worden welke verbeteringen in welk scenario mogelijk zijn.

In toekomstig onderzoek kan ook een model opgesteld worden waarin nieuwe supermarkten of verenigingen ingevuld kunnen worden om nieuwe optimale oplossingen te vinden. Ook kan een (eenvoudige) tool ontwikkeld worden waarmee de VBL kan berekenen hoe de vaste rittenplanning elke dag aangepast kan worden om een optimale route te bekomen met integratie van ophalingen op aanvraag.

Inhoudsopgave

Woord vooraf	1
Samenvatting	2
1. Onderzoeksplan.....	8
1.1 Praktijkrelevantie/ Probleemcontext.....	8
1.2 Probleemstelling/ Onderzoeksvraag	11
1.3 Methodologie	12
2. Literatuurstudie.....	14
2.1 Modellen voor rittenplanning	14
2.1.1 <i>Vehicle Routing Problems</i>	15
2.1.2 <i>Pickup and Delivery Problems</i>	16
2.1.3 <i>Routing-Allocation Problems</i>	17
2.1.4 Uitbreidingen met <i>supply chain</i> beslissingen	19
2.2 Doelfuncties.....	20
2.2.1 Kosten	20
2.2.2 <i>Efficiency en Equity</i>	22
2.2.3 Andere doelen	23
2.3 Oplossingsmethoden.....	24
2.3.1 Exacte oplossingsmethoden	24
2.3.2 Heuristieken en metaheuristieken.....	26
2.3.2.1 Neighbourhood Search	27
2.3.2.2 Genetisch algoritme	29
2.3.2.3 Relax and fit Heuristic.....	29
2.3.2.4 Column generation	30
2.3.2.5 Greedy Search Algorithm	30
2.3.2.6 Tabu Search	30
2.3.2.7 Decomposition based heuristic.....	30
2.4 Conclusie literatuurstudie	31
3. Transportbeleid voor de Voedselbank van Limburg	34
3.1 Transportprocessen.....	34
3.1.1 Ophaling bij supermarkten of bedrijven.....	36
3.1.2 Levering aan verenigingen.....	37

3.1.3 Ophalingen op aanvraag en samenwerkingen.....	39
3.2 Rittenplanning.....	40
3.3 Conclusie Context Voedselbank Limburg	43
4. Verbetervoorstellen rittenplanning en suggesties voor de toekomst.....	45
4.1 Huidige planning	45
4.2 Verbetervoorstellen onder huidige beperkingen	47
4.3 Verbetervoorstellen als beperkingen losgelaten worden	50
4.3.1 Voorgestelde rittenplanning ophalingen	50
4.3.2 Rittenplanning leveringen	53
4.3.3 Gecombineerde rittenplanningen	57
4.3.4 Scenario's VBL	59
4.4 Rittenplanning zonder Alvo Peer	62
4.5 Conclusie verbetervoorstellen rittenplanning	63
5. Discussie en conclusie	66
6. Bibliografie	71
6.1 Onlinebronnen, presentaties, afbeeldingen en rapporten	71
6.2 Wetenschappelijke bronnen en wetenschappelijke boeken	71
Bijlage 1: Prisma Flow Diagram.....	75
Bijlage 2a: Adressen Supermarkten/ Bedrijven	76
Bijlage 2b: Adressen Verenigingen.....	77
Bijlage 3: Tabellen met data van afstanden, tijden en gewichten	78
Bijlage 4: Berekeningen clusteranalyse	81
Bijlage 5: Tabel verbeteringen door combinaties.....	83

1. Onderzoeksplan

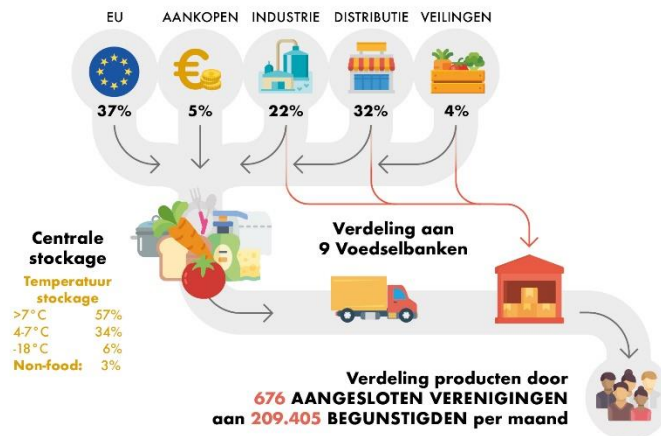
1.1 Praktijkrelevantie/ Probleemcontext

Aardbevingen, overstromingen, oorlogen en andere rampen kunnen ervoor zorgen dat mensen opeens zonder dak boven hun hoofd komen te staan of niets meer hebben om te eten. Dan is internationale en nationale hulp dringend nodig. Maar ook zonder rampen is er nood aan humanitaire hulp, want armoede komt over heel de wereld voor, ook zonder grote rampen. De nood aan humanitaire hulp is groter dan ooit volgens Besiou & Van Wassenhove (2020). In de literatuur wordt opgeroepen om meer academisch onderzoek te doen naar humanitaire logistiek (Behl & Dutta, 2019; Besiou & Van Wassenhove, 2020).

Humanitaire hulp is ook in België nodig, want ook hier is er armoede. De Belgische armoededrempel ligt momenteel op een totaal beschikbaar inkomen van €1366 per maand voor een alleenstaande. Voor andere samenstellingen van huishoudens ligt deze op een ander beschikbaar inkomen. 13,2% van de Belgen woont in een huishouden onder de armoededrempel (*Risico Op Armoede of Sociale Uitsluiting* | Statbel, 2023).

Armoede kan iedereen overkomen. Mogelijke oorzaken zijn het verliezen van werk, een ongeluk, ziekte, scheiding, opstapelende rekeningen, ... Mensen in armoede hebben nood aan hulp. Dit kan gaan over huisvesting, kleding, voeding, schoolrekeningen, ... Deze thesis zal zich vooral richten op de logistiek achter voedselhulp. In België worden mensen die voedselhulp nodig hebben door het OCMW doorverwezen naar één van de meer dan 600 verenigingen aangesloten bij de Belgische federatie van voedselbanken (BFVB | *Ik zoek hulp*, n.d.).

De Belgische Federatie van Voedselbanken (BFVB) bestaat uit negen regionale voedselbanken (één per provincie, behalve in de provincie Waals Brabant), waarvan de Voedselbank Limburg er één is. De BFVB maakt deel uit van de Europese Federatie van Voedselbanken (FEBA), die actief is in 29 Europese landen. Zoals te zien in figuur 1 op de volgende pagina, krijgt de BFVB voedsel van verschillende partijen. 37% van hun producten komen van de Europese Unie (Fonds voor Europese hulp aan de meest behoeftigen (FEAD)), 22% van de voedingsindustrie, 32% van de grootdistributie en 4% van groenten- en fruitveilingen. Sinds de crisis van 2022 moet de BFVB de laatste jaren ook zelf extra voeding aankopen om aan de stijgende vraag te kunnen voldoen. 5% van hun producten verwerven ze via eigen aankopen (BFVB | *Over de Voedselbanken*, n.d.).



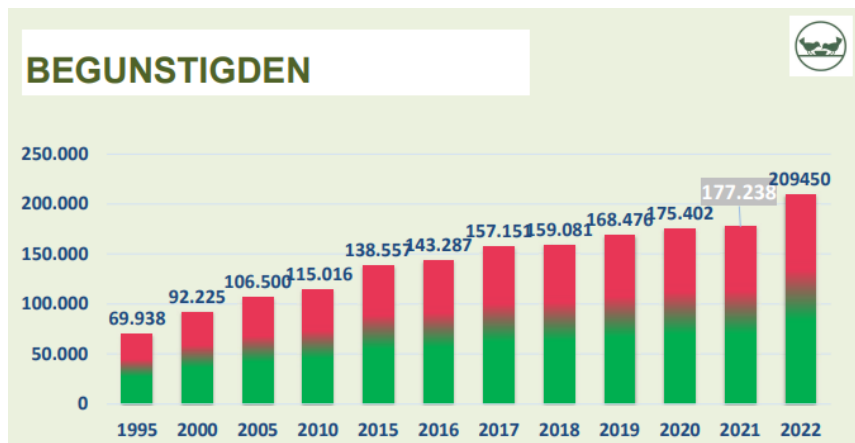
Figuur 1: Distributie voedselbanken (Interne presentatie Voedselbank, 2022)

De negen regionale Voedselbanken zijn verantwoordelijk voor de organisatie van logistieke stromen. Dit zijn dus eigenlijk distributiebedrijven. Zij houden zich bezig met de opslag, administratie en verdeling van het voedsel naar lokale aangesloten verenigingen die het voedsel bedelen aan begunstigden. Om hun taken goed uit te kunnen voeren, hebben de voedselbanken koelwagens en depots met de nodige uitrusting voor goederenbehandeling en -opslag, koel- en diepvriescellen die gefinancierd worden met donaties. Ze werken met vrijwilligers om de kwaliteit van producten te controleren en om de opslag en het transport in goede banen te leiden (BFVB | *Over de Voedselbanken*, n.d.).

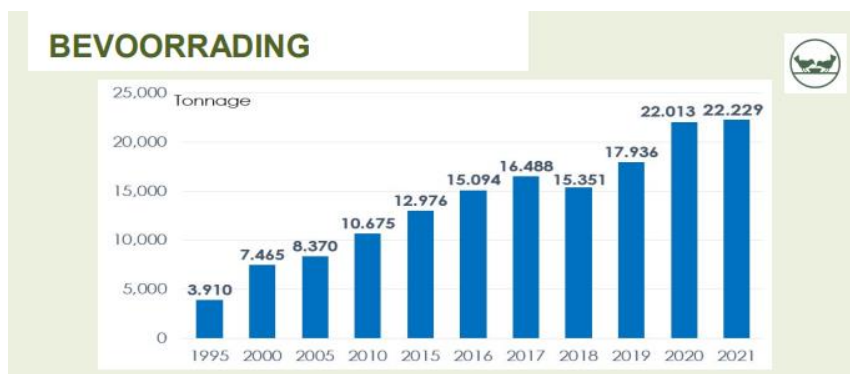
Desondanks de armoede en honger in België, is er toch ook sprake van voedselverspilling. Dat wil zeggen dat voedsel (of drank) dat nog perfect eetbaar is, weggesmeten wordt of aan dieren gevoed wordt. België staat op de tweede plaats van landen in Europa op vlak van voedselverspilling. Enkel in Nederland wordt meer voedsel verspild. Volgens een studie van GfK uit 2018 (in opdracht van het Departement Omgeving) verspilt een Vlaams huishouden gemiddeld 88 kg voedsel per jaar. Ook in supermarkten en in de toeleveringsketen vindt er voedselverspilling plaats (Liudmyla, 2019).

De uitdaging voedselverspilling tegengaan en de uitdaging honger tegengaan worden door de voedselbanken aan elkaar verbonden. Zo kan de ene uitdaging gebruikt worden om de andere aan te pakken en vice versa. Voedselbanken kunnen vergeleken worden met groothandelaars, maar met als verschil dat ze noch kopen, noch verkopen. Voedseloverschotten worden gratis aan hen geschonken. Daarna wordt deze voeding gratis uitgedeeld aan mensen die het nodig hebben (*Wat wij doen – Voedselbank Limburg*, n.d.).

Doordat de hele voedselbank op basis van donaties en vrijwilligers functioneert, is het belangrijk om alle resources (materiaal zoals vrachtwagens, koelruimtes, enz., vrijwilligers en voeding) zo efficiënt mogelijk te gebruiken om mensen maximaal te kunnen helpen. Ook steeg de afgelopen jaren het aantal begunstigden zoals te zien in figuur 2, maar steeg de bevoorrading niet genoeg mee (zie figuur 3). Dit is alarmerend en het is dus zeer belangrijk om te onderzoeken hoe dat deze hulp efficiënter kan in theorie en in de praktijk.



Figuur 2: Evolutie van het aantal mensen dat beroep deed op voedselhulp via de verenigingen aangesloten aan de Belgische Voedselbanken (Interne presentatie Voedselbank, 2022)



Figuur 3: Evolutie van de bevoorrading via het netwerk van Belgische Voedselbanken (Interne presentatie Voedselbank, 2022)

In het verleden werd al academisch onderzoek uitgevoerd over voedselbanken. Zo onderzocht Rodriguez (2020) hoe de voeding langer goed kan blijven in het distributienetwerk van een voedselbank. Martins et al. (2019) en Melo et al. (2016) onderzochten hoe een supply chain netwerk van een voedselbank geoptimaliseerd kan worden. Ook werd er onderzoek gedaan naar het optimale transportbeleid van een voedselbank, bijvoorbeeld door Eisenhandler & Tzur (2018, 2019a, 2019b, 2022). De allocatie van de voeding over verenigingen werd ook onderzocht, bijvoorbeeld door Alkaabneh et al. (2023) en Balcik et al. (2014).

Bovengenoemde onderzoeken werden allemaal in het buitenland gevoerd. Wetenschappelijke artikels over het transportbeleid van een Belgische voedselbank, werden niet gevonden. Het is dus belangrijk om ook in België te kijken welke modellen er in deze context gebruikt kunnen worden om het transportbeleid van de voedselbanken te kunnen optimaliseren. Hierdoor zal dit onderzoek dus gebeuren in samenwerking met de Voedselbank Limburg (VBL).

1.2 Probleemstelling/ Onderzoeksvraag

Om een goed onderzoek te kunnen doen, is een duidelijke onderzoeksvraag nodig. De onderzoeksvraag wordt in deze sectie besproken, samen met de deelvragen.

De onderzoeksvraag van deze thesis is: "Hoe kan de rittenplanning van de Voedselbank Limburg (VBL) verbeterd worden?". Om deze onderzoeksvraag goed te kunnen beantwoorden zullen deelvragen opgesteld worden. De deelvragen zullen in de thesis dan gebruikt worden als structuur in de volgorde zoals ze hieronder staan:

4. Welke modellen bestaan al in de wetenschappelijke literatuur om de rittenplanning te optimaliseren in de context van een voedselbank?
5. Hoe gebeurt de ophaling en levering van voeding momenteel bij de VBL en hoe wordt dit gepland?
6. Hoe kan de rittenplanning van de VBL verbeterd worden?

De eerste deelvraag zal zich op de wetenschappelijke literatuur richten over rittenplanning bij een voedselbank. Er zal worden gekeken welke modellen momenteel gebruikt worden in de academische literatuur en deze zullen met elkaar vergeleken worden.

De tweede deelvraag zal een overzicht geven over hoe de ophaling en levering in de VBL momenteel functioneert. Er zal voor dit deel verder gebouwd worden op de masterthesis van Jordy Cardinaels. Deze thesis bracht een jaar geleden alle processen van de VBL in kaart (Cardinaels, 2023). In dit deel zal het transportproces kort samengevat worden en vergeleken worden met de modellen in de wetenschappelijke literatuur over rittenplanning bij voedselbanken.

Daarnaast zal ook de beschikbare data omtrent de rittenplanning bij de VBL in kaart gebracht worden. Deze data zal alle winkels en distributiecentra (leveranciers) bevatten waarvan de VBL voedsel krijgt en waar ze naartoe moeten om dit op te halen. Ook zal er data zijn van de verenigingen waaraan de VBL voedsel levert. Daarnaast zal er ook data zijn over de producten die getransporteerd worden. Hierin zal terug te vinden zijn met welke frequentie locaties bezocht werden en de gemiddelde hoeveelheid die meegenomen wordt. Er zal ook gekeken worden naar de eigenschappen van de ritten, zoals de regelmatigheid van de ritten, de voorspelbaarheid van hoeveelheden en de aard van de producten (bijvoorbeeld of het producten zijn met een beperkte houdbaarheid) en naar eigenschappen van de locaties zelf.

Bij de derde deelvraag zullen verbeterscenario's opgesteld worden voor de rittenplanning. Er zal onderzocht worden welke veranderingen in de rittenplanning zorgen voor verbeteringen en welke niet. Ook zal onderzocht worden welke beperkingen verbeteringen tegenhouden en voor hoeveel verbetering gezorgd kan worden als deze beperkingen losgelaten worden.

1.3 Methodologie

In deze sectie wordt besproken hoe de onderzoeksvragen beantwoord zullen worden en hoe het onderzoek gevoerd zal worden. Het onderzoek wordt deels empirisch gevoerd en deels met behulp van een literatuurstudie. Het empirisch onderzoek en de literatuurstudie wordt in parallel uitgevoerd.

In deze thesis zal als eerste de literatuurstudie worden besproken. De literatuurstudie zal gevoerd worden om de eerste deelvraag te kunnen beantwoorden. Om goede artikels te kunnen vinden zal gebruik gemaakt worden van de kanalen 'Web of Science' en 'Google Scholar'. De gebruikte zoekterm op WoS is deze: ("food bank" OR "food banks" or foodbank) AND (vehicle routing). De gebruikte zoekterm op Google Scholar is: ("food bank" OR "food banks" OR foodbank) AND (vehicle routing) NOT ("compliance audit" "fleet maintenance" "demand allocation" disaster "traveling purchaser" assembly "meals on wheels" healthcare "food inspector" "food rescue platforms" "inventory control" politician "school bus"). Er zal daarna gebruik gemaakt worden van inclusiecriteria.

Dit zijn de inclusiecriteria:

- IC1: Het artikel moet in het Engels geschreven zijn.
- IC2: Het artikel moet een wetenschappelijk artikel zijn uit een gerankte *journal* met impact factor.
- IC3: Het artikel moet gaan over rittenplanning in de context van een voedselbank.

De inclusiecriteria die als filter bij het zoeken op de kanalen ingesteld kunnen worden, zullen zo ingesteld worden. Om de artikels op de andere criteria te kunnen beoordelen zal van elk artikel het abstract gelezen worden en op basis hiervan zal dan verder geselecteerd worden. Bij twijfel zal ook de conclusie gelezen worden. Om een duidelijk beeld te krijgen van hoe de literatuur gevonden en geselecteerd werd, zal er een prisma-flow diagram opgesteld worden (zie bijlage 1: Prisma-Flow Diagram).

Nadat de artikels geselecteerd zijn, zullen alle artikels gelezen en samengevat worden. Vanuit deze samenvattingen zullen de artikels dan gesorteerd worden op basis van de verschillende modellen en/of de assumpties die in de artikels gebruikt worden. Ook kan er gekeken worden of nog andere dimensies bestaan waarmee de artikels gesorteerd kunnen worden (bijvoorbeeld het land of de regio van het onderzoek). Al die dimensies zullen in deze thesis dan gebruikt worden als structuur om de literatuur te kunnen vergelijken onderling en met de context van de VBL.

In deze thesis zal als tweede het empirisch gedeelte besproken worden. In het empirisch gedeelte wordt er nauw samengewerkt met de VBL. Hiermee is er via de UHasselt al contact. Er zal vooral samengewerkt worden met afgevaardigd bestuurder Bart Buckinx en verantwoordelijke Dany Vansimpsen, maar ook met de andere vrijwilligers van de VBL zal er contact zijn. Er zal een gevalstudie gedaan worden bij de VBL doormiddel van observaties, semigestructureerde interviews en data collectie. Alles zal grondig genoteerd worden om de onderzoeksvraag goed te kunnen beantwoorden.

De laatste deelvraag zal beantwoord worden door het empirisch gedeelte te verbinden met de literatuurstudie. Er zal gekeken worden welke modellen het beste bij de context van de VBL passen. Ook zal in dit deel onderzocht worden of verbeteringen mogelijk zijn in de rittenplanning van de VBL. In dit deel zal ook de data over de rittenplanning van de VBL gebruikt worden. Alle berekeningen zullen uitgevoerd worden in Excel en alle kaarten zullen gemaakt worden in Google My Maps.

2. Literatuurstudie

Dit hoofdstuk zal zich richten op de eerste onderzoeksvraag: “Welke modellen bestaan al in de wetenschappelijke literatuur om de rittenplanning te optimaliseren in de context van een voedselbank?”. Om deze onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden werd een literatuurstudie uitgevoerd. 25 wetenschappelijke artikels werden gelezen en worden in dit hoofdstuk met elkaar vergeleken. In sectie 2.1 worden de verschillende rittenplanningsmodellen besproken. Sectie 2.2 vergelijkt specifiek de doelfuncties. In sectie 2.3 worden de oplossingsmethoden besproken. Sectie 2.4 zal alles samenvatten in een conclusie.

2.1 Modellen voor rittenplanning

In de wetenschappelijke literatuur worden verschillende modellen gebruikt om de rittenplanning, geassocieerd met voedselbanken, te optimaliseren. Deze modellen worden door literatuurstudies ook geclassificeerd in groepen. Mahmoudi et al. (2022) onderzochten in hun literatuurstudie alle modellen die in voedselbanken gebruikt worden om logistieke beslissingen te nemen en deelden de problemen op in het “Facility Location Problem (FLP)”, het “Resource Allocation Problem (RAP)” en het “Vehicle Routing Problem (VRP)”. Enkel het VRP gaat over rittenplanning. Gutiérrez-Sánchez en Rocha-Medina (2022) onderzochten in hun literatuurstudie alle beschikbare modellen over rittenplanning. De modellen werden onderverdeeld in “VRP”, “VRP with time windows (VRPTW)”, “Pickup and Delivery Problem (PDP)” en “Periodic VRP (PVRP)”. Deze literatuurstudies werden beide in 2022 gepubliceerd, dus ondertussen zijn er nog meer modellen beschikbaar in de literatuur (Gutiérrez-Sánchez & Rocha-Medina, 2022; Mahmoudi et al., 2022).

In dit onderzoek worden de modellen verdeeld in de groepen VRP, PDP, RAP, en “uitbreidingen met supply chain beslissingen”. De verdeling in de groepen VRP en PDP is gebaseerd op de verdeling van Gutiérrez-Sánchez & Rocha-Medina (2022) en de verdeling tussen VRP en RAP op het onderzoek van Mahmoudi et al. (2022). De groep “uitbreidingen met supply chain beslissingen” bevat modellen waarin niet enkel naar de rittenplanning gekeken wordt, maar ook extra beslissingen (zoals de allocatie van voeding aan verenigingen of de locaties van distributiecentra) meegenomen worden. Een verdere beschrijving van VRP-modellen wordt gegeven in sectie 2.1.1, een beschrijving van PDP-modellen in sectie 2.1.2, een beschrijving van de uitgebreide modellen in sectie 2.1.3 en sectie 2.1.4.

2.1.1 Vehicle Routing Problems

Het klassieke VRP-model wordt besproken in Alhindi et al. (2020) en Hernández-Santos et al. (n.d.). Het “*vehicle routing problem*” (VRP) kan beschreven worden als een beslissingsondersteunend model om een optimale rittenplanning te maken. Dit model houdt een wagenpark met verschillende capaciteiten, een centraal depot (alle voertuigen starten en eindigen hier, dit is dus de voedselbank) en meerdere klanten (verenigingen of supermarkten) met een bepaalde vraag in. Een set van routes wordt bepaald zodat de kosten minimaal zijn en alle klanten volledig bediend worden. Elke klant mag door slechts één voertuig bediend worden. Er zijn capaciteitsbeperkingen (voertuigen moeten op alle locaties producten leveren, maar hun capaciteit beperkt hoeveel ze kunnen meenemen). Om de kosten minimaal te krijgen, zal het VRP de totale lengte van de routes voor alle voertuigen minimaliseren. Zo kunnen ook alle leveringen in de kortste tijd mogelijk uitgevoerd worden (Alhindi et al., 2020; Hernández-Santos et al., n.d.). Alle andere artikels uit de literatuurstudie bespreken uitbreidingen op het VRP. Onderstaande tabel (tabel 1) levert een overzicht van alle uitbreidingen op het VRP-model die in deze sectie besproken zullen worden.

Tabel 1: Overzicht van de verschillende VRP-modellen

Model	Tijdsvensters	Periodiciteit	Multi-vehicle	Multi-Depot	Backhauls	Bezoeken opsplitsen	Bronnen
PVRP							(Davis et al., 2014)
VRPB							(Davis et al., 2014)
CVRP							(Alhindi et al., 2022; Arenas et al., 2017; Schneider & Nurre, 2019)
VRPTW							(Alhindi et al., 2022; Arenas et al., 2017; Schneider & Nurre, 2019)
VRPMTW							(Alhindi et al., 2022; Arenas et al., 2017; Schneider & Nurre, 2019)
MDVRP							(Dubey & Tanksale, 2023)
VRP-SP-SD							(Dubey & Tanksale, 2023)

Een PVRPB is een combinatie van een “*periodic VRP*” (PVRP) en een “*VRP with backhauls*” (VRPB). Een PVRP verschilt van een klassiek VRP door de assumptie te laten vallen dat alle klanten elke dag bezocht moeten worden. Bij een voedselbank kan het namelijk zijn dat sommige supermarkten dagelijks bezocht moeten worden en andere supermarkten maar om de week. Dit probleem zoekt dus ook een ideale oplossing voor de periode in dewelke klanten bezocht moeten worden (naast het ontwikkelen van een set van passende routes). Bij een VRPB worden de klanten in twee groepen verdeeld. Bij sommige klanten moeten goederen geleverd worden (in het geval van een voedselbank zijn dit de verenigingen) en bij de andere klanten moeten goederen afgehaald worden (dit zijn dan de supermarkten of bedrijven). Een extra assumptie in het onderzoek van Davis et al. (2014) is dat een voertuig eerst de toegewezen klanten die beleverd moeten worden bezocht en pas daarna de toegewezen klanten waar producten afgehaald moeten worden (Davis et al., 2014).

Een CVRPTW is een combinatie van een *capacitated VRP* (CVRP) en een *VRP with time windows* (VRPTW). Een CVRP is een VRP met capaciteitsbeperkingen. Elke locatie heeft een bepaalde vraag en elk voertuig heeft een bepaalde capaciteit die niet mag worden overschreden. Een standaard VRP heeft ook al capaciteitsbeperkingen. De benaming CVRP wordt dus gebruikt om nog eens extra de nadruk te leggen op de aanwezigheid van capaciteitsbeperkingen, maar verschilt in principe niet van een standaard VRP-model. Een VRPTW is een VRP met tijdsvensters, dit wil zeggen dat er beperkingen zijn over wanneer de locaties bezocht mogen worden. Het kan bijvoorbeeld voorkomen dat een supermarkt enkel voor de openinguren wil dat de voedselbank goederen komt ophalen. Elke locatie mag wel maar één keer bezocht worden. Hierop bestaat nog een uitbreiding: het VRPMTW ("*VRP with multiple time windows*"). Dit probleem laat toe dat locaties meerdere keren bezocht mogen worden (maar ook met beperkingen voor de tijdsvensters waarin deze bezocht worden). Bij een CVRPTW zijn er dus in vergelijking met een standaard VRP extra beperkingen over de tijdsvensters waarin locaties bezocht mogen worden (Alhindi et al., 2022; Arenas et al., 2017; Schneider & Nurre, 2019).

Dubey en Tanksale (2023) definiëren een MDVRP-TW-SP-SD (*Multi-depot VRP with time windows, split pickup and split delivery*) om een VRP met meer dan één depot te modelleren. Dit model wordt gebruikt voor een netwerk aan voedselbanken of voor voedselbanken met meerdere distributiecentra. Elke vrachtwagen is gekoppeld aan een specifiek depot. Dat wil zeggen dat de vrachtwagen zijn route steeds begint en eindigt in dit depot. Ook houdt dit probleem rekening met beperkingen voor tijdsvensters (zoals een VRPTW). Een andere uitbreiding bij dit probleem is dat de vraag (*split delivery*) en het aanbod (*split pickup*) bij de locaties opgesplitst kan worden. Dit betekent dat de ophaling of de levering bij eenzelfde locatie door meerdere vrachtwagens uitgevoerd mag worden. Voeding voor eenzelfde locatie mag ook van meerdere depots komen of afgeleverd worden aan meerdere depots. Een locatie moet dus niet gekoppeld zijn aan één specifiek depot of aan één specifieke vrachtwagen. Dit is niet mogelijk bij een standaard VRP model (Dubey & Tanksale, 2023).

2.1.2 Pickup and Delivery Problems

PDP staat voor "*Pickup and delivery problem*". Dit probleem wordt gebruikt als goederen getransporteerd worden tussen start- en eindlocaties. In het standaard PDP zijn er specifieke start- en eindlocaties voor elk product, maar er bestaan ook uitbreidingen op het probleem. Het grootste verschil tussen een PDP en een standaard VRP is dat er twee soorten klanten zijn: klanten waar goederen opgehaald worden (supermarkten en bedrijven) en klanten waar een levering nodig is (verenigingen) (Eisenhandler & Tzur, 2018, 2019a). Deze sectie zal een standaard PDP zoals gebruikt door Gunes et al. (2010), een H-PDSP (*humanitarian pickup and distribution problem*) zoals gebruikt door Eisenhandler en Tzur (2018, 2019a) en een H-GDSP (*humanitarian gleaning and distribution problem*) zoals gebruikt door Lee et al. (2017).

Een PDP is dus een uitbreiding op een VRP en kan ook PDVRP genoemd worden. Gunes et al. (2010) gebruiken een 1-PDVRP. Een 1-PDVRP werkt in tegenstelling tot een standaard VRP niet met een centraal depot. Bij dit probleem worden de locaties opgedeeld in locaties met vraag (*demand nodes*) en locaties met aanbod (*supply nodes*). Deze locaties zijn niet aan elkaar gekoppeld, wat wil zeggen dat een *demand node* vanuit eender welke *supply node* beleverd kan worden, zoals dus bij een PDP. In het 1-PDVRP wordt heel specifiek slechts één product gedistribueerd. Als doelfunctie wordt de afgelegde afstand geminimaliseerd (Gunes et al., 2010).

Een andere uitbreiding op het PDP is een H-PDSP (*humanitarian pickup and distribution problem*). Hierbij zijn de locaties ook op te delen in *demand nodes* en *supply nodes*. Het H-PDSP wordt echter enkel gebruikt in situaties waarbij humanitaire hulp nodig is. Bij deze situaties is een tekort aan aanbod van het benodigde product aanwezig, waardoor nooit aan de volledige vraag kan worden voldaan. Hierdoor maakt een H-PDSP van de geleverde hoeveelheden aan producten per locatie beslissingsvariabelen. Het laat ook niet toe dat voorraad overblijft, doordat de producten een korte houdbaarheidsdatum hebben en anders niet meer gebruikt kunnen worden. Dit model neemt dus ook de beslissing mee hoeveel voeding elke vereniging zal krijgen en welke hoeveelheid van de vraag niet vervuld zal kunnen worden. De vraag is niet op voorhand gekend, pas als de chauffeur aankomt bij de vereniging ziet hij wat de vraag is en zal er beslist worden hoeveel voeding de vereniging krijgt. Dit model zou dus ook geclassificeerd kunnen worden als een uitbreiding met allocatie zoals de modellen in sectie 2.1.3 (Eisenhandler & Tzur, 2018, 2019a).

Een andere vorm van het H-PDSP is het H-GDSP (*humanitarian gleaning and distribution problem*) zoals gedefinieerd door Lee et al. (2017). Dit model heeft geen locaties waarbij voedsel gewoon afgehaald kan worden (zoals bijvoorbeeld supermarkten), maar deze locaties worden vervangen door velden met een overschot van de oogst. Vrijwilligers van de voedselbank moeten hier het overschot nog oogsten (ook *gleaning* genoemd). De locaties waar geleverd wordt, zijn wel nog dezelfde (Eisenhandler & Tzur, 2019b, 2022). *Gleaning* heeft nog extra uitdagingen. Vrijwilligers moeten op korte termijn gezocht worden om mee te gaan en de oogstoverschotten te gaan oogsten. Hierdoor bestaan er ook modellen die rekening houden met de beschikbare vrijwilligers en de tijd nodig om te oogsten. Deze modellen proberen dan de totale geoogste/ geredde hoeveelheid voedsel te maximaliseren (Lee et al., 2017).

2.1.3 Routing-Allocation Problems

Veel rittenplanningsmodellen voor voedselbanken houden ook nog rekening met andere beslissingen die een voedselbank moet nemen. Een voedselbank moet bijvoorbeeld ook beslissen hoeveel voedsel elke vereniging krijgt. Verschillende artikels (Alkaabneh et al., 2023; Balcik et al., 2014; Lien et al., 2014) betrekken deze beslissing in hun modellen. Hier is er dan sprake van het *Routing-Allocation Problem* (RAP). Ook van het RAP bestaan weer verschillende soorten zoals het *stochastic RAP under demand uncertainty* (SRAPDU), het *Sequential resource allocation problem* (SRA) en het *multi-vehicle SRA* (MSRA). Het H-PDSP en het H-GDSP, besproken in de vorige sectie, nemen ook allocatiebeslissingen mee en zijn dus eigenlijk combinaties van PDP- en RAP modellen. Tabel 2 geeft een overzicht over alle RAP-modellen die in deze sectie (of in de vorige sectie) besproken worden.

Tabel 2: Overzicht van de verschillende RAP-modellen

Model	Tijds-vensters	Periodi-citeit	Multi-vehicle	Multi-Depot	Back-hauls	Bezoeken opsplitsen	Allocatie voeding	Uitbrei-ding	Optimali-satie van	Bronnen
H-PDSP								PDP	Efficiency en Equity	(Eisenhandler & Tzur, 2018, 2019a)
H-GDSP								PDP	Efficiency	(Eisenhandler & Tzur, 2019b, 2022)
SRAPDU								RAP	Filling rate	(Alkaabneh et al., 2023)
SRA								RAP	Equity	(Balcik et al., 2014; Lien et al., 2014)
MSRA								RAP	Equity	(Balcik et al., 2014; Lien et al., 2014)

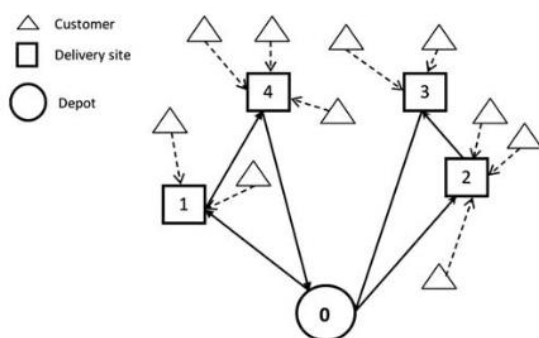
Het SRAPDU (*stochastic RAP under demand uncertainty*) neemt drie beslissingen: leveringslocaties koppelen aan vrachtwagens, de rittenplanning voor elke vrachtwagen en allocatie van voedingsproducten (de hoeveelheid die elke locatie krijgt). Het doel is om de *filling rate* te maximaliseren. De *filling rate* (ook servicelevel genoemd) is de verhouding tussen de totale gealloceerde hoeveelheid aan voeding en de totale vraag aan voeding. Net zoals bij H-PDSP-modellen is er een tekort aan aanbod en een teveel aan vraag zodat deze ratio steeds onder één zal liggen. In de doelfunctie zal de *filling rate* gebruikt worden om een balans te zoeken tussen aan zo veel mogelijk vraag te voldoen (*efficiency*) en de voeding zo eerlijk mogelijk te verdelen (*equity*). Wat dit exact betekent, wordt besproken in sectie 2.2.2. In tegenstelling tot het standaard VRP- en PDP-model, is in het SRAPDU niet op voorhand geweten hoeveel vraag er exact zal zijn per locatie. Een voorspelling kan worden gedaan, maar een voorspelling zal altijd afwijken van de realiteit. Alkaabneh et al. (2023) maakt gebruik van scenario's om met deze onzekerheid om te gaan.

Het SRA (*Sequential resource allocation problem*) houdt ook rekening met allocatie, maar regelt niet enkel het transport voor de levering van de voeding. Er worden namelijk ook locaties bezocht waar voedsel afgehaald zal worden. Dit probleem is dus een combinatie tussen een RAP en een PDP. Een uitbreiding hierop is een SRA-e, dit houdt rekening met *equity* (dus of de voeding eerlijk verdeeld wordt tussen de locaties, zie sectie 2.2.2) in de doelfunctie. Een MSRA-e (*multi-vehicle SRA*) is hier een uitbreiding op. Dit probleem houdt rekening met het gebruik van meerdere voertuigen (Balcik et al., 2014; Lien et al., 2014).

2.1.4 Uitbreidingen met *supply chain* beslissingen

Naast de rittenplanning (operationeel niveau) moeten de voedselbanken ook beslissingen nemen op een strategisch niveau over hun *supply chain*. Voedselbanken werken in een netwerk. Zo werken ze samen met verschillende voedsel donoren of financiële donoren. Voedselbanken kunnen ook verschillende distributiecentra hebben. Bovendien leveren ze ook voeding aan verschillende verenigingen of aan afvalverwerkingsbedrijven. Beslissingen die genomen worden over dit netwerk, bijvoorbeeld over de locaties waar nieuwe distributiecentra geopend worden, het aantal vrachtwagens, en over samenwerkingen met nieuwe partners, hebben allemaal een impact op de efficiëntie van de rittenplanning. Hierdoor bestaan er ook modellen die deze beslissingen meenemen. Hiervoor worden modellen met meerdere doelstellingen gebruikt. De bestudeerde modellen streven naar duurzaamheid op drie vlakken: economisch, milieutechnisch en sociaal. Voor elk van deze vlakken is er dan een doelfunctie. Op deze doelfuncties wordt verder ingegaan in sectie 2.2.3. De beperkingen en hoe deze modellen exact functioneren, valt buiten de scope van deze masterproef en zal hierin dus niet worden beschreven, behalve voor één specifiek model (VRDAP), beschreven in de volgende alinea (Kaviyani-Charati et al., 2022; Martins et al., 2019; Melo et al., 2016).

Bij een VRDAP-model (*vehicle routing with demand allocation problem*) worden beslissingen rond de locaties waar verenigingen goederen ophalen, meegenomen. Er zal dan een allocatie van de vraag van de verenigingen gedaan worden aan mogelijke ophaallocaties. In tegenstelling tot de modellen besproken in sectie 2.1.3, gaat het allocatieaspect van de modellen uit het onderzoek van Ghoniem et al (2013) en van Reihaneh en Ghoniem (2018) over de allocatie van verenigingen (met hun vraag) aan leveringslocaties. Deze leveringslocaties worden simultaan geselecteerd met de routes van de voertuigen. Deze voertuigen hebben net zoals in een standaard VRP een beperkte capaciteit en vertrekken uit een centraal depot (voedselbank). Het verschil met een standaard VRP is dat bij dit VRDAP de voeding niet op de locaties van de verenigingen geleverd wordt, maar op de zelfgekozen leveringslocaties zoals te zien in onderstaande figuur (figuur 4). Niet enkel de voedselbank moet zich nu verplaatsen, maar ook de verenigingen moeten naar de leveringslocaties komen. Het probleem kiest de oplossing die de afgelegde afstand van de voedselbank minimaliseert alsook de afgelegde afstand van de verenigingen om hun goederen af te halen op de aan hun gekoppelde locaties. In tegenstelling tot alle hiervoor besproken VRP problemen, omvat dit probleem niet enkel de rittenplanning, maar neemt het ook nog een tweede probleem (allocatie) mee en lost beide problemen simultaan op (Ghoniem et al., 2013; Reihaneh & Ghoniem, 2018).



Figuur 4: VRP with delivery sites (Ghoniem et al., 2013)

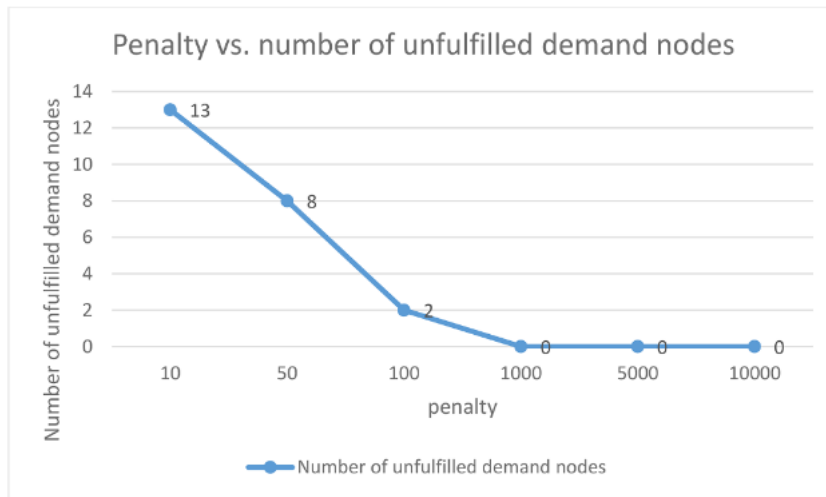
2.2 Doelfuncties

Voedselbanken zijn VZW's. Dit wil zeggen dat winst maken niet het doel is van voedselbanken in tegenstelling tot bij klassieke bedrijven. Het doel van voedselbanken is armoede bestrijden en voedselverspilling tegengaan. Het behalen van dit doel kan meegenomen worden in de doelfunctie van een model, maar voedselbanken hebben ook een beperkt budget. Hierdoor kan het ook nodig zijn om als doelfunctie de kosten te minimaliseren. Modellen ter ondersteuning van de rittenplanning in de context van voedselbanken gebruiken dus verschillende doelfuncties. Sommige modellen minimaliseren kosten en andere proberen zo veel mogelijk voeding op een eerlijke manier te verdelen. Ook combinaties van deze doelen en combinaties van doelen betreffende beslissingen die niet direct met de rittenplanning te maken hebben (bijvoorbeeld over de locatie van distributiecentra), zijn mogelijk. In sectie 2.2.1 zullen doelfuncties die kosten minimaliseren, besproken worden. Sectie 2.2.2 zal gaan over doelfuncties die ervoor zorgen dat de voeding zo eerlijk mogelijk verdeeld wordt. Sectie 2.2.3 zal bespreken welke andere doelen mogelijks nog meegenomen worden.

2.2.1 Kosten

Het klassieke VRP-model in een context van een winst georiënteerd bedrijf heeft als doel om kosten zo laag mogelijk te houden. De doelfunctie is dan "Minimaliseer de variabele transportkosten". In de context van een voedselbank kan deze doelfunctie handig zijn omdat alles zo goedkoop mogelijk moet kunnen werken, doordat de voedselbank een VZW is en maar een beperkt budget ter beschikking heeft door donaties (Alhindi et al., 2020, 2022; Arenas et al., 2017; Dubey & Tanksale, 2023; Ghoniem et al., 2013; Kaviyani-Charati et al., 2022).

Arenas et al. (2017) en Alhindi et al. (2020, 2022) wijzen aan elke verbinding tussen twee *nodes* een kost toe. De totale kostenfunctie wordt berekend door de som te nemen van alle kosten van de gebruikte verbindingen. Dit zijn enkel de variabele kosten. Hoe deze kosten berekend worden en wat deze inhouden, wordt niet beschreven. Het zou ook kunnen dat deze artikels de afgelegde weg gebruiken als kost. Dubey en Tanksale (2023) daarentegen gebruiken een complexere kostenfunctie. De variabele kosten worden hetzelfde weergegeven in het model als bij Arenas et al. (2017), maar hier worden extra kosten bij opgeteld, namelijk vaste kosten per voertuig dat gebruikt wordt en een *penalty cost* voor de vraag waaraan niet voldaan wordt en de goederen die niet meegenomen worden uit de supermarkten. Ook bij dit artikel is het niet zeer duidelijk hoe de variabele kosten berekend worden, maar het artikel lijkt te impliceren dat de afstanden tussen de locaties gebruikt worden. Bij de *penalty cost* worden er meerdere waardes uitgeprobeerd. Hoe hoger deze kost ligt, hoe meer van de vraag vervuld zal worden in de optimale oplossing. Dit verband is zichtbaar in onderstaande figuur (figuur 5). Dubey en Tanksale (2023) raden aan om de *penalty cost* op 1000 te zetten (per eenheid vraag waaraan niet werd voldaan). In welke eenheid deze kost staat (kilometers of munteenheid) is ook niet duidelijk in het artikel.



Figuur 5: penalty en onvervulde vraag (Dubey & Tanksale, 2023)

Ghoniem et al. (2013) berekenen een gewogen gemiddelde tussen de variabele kosten voor het transport van de voedselbank zelf en de kosten voor de klanten die zelf voedsel afhalen bij een locatie gekozen door de voedselbank. Als variabele kosten wordt voor beide partijen de afgelegde weg gebruikt. De som van het gewicht van de kosten van de voedselbank en het gewicht van de kosten van de klanten moet één zijn. Welke gewichten exact gebruikt dienen te worden, laten Ghoniem et al. (2013) open, beslissingsmakers dienen zelf te beslissen welk belang ze hechten aan het minimaliseren van de afgelegde weg voor de klanten of voor de voedselbank.

In de kostenfunctie van Kaviyani-Charati et al. (2022) worden nog meer kosten meegenomen die niet direct iets te maken hebben met de rittenplanning. In dit model worden de volgende kosten meegenomen: vaste kost voor het openen van een voedselbank, kosten om capaciteit voor opslag te voorzien in elke voedselbank, operationele kost voor voertuigen, kost om nieuwe voertuigen aan te kopen, *inventory holding cost*, kost voor voedseltransport, *penalty cost* voor ongebruikte transportcapaciteit, operationele kosten voor elke voedselbank, ophalingskosten voor voeding en ongebruikte financiële donaties. Hoe deze kosten exact berekend kunnen worden, wordt niet besproken in het artikel. Kaviyani-Charati et al. (2022) nemen al deze extra kosten mee, omdat hun model nog extra beslissingen maakt boven op de rittenplanning (bijvoorbeeld het bepalen van locaties voor nieuwe voedselbanken in een netwerk). Dit model werkt dus met meerdere doelfuncties. Boven op de kostenfuncties wordt er nog geoptimaliseerd op sociaal vlak en op vlak van milieu. De doelfuncties die hierbij horen zullen besproken worden in sectie 2.2.3.

2.2.2 Efficiency en Equity

De context van een voedselbank zorgt er voor dat sommige modellen andere doelfuncties gebruiken dan de klassieke kostenminimalisatie. Voedselbanken zijn zoals al aangehaald niet uit op het maken van winst, maar hun doel is om behoeftigen te helpen. Om dit doel in de rittenplanning mee te kunnen nemen, kijken bepaalde modellen niet meer naar de kosten als doelfunctie, maar naar *efficiency* en *equity*. *Efficiency* betekent dat de capaciteit van de voertuigen zo goed mogelijk gebruikt wordt en zo veel mogelijk voeding verdeeld kan worden. *Equity* betekent dat de voeding eerlijk verdeeld wordt over de verenigingen. Modellen met deze doelfunctie zijn steeds RAP-modellen. In RAP-modellen is er een tekort aan aanbod van voeding, waardoor er niet aan de volledige vraag van alle verenigingen kan worden gedaan. Deze modellen beslissen dus ook hoeveel voeding er aan elke vereniging uitgedeeld zal worden (voedingsallocatie) (Alkaabneh et al., 2023; Balcik et al., 2014; Dubey & Tanksale, 2023; Eisenhandler & Tzur, 2018, 2019a, 2019b, 2022; Lien et al., 2014).

Alkaabneh et al. (2023) maximaliseren de som van de *filling ratios* (*service levels*) van alle locaties. De *filling ratio* per locatie wordt berekend door de totale toegewezen hoeveelheid (aan de locatie) te delen door de totale vraag (van de locaties). Als de *filling ratio* groter is, zal ook de *efficiency* groter zijn. Dus door de *filling ratio* te maximaliseren, zal ook de *efficiency* gemaximaliseerd worden. *Equity* wordt niet meegenomen in de doelfunctie van Alkaabneh et al. (2023), maar wel als beperking, door op te leggen dat dit niet hoger mag zijn dan een bepaald getal. *Equity* berekenen ze door de *filling ratio's* van alle locaties te vergelijken en de minimale *filling ratio* af te trekken van de maximale *filling ratio*.

Balcik et al. (2014) en Lien et al. (2014) gebruiken ook de *filling ratio*, maar in de doelfunctie wordt niet de som ervan gemaximaliseerd. In dit model wordt namelijk de verwachte minimale *filling ratio* gemaximaliseerd. De focus in dit model ligt dus meer op *equity* en minder op *efficiency* dan in het model van Alkaabneh et al. (2023).

Dubey en Tanksale (2023) hebben in hun doelfunctie een deel waar ze de totale vervulde vraag maximaliseren. Dit wil dus zeggen dat ook de *efficiency* gemaximaliseerd wordt. In tegenstelling tot Alkaabneh et al. (2023), Balcik et al. (2014) en Lien et al. (2014), gebruiken Dubey en Tanksale (2023) de *filling ratio* niet, maar wel een *penalty cost* zoals beschreven in sectie 2.2.1.

Eisenhandler en Tzur (2018) gebruiken een complexere functie om de *efficiency* en de *equity* te bepalen. Als eerste wordt de welvaartsfactor voor elke vereniging berekend door de geleverde hoeveelheid te delen door de grootte van de vereniging. Deze welvaartsfactor is niet gelijk aan de *filling ratio*, omdat niet gekeken wordt naar de vraag van een vereniging en hierdoor kan deze ook groter zijn dan één (in tegenstelling tot de *filling ratio*). De welvaartsfactor wordt dan gebruikt in de Gini coëfficiënt (G). G heeft een waarde tussen 0 (maximale *equity*, elke vereniging heeft dezelfde welvaartsfactor) en 1 (totaal geen *equity*, enkel één vereniging heeft alle welvaart). De Gini coëfficiënt is dus een maatstaf voor *equity* en wordt met behulp van onderstaande formule (formule 1) berekend. D is de verzameling van alle verenigingen en i en j zijn twee verschillende verenigingen. Y_i staat voor de hoeveelheid geleverd aan vereniging i en q_i is de proportie van de populatie die voeding krijgt bij vereniging i .

$$G = \frac{\sum_{i \in D} \sum_{j \in D: j > i} |q_i Y_i - q_j Y_j|}{\sum_{i \in D} Y_i}$$

Formule 1: berekening Gini coëfficiënt (Eisenhandler & Tzur, 2018)

Om *efficiency* te meten wordt gekeken naar de totale hoeveelheid voeding die verdeeld werd (F). Dit kan berekend worden zoals in de noemer van de vorige formule. In de doelfunctie wordt dan een combinatie gebruikt: $Z = F \cdot (1 - G)$ wordt gemaximaliseerd. Eisenhandler & Tzur (2019a, 2019b, 2022) gebruiken deze doelfunctie ook, maar verder uitgeschreven zoals te zien in formule 2.

$$Z = F \cdot (1 - G) = F - F \cdot G = \sum_{i \in D} Y_i - \sum_{i \in D} \sum_{j \in D, i > j} |q_i Y_i - q_j Y_j|$$

Formule 2: berekening doelfunctie voor *efficiency* en *equity* (Eisenhandler & Tzur, 2018)

2.2.3 Andere doelen

Artikels die nog extra beslissingen of onderwerpen meenemen in hun modellen dan enkel de rittenplanning, stellen soms ook voor deze beslissingen doelen op. Davis et al. (2014) bespreken een model bestaande uit twee submodellen. Eerst zal het eerste submodel geoptimaliseerd worden, waarin berekend wordt waar pick-up locaties gelokaliseerd moeten worden waar de voedselbank de voeding levert en de verenigingen de voeding ophalen. Dit submodel heeft als doel om het aantal pick-up locaties te minimaliseren. Hierna zal het tweede submodel geoptimaliseerd worden dat de totale reistijd voor alle partijen minimaliseert.

Schneider en Nurre (2019) bespreken de rittenplanning van controleurs van de voedselbank. Deze controleurs controleren bij de aangesloten verenigingen of er daar aan alle regels voldaan wordt. Grotere voedselbanken, moeten dus niet enkel een rittenplanning maken voor de ophaling en levering van voeding, maar ook voor de controleurs. Hun model heeft als doel om het aantal routes te minimaliseren, de kosten zo laag mogelijk te houden en bepaalde voorkeurstijden te gebruiken.

Artikels met strategische beslissingen over de hele *supply chain* gebruikten doelen van *de tripple bottom line*, d.w.z. dat ze proberen goed te scoren op economisch vlak (minimale kosten), voor het milieu (minimale voedselverspilling en CO₂ uitstoot) en op sociaal vlak (*equity*). Er viel op dat het ene aspect vaak ten koste gaat van het andere aspect (bijvoorbeeld als de kosten lager waren, was er meer voedselverspilling) (Kaviyani-Charati et al., 2022; Martins et al., 2019; Melo et al., 2016).

2.3 Oplossingsmethoden

Nadat een model voor rittenplanning opgesteld is, dient een optimale oplossing gezocht te worden. Om een model te kunnen optimaliseren, bestaan er twee opties. Als eerste zijn er de exacte oplossingsmethoden. Deze geven altijd de optimale oplossing als uitkomst, maar werken enkel voor niet te complexe, minder grootschalige modellen. Hoe meer knooppunten in het model voorkomen, hoe meer rekentijd nodig kan zijn voor het algoritme (de tijd zal exponentieel toenemen). Voor bepaalde uitbreidingen op het VRP bestaan geen exacte oplossingsmethoden, omdat deze modellen te complex zijn (Prins, 2002). Deze modellen dienen opgelost te worden met de tweede optie aan oplossingsmethodes: de heuristieken (en metaheuristieken). Deze oplossingsmethoden gaan op zoek naar een lokaal optimum, maar kunnen niet garanderen dat dit ook het globale optimum zal zijn. Hieronder zullen de exacte oplossingsmethoden en de heuristieken die voorgesteld worden in wetenschappelijke literatuur omtrent voedselbanken verder besproken worden.

2.3.1 Exacte oplossingsmethoden

Als een model het toelaat dat alle variabelen continue waardes mogen aannemen en het probleem niet te groot is, dan kan het opgelost worden met het Simplex Algoritme. In de realiteit van een VRP zijn er echter steeds variabelen die integer of zelfs binair moeten zijn (bijvoorbeeld de variabele die aangeeft of een route gebruikt wordt of niet). Hierdoor kan het Simplex Algoritme alleen geen goede oplossing vinden en zijn er dus complexere oplossingsmethodes nodig. De exacte oplossingsmethoden die gebruikt worden in de literatuur in de context van een voedselbank zijn te zien in onderstaande tabel (tabel 3). De tabel geeft ook weer voor welke VRP-variant deze oplossingsmethoden gebruikt werden, voor welk doel en door welke bronnen. Zoals te zien in de tabel kunnen de eerste twee methodes gebruikt worden om het hele probleem op te lossen. Het *Robin Hood Algorithm* kan enkel een subprobleem oplossen, de *Augmented ϵ -constraint* methode kan enkel gebruikt worden om het model te vereenvoudigen en de Column Generation methode kan enkel een *garanteed optimality gap* berekenen. In het vervolg van deze sectie zullen de methoden verder uitgelegd worden.

Tabel 3: Overzicht Exacte Oplossingsmethoden

Method	VRP-variant	Doel	Bronnen
<i>Branch & Cut</i>	CVRPTW	Oplossing	(Arenas et al., 2017)
<i>Branch & Bound</i>	CVRPTW	Oplossing	(Arenas et al., 2017)
<i>Robin Hood Algorithm</i>	H-PDSP	Deeloplossing	(Eisenhandler & Tzur, 2018)
<i>Augmented ε-constraint</i>	Multi-objective	Vereenvoudiging	(Kaviyani-Charati et al., 2022)
<i>Column Generation</i>	1-PDVRP	<i>Garanteed optimality Gap</i>	(Gunes et al., 2010)

De “*Branch and Cut*” methode en de “*Branch and Bound*” methode werden gebruikt in de voorgestelde software van Arenas et al. (2017) om het model (*capacitated vehicle routing problem with time windows*) in hun artikel op te lossen. Bij de “*Branch and Bound*” methode wordt eerst de continue relaxatie van het probleem opgelost. Dan wordt telkens een extra beperking aan het model opgelegd zodat uiteindelijk alle variabelen integer zijn. De “*Branch and Cut*” methode, volgt hetzelfde principe, enkel worden er andere regels toegepast om extra beperkingen toe te mogen voegen (Hillier & Lieberman, 2021).

Eisenhandler & Tzur (2018) stellen het “*Robin Hood Algorithm*” voor en bewijzen dat deze methode de optimale oplossing vindt. Het H-PDSP-model in dit artikel, neemt naast de rittenplanning ook de verdeling van voeding over verschillende verenigingen mee. Dit model is onderverdeeld in twee subproblemen: het allocatieprobleem en het rittenplanningsprobleem. Het “*Robin Hood Algorithm*” wordt enkel gebruikt voor het allocatieprobleem. Het “*Robin Hood Algorithm*” is gebaseerd op het principe van wegnemen van rijken en geven aan armen. In de initiële oplossing wordt gekeken welke verenigingen veel voeding krijgen (de rijken) en welk verenigingen weinig voeding krijgen (de armen). Er zullen dan verbeteringen gezocht worden door een deel van de voeding die toegewezen wordt aan de rijken, toe te wijzen aan de armen, totdat de oplossing goed scoort op vlak van *efficiency* en *equity*. Om heel het probleem op te lossen (rittenplanning en allocatie), wordt aangeraden om een heuristiek te gebruiken, omdat het een NP-hard probleem is en voor realistische groottes van het probleem zal een exacte oplossingsmethode niet volstaan. Eisenhandler en Tzur (2018) raden aan om “*Large Neighbourhood Search*” te gebruiken. Deze heuristiek wordt besproken in sectie 2.3.2.1.

Een andere exacte oplossingsmethode is de “*Augmented ε -constraint*” methode gebruikt door Kaviyani-Charati et al. (2022). Het model in dit artikel heeft meerdere doelfuncties, wat het moeilijker maakt om het model op te lossen. De “*Augmented ε -constraint*” methode wordt gebruikt om de doelfuncties samen te voegen en zo het model te vereenvoudigen. Elke doelfunctie zal individueel opgelost worden (met de andere doelfuncties toegevoegd als beperkingen) om zo een *pay-off* tabel op te kunnen stellen met de beste en de slechtste doelfunctiewaarden. De resultaten hiervan zullen dan gebruikt worden om de doelfuncties samen te voegen. Hoe dit exact uitgevoerd moet worden, valt buiten de scope van deze masterproef. Om het vereenvoudigde model dan op te lossen, kan er gebruik gemaakt worden van heuristieken. Kaviyani-Charati et al. (2022) gebruiken het genetisch algoritme. Deze heuristiek wordt besproken in sectie 2.3.2.2.

Gunes et al. (2010) optimaliseren een mixed integer programming (MIP) model gebruikmakend van *column generation*. Er wordt een masterprobleem gemaakt van het oorspronkelijke probleem met als kolommen de routes die aan de beperkingen voldoen. Dit masterprobleem heeft de vorm van een *set covering problem*. De continue relaxatie van het masterprobleem zal dan opgelost worden, zodat de schaduw prijzen van de beperkingen gebruikt kunnen worden in het MIP-model om nieuwe mogelijke routes te vinden. Daarna zal het masterprobleem als een integer probleem behandeld worden. Zo zal dan waarschijnlijk niet de optimale route gevonden worden, maar er zal wel een *guaranteed optimality gap* berekend kunnen worden. Wat dit exact inhoudt en hoe dit gedaan moet worden, wordt niet besproken door Gunes et al. (2010). Als slechts één voertuig gebruikt wordt, kan deze procedure vereenvoudigd worden naar enkel het MIP model oplossen met als extra beperking dat alle locaties bezocht moeten worden (Gunes et al., 2010).

2.3.2 Heuristieken en metaheuristieken

Exacte oplossingsmethoden kunnen niet altijd gebruikt worden. VRPs zijn namelijk NP-hard. Dat wil zeggen dat een VRP niet in polynomiale tijd opgelost kan worden. Hoe groter het probleem is, hoe meer mogelijke oplossingen bestaan voor het probleem en hoe moeilijker het wordt om de ideale oplossing te vinden. Bij grote problemen zullen exacte oplossingsmethoden dus te veel rekentijd kosten en is het efficiënter om andere methodes te gebruiken. Een goede zoekstrategie om ten minste een lokaal optimum te vinden, kan hierbij helpen en deze zoekstrategie wordt geboden door heuristieken en metaheuristieken. Heuristieken zoeken tot de volgende oplossing slechter scoort en stoppen dan. Metaheuristieken laten verslechtering toe voor een bepaald aantal iteraties en vinden zo mogelijks nog een betere oplossing. De heuristieken en metaheuristieken gebruikt in de context van rittenplanning voor voedselbanken zijn terug te vinden in onderstaande tabel (tabel 4). Sommige heuristieken kunnen enkel ingezet worden voor modellen die ook beslissingen nemen over allocatie. Dit zal ook weergegeven worden in de tabel. In de volgende secties wordt uitgelegd hoe deze technieken tot een oplossing voor het rittenplanningsmodel komen.

Tabel 4: Overzicht Heuristieken en Metaheuristieken

Oplossings-Methode	VRP-Variant	Allocatie	Bronnen
Large Neighbourhood Search	SRADPU, H-PDSP, MDVRP-TW-SP-SD, VRP, CVRPTW, 1-PDVRP, VRDAP	Neen	Alhindi et al. (2022), Alkaabneh et al. (2023), Dubey & Tanksale (2023), Eisenhandler & Tzur (2018), Gunes et al. (2010), Reihaneh & Ghoniem (2018)
Genetic Algorithm	MDVRP-TW-SP-SD, Multi-objective	Neen	Dubey & Tanksale (2023), Kaviyani-Charati et al. (2022)
Relax and Fit Heuristic	VRDAP	Ja	Ghoniem et al. (2013)
Column Generation	VRDAP	Ja	Ghoniem et al. (2013)
Greedy Search Algorithm	CVRPTW	Neen	Alhindi et al. (2022)
Tabu Search	CVRPTW	Neen	Alhindi et al. (2022)
Decomposition based Heuristic	MSRA-e	Neen	Balcik et al. (2014)

2.3.2.1 Neighbourhood Search

De meest gebruikte heuristiek is de *Large Neighbourhood Search* (LNS). Dit is een metaheuristiek die werkt met *destroy operators* en *repair operators*. De heuristiek start met een initiële oplossing. Hiervan wordt de doelfunctiewaarde berekend en vervolgens worden delen van de route verwijderd op basis van regels van één van de *destroy operators*. Hierna voegt één van de *repair operators* de verwijderde delen van de route op een andere plaats terug toe aan deze route of aan een andere route. Zo ontstaat een nieuwe route (een buur van de oude route genoemd) en ook hiervan wordt de doelfunctiewaarde berekend. Als deze route geaccepteerd wordt als buur zal vanuit deze route verder gewerkt worden. Doordat dit een metaheuristiek is, stopt dit algoritme niet direct als een verslechtering optreedt in de doelfunctiewaarde, maar wordt pas gestopt indien een stopcriterium bereikt wordt (bijvoorbeeld na een aantal nieuwe oplossingen die geen verbetering van de doelfunctiewaarde opleveren). Dit criterium kan zelf gekozen worden (Alhindi et al., 2022; Alkaabneh et al., 2023; Dubey & Tanksale, 2023; Eisenhandler & Tzur, 2018; Gunes et al., 2010; Hernández-Santos et al., n.d.; Reihaneh & Ghoniem, 2018)

Een variant op LNS is de "*Adaptive Large Neighbourhood Search*" (ALNS). Deze metaheuristiek wordt gebruikt door Alkaabneh et al. (2023) en door Eisenhandler & Tzur (2018) in een SRADPU-model (*Stochastic Routing Allocation Problem under demand uncertainty*) en een H-PDSP-model (*Humanitarian pickup and distribution problem*). Het verschil met de standaard *Neighbourhood Search* is dat de kans dat een bepaalde operator gekozen wordt, aangepast wordt op basis van de prestatie (voor de behaalde doelfunctiewaarde).

Dubey en Tanksale (2023) gebruiken de "*3-opt Local Search Heuristic*". Deze heuristiek wordt gebruikt om een MDVRP-TW-SP-SD-model op te lossen. Bij deze variant worden altijd 3 verbindingen uit de route verwijderd en op een andere plaats of in een route van een ander voertuig weer toegevoegd. De nieuwe oplossing zal geaccepteerd worden als de kost lager ligt dan de huidige oplossing. Het algoritme stopt als alle combinaties van verwijdering en herstel niet meer mogelijk zijn of al geprobeerd zijn. Dit is dus geen metaheuristiek, maar een heuristiek en deze methode laat dus geen verslechtering toe.

Alhindi et al. (2022) gebruiken de varianten "*Intraroute/ Interroute Heuristic Neighbourhood Search*" in een CVRPTW-model. Deze methodes werken ook voor oplossingen die uit meerdere routes bestaan (dus bijvoorbeeld als er meerdere voertuigen ingezet worden). Vier *intraroute* structuren worden gebruikt (swap, 3-opt, 2-opt en *insertion*) bij de zoektocht naar buuroplossingen. Dit zijn veranderingen in een route, maar ook *interroute* veranderingen zijn mogelijk. Dit zijn veranderingen tussen twee of meer routes. Buuroplossingen kunnen ontstaan door cross, exchange, *replace* en *shift* operaties. Als een bepaald criterium bereikt wordt (*shaking step*), kiest het algoritme twee random subtouren. Dan wordt gekeken naar hoe goed de oplossing presteert. Dit algoritme probeert de totale afgelegde weg te minimaliseren.

Een andere variant op *local search* is "*Constraint based local search*" (CBLS) gebruikt door Gunes et al. (2010) in een 1-PDVRP-model. Bij deze variant wordt het probleem herschreven naar een "*Set covering problem*" zoals bij de "*Column generation*"-methode besproken in de vorige sectie. Het "*Set covering problem*" heeft als kolommen de routes die aan de beperkingen voldoen. De continue relaxatie van dit probleem kan opgelost worden om de schaduw prijzen van de beperkingen te berekenen. Hiermee kunnen automatisch de buuroplossingen bepaald worden en een *penalty function* voor het niet voldoen aan beperkingen. Deze kunnen dan gebruikt worden met *repair* en *destroy* operators zoals in een klassieke LNS besproken aan het begin van deze sectie.

De "*Efficient multi-start heuristic*" wordt gebruikt door Reihaneh & Ghoniem (2018). In dit artikel wordt een VRDAP-model opgelost. Er wordt dus niet enkel gezocht naar de optimale route, maar ook naar de optimale allocatie van klanten aan ophaalpunten. Deze metaheuristiek moet dus werken voor een probleem met meerdere doelen. Bij de startoplossing wordt in eerste instantie enkel gekeken naar het allocatieprobleem (dus de allocatie van klanten aan ophaalpunten zonder rekening te houden met de rittenplanning). Dit probleem wordt opgelost als een "*generalised assignment problem*" dat de reistijden van de klanten minimaliseert. Het CVRP met de allocatie gevonden in de vorige stap wordt dan met een heuristiek opgelost. Reihaneh en Ghoniem (2018) gebruiken hiervoor de heuristiek van De Franceschi et al. (2006). Dit is een soort van *destroy en repair* heuristiek. Als er geen *feasible* oplossing gevonden kan worden voor het CVRP, wordt het CVRP (met dezelfde heuristiek) opgelost met alle mogelijke ophaalpunten en wordt hieruit het allocatieprobleem opnieuw opgelost. Daarna wordt een LNS gebruikt om de initiële oplossing te verbeteren. Hierin wordt vooral gekeken naar een efficiëntere route, maar wordt natuurlijk ook rekening gehouden met efficiëntie van de allocatie op basis van een *penalty function*. Een penalty wordt toegewezen als er ophaalpunten gebruikt worden die niet door de vorige allocatie bepaald werden. Bij iedere nieuwe route die gevonden wordt, zal ook een nieuwe optimalisatie van de allocatie bepaald worden. Hiervoor zal een algoritme gebruikt worden dat probeert ophaalpunten te elimineren. Elke eliminatie van een ophaalpunt waarbij een grotere verbetering optreedt (daling van de reiskosten voor de voedselbank) dan de bijhorende verslechtering (stijging van de reiskosten van de verenigingen), zal doorgevoerd worden.

2.3.2.2 Genetisch algoritme

Naast LNS, is het genetisch algoritme (GA) een alternatieve oplossingsmethode voor VRP-modellen. Dit algoritme baseert zich, zoals de naam al zegt, op de genetica. Het volgt de evolutietheorie en het principe van *survival of the fittest*. Het GA begint met een initialisatieprocedure waarin kandidaat oplossingen gezocht worden en omgeschreven worden in de vorm van chromosomen. Dan wordt een fitness functie gebruikt die evalueert hoe goed elk chromosoom scoort. De meeste fitte chromosomen worden gekozen voor reproductie. Deze worden de ouderoplossingen die kinderoplossingen genereren via een proces van cross-over, recombinatie en mutatie. De twee chromosomen van de ouders zullen zo gecombineerd worden om betere oplossingen te kunnen vormen. De kinderoplossingen zullen op hun beurt ook weer gecombineerd worden en nieuwe oplossingen vormen, totdat aan een stopcriterium voldaan wordt. Deze methode werd gebruikt voor een MDVRP-TW-SP-SD-model en een multi-objective mathematisch model (Dubey & Tanksale, 2023; Kaviyani-Charati et al., 2022).

Dubey en Tanksale (2023) verdelen de populatie onder in een populatie met de beste chromosomen P1 en een populatie met de minder goede chromosomen P2. De chromosomen in P1 gaan direct door naar de volgende generatie. Op de chromosomen van P2 wordt de reproductieprocedure doorgevoerd en enkel hun kinderoplossingen gaan door naar de volgende generatie. Deze oplossingsmethode werd gebruikt voor een MDVRP-TW-SP-SD-model (Dubey & Tanksale, 2023).

Een variant op het GA is het "*non-dominate sorting genetic algorithm- II*" (NSGA-II) dat wordt gebruikt door Kaviyani-Charati et al. (2022) in een multi-objective mathematisch model. Bij dit algoritme wordt het concept van Pareto-optimaliteit ingebouwd. Pareto-optimaliteit betekent dat de oplossing zo efficiënt is, dat als er iets zou veranderen, altijd ten minste één van de doelfunctiewaardes achteruit zou gaan. NSGA-II maakt gebruik van de augment ϵ -constraint methode (zoals besproken in sectie 2.3.1.) om het *multi-objective* model te vereenvoudigen tot een model met maar één doelfunctie. Op dit model wordt dan het genetisch algoritme toegepast. Kaviyani-Charati et al. (2022) combineren NSGA-II ook met "*Neighbourhood Search*". De "*3opt local search*" werd uitgevoerd op de beste van elke generatie om nog sneller een bijna-optimale oplossing te kunnen vinden.

2.3.2.3 Relax and fit Heuristic

De "*Relax and fit Heuristic*" wordt enkel gebruikt in een context met allocatie (dus enkel bij VRDAPs). Eerst wordt de binaire beperking op de beslissingsvariabelen van het rittenplanningsgedeelte weggelaten. Dan wordt het eenvoudigere mixed-integer programmeringsprobleem opgelost. Vervolgens worden de klanten aan de ophaalpunten gekoppeld. Uiteindelijk zullen dan de weggelaten binaire beperkingen weer meegenomen worden en wordt het VRP opgelost (Ghoniem et al., 2013).

2.3.2.4 Column generation

Ghoniem et al. (2013) stellen voor om het VRP-model als een “*set partitioning problem*” (SPP) met packing beperkingen te bekijken. Elke kolom in de beperkingsmatrix stelt dan een key attribuut voor van een ronde (bezochte sites en beleverde klanten). Het algoritme baseert zich op *Column generation*. In de initialisatie fase wordt een toelaatbare oplossing gezocht voor het SPP en deze wordt in de volgende stappen gebruikt om een beperkt masterprobleem (RMP) met continue relaxatie op te lossen. Als alle iteraties doorlopen zijn, worden de gecreëerde kolommen gebruikt als oplossing voor het VRDAP. Ook kan dan het RMP opgelost worden zonder de continue relaxatie om ook een *upper bound* te kunnen berekenen op de doelfunctiewaarde.

2.3.2.5 Greedy Search Algorithm

Alhindi et al. (2022) stellen het “*Greedy Search Algorithm*” voor als oplossingsmethode voor hun CVRPTW-model. Dit algoritme kiest in elke stap de volgende *node* die bezocht moet worden in de route opdat de route zo kort mogelijk is. In elke stap wordt de node gekozen die het dichtst bij de vorige node ligt. Zo kan op een snelle manier een korte route gekozen worden. Een nadeel van deze heuristiek is dat het algoritme niet verder vooruitkijkt en zo mogelijks betere routes niet bekijkt.

2.3.2.6 Tabu Search

Een andere oplossingsmethode die ook door Alhindi et al. (2022) gebruikt wordt voor hun CVRPTW-model is Tabu Search. Dit is een metaheuristiek die gebaseerd is op de principes van het menselijk geheugen. Een bepaalde zoekstrategie wordt gebruikt om oplossingen te zoeken, dit kan bijvoorbeeld LNS zijn. Dan wordt een tabu lijst opgesteld. Dit is een lijst met veranderingen die net zijn doorgevoerd en die niet direct verwijderd mogen worden (enkel als dit een betere oplossing zou opleveren dan de andere oplossingen). Het voordeel aan dit algoritme is het vermijden van herhaling.

2.3.2.7 Decomposition based heuristic

In het artikel van Balcik et al. (2014) wordt de “*decomposition based heuristic*” gebruikt om het MSRA-e-model op te lossen. Deze heuristiek bestaat uit drie fases: *Clustering*, *Sequencing* en *Allocatie*. In de eerste fase worden supermarkten en verenigingen aan voertuigen gekoppeld. In de tweede fase wordt de volgorde van verenigingen bepaald. Deze volgorde wordt bepaald door de CV-waardes (*coefficient of variation*). Elke vereniging heeft een CV-waarde die hoog (1,5) of laag (0,5) is. De vereniging met de hoogste CV-waarde wordt eerst bezocht enz. De laatste fase is de allocatie. Deze wordt opgelost met de “*Two-Node Decomposition*”. Hier zal niet verder op ingegaan worden, omdat dit niet over de rittenplanning gaat. Met deze stappen zal de initiële oplossing berekend worden en daarna zullen verbeteringen gezocht worden door locaties om te wisselen. Alle omwisselingen die zorgen voor verbetering, zullen worden toegepast.

Elke iteratie om verbeteringen te zoeken, begint met het selecteren van de cluster met de laagste verwachte *filling rate* (de slechtste cluster) en die met de hoogste verwachte *filling rate* (de beste cluster). De *filling rate* is de verhouding tussen de gealloceerde hoeveelheid aan voeding en de vraag aan voeding per vereniging. Doordat de exacte vraag niet gekend is, wordt er gewerkt met de verwachte *filling rates*. Deze worden vergeleken per cluster. Een node uit de slechtste cluster wordt verwisseld met een node uit de beste cluster zodanig dat de minimale verwachte *filling rate* stijgt. Als geen verwisselingen gedaan kunnen worden die tot een verbetering leiden, zal in plaats van de beste cluster, de op een na beste cluster gebruikt worden enz. Verslechtering is niet toegelaten. Na elke wissel worden ook de *sequencing* en allocatie heuristieken uitgevoerd en dan wordt weer naar een nieuwe wissel gezocht. Dit zal doorgaan tot geen verbetering meer gevonden kan worden of totdat een maximum aan iteraties is bereikt. Doordat na elke wissel de *sequencing* en allocatie heuristieken uitgevoerd moeten worden, is het beter om niet te veel iteraties uit te moeten voeren. Hierdoor focust het algoritme erop dat de startoplossing zo goed mogelijk is (Balcik et al., 2014).

2.4 Conclusie literatuurstudie

Hoofdstuk twee onderzocht de eerste deelvraag: "Welke modellen bestaan al in de wetenschappelijke literatuur om de rittenplanning te optimaliseren in de context van een voedselbank?"

In de literatuur zijn verschillende modellen beschikbaar om de rittenplanning van een voedselbank te optimaliseren. Onderstaande tabel (tabel 5) beschrijft de besproken modellen en de gebruikte assumpties. Deze sectie zal beschrijven wat er opviel in de literatuurstudie.

Tabel 5: Overzicht van de verschillende modellen

Model	Tijds-vensters	Periodi-citeit	Multi-vehicle	Multi-Depot	Back-hauls	Bezoeken opsplitsen	Allocatie voeding	Uitbrei-ding	Optimali-satie van	Bronnen
PVRP								VRP	Kosten	(Davis et al., 2014)
VRPB								VRP	Kosten	(Davis et al., 2014)
CVRP								VRP	Kosten	(Alhindi et al., 2022; Arenas et al., 2017; Schneider & Nurre, 2019)
VRPTW								VRP	Kosten	(Alhindi et al., 2022; Arenas et al., 2017; Schneider & Nurre, 2019)
VRPMTW								VRP	Kosten	(Alhindi et al., 2022; Arenas et al., 2017; Schneider & Nurre, 2019)
MDVRP								VRP	Kosten	(Dubey & Tanksale, 2023)
VRP-SP-SD								VRP	Kosten	(Dubey & Tanksale, 2023)
H-PDSP								PDP	Efficiency en Equity	(Eisenhandler & Tzur, 2018, 2019a)
H-GDSP								PDP	Efficiency	(Eisenhandler & Tzur, 2019b, 2022)
SRAPDU								RAP	Filling rate	(Alkaabneh et al., 2023)
SRA								RAP	Equity	(Balcik et al., 2014; Lien et al., 2014)
MSRA								RAP	Equity	(Balcik et al., 2014; Lien et al., 2014)
Supply Chain								Supply Chain	Duurzaamheid	(Kaviyani-Charati et al., 2022; Martins et al., 2019; Melo et al., 2016)
VRDAP								Pickup Locaties	Kosten	(Ghoniem et al., 2013; Reihaneh & Ghoniem, 2018)

Ten eerste viel op dat de helft van de modellen niet enkel de rittenplanning optimaliseren, maar ook nog andere beslissingen van voedselbanken meenemen. Alle PDP en RAP modellen, zochten naast de rittenplanning ook nog naar de optimale allocatie van voeding over de verenigingen. Het VRDAP-model zocht naast de rittenplanning van de voedselbank ook nog naar ophaallocaties voor de verenigingen en dan waren er nog modellen die extra supply chain beslissingen (zoals het openen van extra distributiecentra) meenamen. Dit zorgde ervoor dat de helft van de modellen met meerdere doelfuncties werkt en dat maakt de modellen een stuk complexer.

Een andere uitbreiding op het standaard VRP-model die vaak voorkwam, was het gebruik van backhauls. Voedselbanken halen voeding op in supermarkten en leveren voeding aan verenigingen. De ophalingen en leveringen kunnen afzonderlijk bekeken worden, maar het is dus ook mogelijk om deze te combineren in een model. Andere uitbreidingen op het standaard VRP-model die gebruikt werden, waren tijdsvensters, periodiciteit, meerdere voertuigen, meerdere depots en het opsplitsen van bezoeken.

In de literatuurstudie viel ook op dat verschillende doelfuncties gebruikt kunnen worden. Een standaard VRP kijkt enkel naar de variabele kosten. Deze kunnen uitgedrukt worden in de afgelegde weg. Kosten zijn ook belangrijk om mee te nemen voor een voedselbank, doordat dit een VZW is die geen winst maakt en daardoor een beperkt budget kan hebben. Maar net doordat een voedselbank een VZW is, heeft de voedselbank ook niet het doel om winst te maken, maar is het doel om zo veel mogelijk mensen te helpen. Als enkel naar de rittenplanning gekeken wordt, is het dus belangrijk om zo snel mogelijk alle locaties te kunnen bezoeken, want zo kunnen op dezelfde tijd of met dezelfde middelen meer locaties bezocht worden en dus meer mensen geholpen worden. Als er naast de rittenplanning ook nog andere beslissingen meegenomen worden, zoals bijvoorbeeld de allocatie van voeding over de verenigingen, moet ook hier gekeken worden dat zo veel mogelijk mensen zo goed mogelijk geholpen worden. Bij deze modellen wordt er dan gekeken naar de *efficiency* en de *equity*. De *efficiency* geeft weer aan hoeveel procent van de vraag van de verenigingen voldaan kan worden door de voedselbank. De *equity* geeft aan hoe eerlijk de voeding over de verenigingen verdeeld werd.

Om al deze verschillende modellen op te kunnen lossen, bestaan er verschillende oplossingsmethoden. Exacte oplossingsmethoden vinden het globale optimum, maar kunnen enkel voor kleine modellen gebruikt worden. Heuristieken en metaheuristieken kunnen geen garantie geven dat de eindoplossing een globaal optimum is, maar kunnen wel gebruikt worden voor grote problemen. Bij de oplossingsmethoden, viel op dat niet alle methoden het hele probleem kunnen oplossen, als de rittenplanning gecombineerd wordt met andere beslissingen en dus meerdere doelfuncties heeft. Sommige oplossingsmethoden lossen dan enkel een subprobleem op (*Robin Hood Algorithm*), andere oplossingsmethoden zorgen ervoor dat deze complexere modellen kunnen vereenvoudigd worden naar minder complexe modellen (*Column Generation* en *Augmented ϵ -constraint*) of geven een algoritme om de submodellen afwisselend te optimaliseren (*Decomposition based heuristic* en *Relax and fit heuristic*).

Als een model enkel de rittenplanning optimaliseert, kunnen de exacte oplossingsmethoden *Branch and Cut* en *Branch and Bound* gebruikt worden of de heuristieken/ metaheuristieken *Neighbourhood search*, Genetisch algoritme, *Greedy Search Algorithm* of *Tabu Search*. De eenvoudigste en snelste manier hierbij is het *Greedy Search Algorithm*, maar hierbij zal de eindoplossing waarschijnlijk minder optimaal zijn dan bij de andere oplossingen. Garantie op een globaal optimum is er enkel bij de *Branch and Cut* en *Branch and Bound* methoden, maar deze methoden zijn enkel toepasbaar voor kleine modellen.

3. Transportbeleid voor de Voedselbank van Limburg

Dit hoofdstuk richt zich op de tweede onderzoeksvraag: "Hoe gebeurt de ophaling en levering van voeding momenteel bij de VBL en hoe wordt de rittenplanning bepaald?". In sectie 3.1 wordt gekeken naar de processen van ophaling en levering van voeding. Deze transportprocessen kunnen onderverdeeld worden in drie processen, zoals verder in detail besproken in sectie 3.1. In sectie 3.2 wordt de huidige rittenplanning behandeld en wordt gekeken naar hoe de huidige rittenplanning tot stand kwam. In beide secties zal de situatie bij de VBL vergeleken worden met de literatuur. In sectie 3.3 zal een conclusie gegeven worden.

3.1 Transportprocessen

De VBL onderscheidt drie transportprocessen, namelijk het proces van de ophaling bij supermarkten en bedrijven, het proces van de levering aan verenigingen en ophalingen op aanvraag. Deze processen worden soms ook gecombineerd. Met deze transportprocessen is de VBL pas vorig jaar begonnen. De VBL heeft twee vrachtwagens om het transport mee uit te voeren. De ophaling bij supermarkten wordt altijd gedaan met de kleine vrachtwagen en de levering bij verenigingen en de ophalingen op aanvraag met de grote vrachtwagen. Deze opdeling zou in de toekomst kunnen veranderen. De VBL heeft dus twee verschillende soorten locaties. Zo zijn er locaties waarbij voeding opgehaald wordt (*pick-up* locaties), dit zijn de supermarkten, bedrijven en de voedselbank van Antwerpen. Ook worden locaties bezocht waar voeding geleverd wordt, dit zijn de verenigingen en de voedselbank van Antwerpen. Er zijn geen locaties waar er aan *gleaning* (overschotten van velden oogsten) gedaan wordt. Een H-GDSP-model (*humanitarian gleaning and distribution problem*) is dus niet nodig. De kleine vrachtwagen rijdt enkel naar *pick-up* locaties. De grote vrachtwagen doet de andere locaties. Doordat in de toekomst de rittenplanning van de kleine en de grote vrachtwagen gecombineerd kan worden, is het belangrijk om een onderscheid te maken tussen locaties. Een VRPB-model (*Vehicle routing problem with backhauls*) of een PDP-model (*pickup and distribution problem*) kan hiervoor worden gebruikt.

De VBL beschikt over één depot, namelijk hun distributiecentrum in het industriegebied Ekkelgaarden in Hasselt. Vanuit dit depot vertrekken de vrachtwagens en hierheen komen de vrachtwagens ook weer terug. Een MDVRP (*Multi-Depot VRP*) is dus niet van toepassing op dit probleem.

De VBL beschikt over twee vrachtwagens zoals te zien in afbeelding 1. De kleine vrachtwagen heeft een maximale toegelaten massa van 5500 kg en de grote vrachtwagen van 12 ton. Dit wil zeggen dat de kleine vrachtwagen ongeveer 1400kg kan meenemen en de grote vrachtwagen ongeveer 4,2 ton. Er passen zeven paletten in de kleine vrachtwagen en twaalf paletten in de grote vrachtwagen. Een Europalet mag maximum beladen zijn met een gewicht van 1500kg, maar hoeveel gewicht de paletten met voeding hebben die de VBL moet transporteren, verschilt per palet. Het aantal paletten en het gewicht kan dus allebei beperkend zijn. Er dient dus zeker een capaciteitsbeperking meegenomen te worden in de rittenplanning, zoals bij een CVRP (*capacitated vehicle routing problem*).



Afbeelding 1: De kleine vrachtwagen (links) en de grote vrachtwagen (rechts) voor de VBL (Buckinx, 2023)

VBL onderscheidt drie categorieën aan voeding: voeding die gekoeld moet worden, droge voeding en voeding afkomstig van gesubsidieerde leveringen van Europa. Niet elke categorie voeding wordt op dezelfde manier opgehaald of geleverd. Bij de supermarkten of bedrijven (al dan niet op aanvraag) wordt gekoelde voeding en droge voeding opgehaald. De voeding van Europa wordt rechtstreeks geleverd bij de VBL. Dit moet dus niet zelf opgehaald worden. Aan verenigingen wordt enkel droge voeding en voeding van Europa geleverd. De verenigingen die zelf voeding ophalen bij de VBL, kunnen wel gekoelde voeding meenemen.

De VBL levert de goederen direct bij de verenigingen. Dit wil zeggen dat geen extra leveringslocaties gekozen moeten worden waar de verenigingen naartoe moeten komen om de goederen af te halen. Dit wil zeggen dat het VRDAP-model (*Vehicle Routing and Demand Allocation Problem*) niet van toepassing is op de VBL.

Ook wordt de allocatie van goederen aan de verenigingen al voor de rit begint, gemaakt via een computerprogramma met de naam FoodIt. FoodIt werd gemaakt door vrijwilligers van de Federatie van Belgische Voedselbanken. In het programma wordt gekeken naar het aantal klanten van de vereniging. Hoe meer klanten, hoe meer voeding de vereniging zal krijgen van de VBL. Voor de rit staat dus al vast hoeveel voeding elke vereniging zal krijgen. Verenigingen weigeren geen voeding. Alle varianten van het RAP-model (*Routing-Allocation Problem*) zijn dus niet van toepassing op de VBL.

3.1.1 Ophaling bij supermarkten of bedrijven

Het proces van de ophaling begint elke weekdag rond 7u30 bij de VBL. Als eerste worden de paletten met leeggoed (lege bakken van bedrijven) in de kleine vrachtwagen geladen zodat deze teruggegeven kunnen worden. De chauffeur beslist zelf hoe deze staan en hoe hij deze zekert. Voor elke weekdag is er een document met de te bezoeken supermarkten en/of bedrijven beschikbaar. Er is een vast rooster met welke supermarkten op welke dag bezocht worden, zoals verder wordt besproken in sectie 3.2. De chauffeur kiest dan zelf de route die hij wil rijden aan de hand van gps. Meestal worden de supermarkten of bedrijven in de volgorde van het document bezocht, maar dit is niet altijd zo. Bij sommige ritten, rijdt de chauffeur twee keer langs dezelfde supermarkt. Hij kan dan kiezen of hij de eerste keer of de tweede keer daar stopt. Deze keuze is afhankelijk van het verkeer, aan welke kant van de weg de supermarkt ligt en of de supermarkt al open is. Als er veel verkeer is, is het namelijk eenvoudiger om aan de rechterkant van de weg de supermarkt te bezoeken, aan de linkerkant zou immers lang gewacht moeten worden als het druk is tot er geen tegenliggers meer zijn. Soms is een supermarkt ook nog niet open als de chauffeur langs komt, dan moet de chauffeur later nog eens terugkomen.

Per locatie is het verschillend op welke manier de goederen opgehaald moeten worden. Op de meeste locaties staan de goederen al op een pallet, maar bij sommige supermarkten moeten kartonnen dozen op een zelf meegenomen pallet geplaatst worden. De chauffeurs rijden altijd op dezelfde weekdag naar dezelfde locaties. Bij sommige locaties dienen ontvangstdocumenten getekend te worden, bij andere locaties niet. Ook moet het juiste leeggoed teruggegeven worden. Beginnende chauffeurs dienen eerst meerdere keren met een ervaren chauffeur mee te rijden om al deze kleine regeltjes te leren (zoals bijvoorbeeld langs welke deur de chauffeur in de supermarkt gaat, welke persoon aanspreekpartner is voor de VBL, waar de vrachtwagen best geparkeerd kan worden om te laden en lossen, of een document ondertekend moet worden, ...).

In de supermarkten wordt gemiddeld één pallet met voedsel meegegeven. Soms is dit pallet meer gevuld en soms minder. Bij bedrijven is de variatie in hoeveelheid groter. De hoeveelheid is niet op voorhand gekend. Om dit te kunnen modelleren dient gebruik gemaakt te worden van een bepaalde vorm van onzekerheid. De VBL heeft momenteel geen data over de exacte hoeveelheden die per dag per supermarkt opgehaald worden. Als deze data beschikbaar zou zijn over een grotere periode, zou deze gebruikt kunnen worden om een kansverdeling op te stellen. Deze kansverdeling zou dan in een model gebruikt kunnen worden om te voorspellen hoeveel voeding de supermarkt gaat meegeven.

De chauffeur controleert kort welke voeding wordt meegegeven en beslist dan of hij dit zal meenemen. Hieromtrent bestaan geen vaste regels, maar wordt vertrouwd op het inschattingsvermogen van de chauffeur. Als de chauffeur bijvoorbeeld merkt dat de voeding niet gebruikt kan worden door de VBL of als het gewoon te veel is, zal hij weigeren dit mee te nemen om te voorkomen dat de VBL hierna kosten zal moeten maken om het voedsel als afval te verwerken. De chauffeur dient steeds bij het inladen te kijken waar hij de paletten best plaatst, zodat hij bij de volgende supermarkt nog aan het leeggoed kan en zodat de asbelasting goed verdeeld is.

Daarbovenop moet de lading ook altijd gezekerd worden. Dit gebeurt met stokken bij het leeggoed en spanriemen bij de paletten met voedsel erop. De VBL hanteert de regels volgens artikel 45bis van de Wegcode. Dit artikel zegt dat de ladingszekeringssystemen in Vlaanderen bepaalde krachten (0,8g in voorwaartse richting, 0,5g in achterwaartse richting en 0,5g in zijdelingse richting) moeten kunnen weerstaan.

Het doel van de chauffeur is om tegen 10u00 terug te zijn bij de VBL. De mensen die de producten sorteren (koude keten) wachten dan namelijk op de nieuwe producten om deze verder te kunnen sorteren. Hoe later de vrachtwagen aankomt, hoe langer de vrijwilligers niets te sorteren hebben. In de realiteit is dit enkel een streefwaarde, de chauffeurs zijn meestal pas later terug (tussen 10u00 en 11u00). Er is dus sprake van een tijdsvenster voor de vrachtwagen, zoals in een VRPTW (*VRP with time windows*). Als het mogelijk zou zijn dat de vrijwilligers later zouden beginnen met sorteren zou de pauze om 10u weggelaten kunnen worden. In sectie 4.3 zal onderzocht worden of het weglaten van deze pauze tussen de ritten, kan zorgen voor een verbetering in de rittenplanning.

Na de paletten afgeleverd te hebben en het nodige leeggoed opgeladen te hebben, vertrekt de chauffeur naar de volgende supermarkt en maakt een tweede ronde. De beslissing tot wanneer de eerste ronde duurt is afhankelijk van de tijd en van de lading (als de vrachtwagen vol is, zal de chauffeur ook terugkeren naar de VBL). Op dagen waarop veel goederen meegegeven worden, is het zelfs mogelijk dat meer dan twee rondes gereden zullen worden. Dit is dus een *multi-trip* VRP.

Als de chauffeur alle winkels bezocht heeft, komt hij weer terug en brengt alles weer naar de voedselbank. Als hij niet te laat terug is, zijn er nog vrijwilligers aanwezig en zullen zij hem helpen om uit te laden. Als niemand meer aanwezig is, zal de chauffeur zelf alle paletten moeten uitladen en op de juiste plaats in de koeling of diepvriesruimte moeten zetten. De vrijwilligers van de VBL werken momenteel enkel in de voormiddagen (tot iets na 12u00). De enige uitzondering hierop zijn de chauffeurs, deze werken soms langer (zie sectie 3.2). Hierdoor heeft elke chauffeur ook een sleutel. De functie van chauffeur is dus een functie met veel verantwoordelijkheid binnen de VBL.

3.1.2 Levering aan verenigingen

Naast de ophaling bij de supermarkten, wordt de voeding ook naar verenigingen geleverd. De meeste verenigingen komen hun voeding zelf ophalen, maar niet elke vereniging heeft een vrachtwagen om voeding op te kunnen komen halen, waardoor de VBL deze dienst aanbiedt aan verenigingen tegen een onkostenvergoeding. Als verenigingen gecombineerd worden, moeten verenigingen hiermee akkoord gaan, maar zullen ze hierdoor ook een korting krijgen, omdat dan minder kilometers afgelegd worden. Deze leveringen worden met de grote vrachtwagen gedaan, omdat er grotere hoeveelheden voedsel meegenomen moeten worden.

De chauffeur zorgt ervoor dat de juiste paletten in de vrachtwagen geladen worden. Hierbij moet hij rekening houden met de ladingszekerheid en de volgorde van levering, zoals ook bij de ophaling bij supermarkten besproken in sectie 3.1.1. De chauffeur vertrekt vervolgens richting de vereniging. Wanneer hij nog ongeveer een half uur moet rijden of wanneer hij voorbij een druk verkeerspunt is en de aankomsttijd kan inschatten, verwittigt hij de vereniging. Zo kunnen de vrijwilligers van de vereniging op tijd naar de vereniging komen. Met de vereniging wordt op voorhand dus enkel een tijdsinterval afgesproken. Dit systeem werd nog niet zo lang geleden ingevoerd en zorgde ervoor dat er minder wachttijden zijn bij de vereniging. De chauffeur helpt de vrijwilligers om de paletten uit te laden en op de juiste plaats bij de vereniging te zetten. De chauffeurs zijn vrijwilligers en de VBL vindt het belangrijk dat er een vriendschappelijke band is met de vrijwilligers van de verenigingen. De chauffeur zal tussen 30 minuten en een uur ter plekke zijn. Hij zal helpen de voeding uit te laden en nog even blijven voor een gesprek. Het sociale aspect is namelijk zeer belangrijk voor de VBL.

Momenteel wordt per vereniging gereden, enkel de verenigingen van Hamont en Pelt worden gecombineerd. Meer combinaties van verenigingen worden in de huidige planning nog niet gemaakt, door de afspraken met de verenigingen over welke dag de VBL langskomt. Ook worden combinaties niet gemaakt, omdat de VBL en ook sommige verenigingen enkel in de voormiddag werken. Combinaties met de vaste planning van ophalingen van supermarkten worden in de huidige planning ook niet gemaakt. Op de terugweg worden soms wel ophalingen op aanvraag uitgevoerd als dit past. In de toekomst kan het wel mogelijk zijn om te combineren in de vaste planning. Of dit zorgt voor verbeteringen zal onderzocht worden in sectie 4.3. Als alle paletten verdeeld zijn, komt de chauffeur weer terug naar de VBL.

Naar de meeste verenigingen worden gemiddeld vijf paletten meegenomen. Genk en Tongeren zijn hierop uitzonderingen, doordat dit grotere verenigingen zijn. Naar Genk worden gemiddeld vijftien paletten meegenomen (waarvan één pallet enkel zuivel is). Naar Tongeren worden ook gemiddeld vijftien paletten meegenomen en daar bovenop dan nog eens negen diepvriesbakken. Deze hoeveelheden zijn afhankelijk van hoeveel mensen de vereniging bedient en hoeveel voeding de VBL ter beschikking heeft. Als meer mensen zich aansluiten bij de vereniging, zal ook meer voeding geleverd worden. Naar de verenigingen wordt enkel voeding die door de Europese Unie voorzien wordt en droge voeding geleverd. Groenten en fruit moeten door de verenigingen zelf opgehaald worden bij de VBL, omdat verenigingen graag zelf kiezen welke verse producten ze meenemen. In toekomst zou dit misschien via een online platform gekozen kunnen worden en zullen deze voedingsmiddelen ook geleverd kunnen worden.

3.1.3 Ophalingen op aanvraag en samenwerkingen

Soms zijn er ook bedrijven die voeding op overschot hebben. Die bedrijven kunnen de VBL bellen en bij interesse plant de VBL een rit naar het bedrijf in om deze voeding af te halen. Dit is vaak voeding die niet lang meer houdbaar is, dus worden deze ritten meestal nog de dag zelf ingepland en uitgevoerd. Als mogelijk worden deze ritten gecombineerd met andere ritten uit de vaste planning. Sommige bedrijven doneren vaker voeding. Zo zijn er ongeveer wekelijks of om de twee weken donaties van Top Foods, Nikita, Limelco, ... Nikita en Limelco staan in de wekelijkse planning van ophalingen, maar worden momenteel door de grote vrachtwagen bezocht door de grote hoeveelheden die meegenomen moeten worden. De andere bedrijven staan niet in de vaste planning door de onvoorspelbaarheid van wanneer er voeding beschikbaar is.

Ook hier moet de chauffeur bij aankomst bij het bedrijf de voeding bekijken. Als het teveel is, niet meer houdbaar is of om andere redenen niet gebruikt kan worden door de VBL kan de chauffeur beslissen om de voeding toch niet mee te nemen. Soms zijn het grote hoeveelheden die te veel zijn voor de VBL, maar dan kan de VBL ook afspreken met andere voedselbanken in België om de voeding te verdelen.

De VBL wisselt ook op een regelmatige basis voeding uit met andere voedselbanken in België. Om de veertien dagen rijdt de VBL naar de Voedselbank Antwerpen. De VBL krijgt namelijk te veel zuivel om zelf te kunnen gebruiken. Ook als er andere producten op overschot zijn, worden deze meegegeven. De VBL krijgt meestal geen voeding van Antwerpen, maar een andere voedselbank in Limburg (Depot Margo) ontvangt meestal wel een bestelling van de voedselbank van Antwerpen en deze neemt de VBL dan mee terug. Ook haalt de VBL dan voeding op bij Terbeke. Dit bedrijf ligt in de buurt. Depot Margo haalt de goederen later af bij de VBL. Deze rit wordt niet gecombineerd met andere leveringen of ophalingen, want de vrachtwagen is hier al te vol voor. Momenteel wordt deze rit nog uitgevoerd, omdat de VBL een chauffeur heeft die bereid is om deze rit te doen, maar als deze chauffeur er niet meer zou zijn, zal deze rit waarschijnlijk ook niet meer uitgevoerd worden en aan de Voedselbank van Antwerpen gevraagd worden om zelf de producten uit Hasselt op te halen. Deze rit duurt in totaal namelijk vier uur.

Met de voedselbank van Luik is er ook een uitwisseling. De VBL werkt samen met de voedselbank van Luik om goederen aan te kopen (diepvriesproducten). Luik brengt deze goederen dan naar de VBL en krijgt ook goederen mee. Deze rit moet de VBL dus niet zelf doen. Ook de goederen van de Europese unie worden geleverd naar de VBL en moeten dus niet zelf opgehaald worden.

3.2 Rittenplanning

De VBL heeft een vaste rittenplanning per week voor de ophaling in de supermarkten (kleine vrachtwagen) en per maand voor de levering aan verenigingen (grote vrachtwagen). De exacte planning, afspraken met supermarkten en de tijd die de chauffeurs onderweg zijn, zal in deze sectie besproken worden. Er zijn momenteel zeven vrachtwagenchauffeurs die op vaste dagen met de kleine en/of grote vrachtwagen rijden. Hoe vaak een vrachtwagen kan rijden is dus ook afhankelijk van de beschikbaarheid van genoeg vrijwillige chauffeurs. Hierdoor blijft de VBL dus steeds op zoek naar vrachtwagenchauffeurs. Met meer chauffeurs kunnen meer ritten uitgevoerd worden, maar toch wil de VBL enkel in de voormiddag blijven werken. Misschien is het op de lange termijn wel een optie om hele dagen te gaan werken als ook bij de andere afdelingen (koude keten, droge voeding, ...) meer vrijwilligers komen, maar dit is natuurlijk ook afhankelijk van wanneer bedrijven, supermarkten en verenigingen het zien zitten om bezocht te worden.

De onderstaande tabel (tabel 6) geeft de rittenplanning van de ophalingen weer. Deze ophalingen gebeuren bijna allemaal met de kleine vrachtwagen. Enkel op maandag zal de chauffeur na de ophalingen in de winkels van Colruyt van vrachtwagen wisselen en de ophaling bij Limelco en Nikita met de grote vrachtwagen uitvoeren, door de grote hoeveelheden die meegenomen worden. Ook op woensdag zal de ophaling bij Terbeke met de grote vrachtwagen gebeuren. Deze ophaling wordt gecombineerd met de levering aan de voedselbank Antwerpen en ook bij deze rit moeten grote hoeveelheden aan voeding meegenomen worden.

Tabel 6: Vaste rittenplanning ophalingen

Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag
Colruyt (Hechtel)	Colruyt (Hechtel)	Colruyt (Hechtel)	Colruyt (Hechtel)	Colruyt (Hechtel)	Colruyt (Hechtel)
Colruyt (Helchteren)	Colruyt (Helchteren)	Colruyt (Helchteren)	Colruyt (Helchteren)	Colruyt (Helchteren)	Colruyt (Helchteren)
Colruyt (Zonhoven)	Colruyt (Zonhoven)	Colruyt (Zonhoven)	Colruyt (Zonhoven)	Colruyt (Zonhoven)	Colruyt (Zonhoven)
Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Hasselt)
Limelco (Zonhoven)	Carrefour (Beringen)	Terbeke (Antwerpen)	Alvo (Neerpelt)	Containerpark	
Nikita (Herk de Stad)	Okay (Alken)	(om de 14 dagen)	Alvo (Peer) (2 ^{de} week)	(Hasselt)	
	Alvo (Kortessem)				
	Alvo (Zonhoven)				

In deze rittenplanning valt op dat de supermarktketen Colruyt elke dag bezocht wordt. De winkels van Colruyt (groen aangeduid) die bezocht worden zijn gelegen in Hechtel-Eksel, Houthalen-Helchteren, Zonhoven en Hasselt. Alle vier de winkels moeten elke dag bezocht worden, door een contract van de VBL met Colruyt. De VBL heeft het alleenrecht om in alle Belgische Colruyts voedsel te komen ophalen, op voorwaarde dat dit elke dag voor 8u30 gebeurt. In realiteit is het echter geen probleem als de ophaling iets later in de voormiddag (rond 10u00) gebeurt. Dit recht kan doorgegeven worden naar andere verenigingen op voorwaarde dat deze een koelwagen hebben en dat in de specifieke supermarkt elke dag de voeding opgehaald wordt. De VBL moet dus rekening houden met tijdsvensters. Een VRPTW (*vehicle routing problem with time windows*) is dus aan te raden. Elke winkel heeft maar één specifiek tijdsvenster, een VRPMTW (*VRP with multiple time windows*) is dus niet van toepassing. In sectie 4.3 zal er gekeken worden welke verbetering bekomen kan worden als de tijdsvensters niet nodig zouden zijn.

De andere supermarkten of bedrijven worden maar één keer per week bezocht of minder (Terbeke maar om de veertien dagen en Alvo Peer enkel in de tweede week van de maand). Het Containerpark Hasselt wordt ook regelmatig bezocht, maar enkel als dit nodig is. Terbeke wordt altijd gecombineerd met de levering aan de Voedselbank Antwerpen en kan niet meer met andere ophalingen gecombineerd worden, doordat de vrachtwagen altijd vol zit. Terbeke en het containerpark (rood) zullen uit dit onderzoek weggelaten worden, maar op woensdag en vrijdag zal wel tijd vrijgehouden worden voor deze bezoeken. De rittenplanning zal eerst besproken worden voor de weken waarin Alvo Peer wel bezocht zal worden en daarna zal nog kort ingegaan worden op de implicaties als Alvo Peer niet bezocht wordt. Er is dus sprake van periodiciteit, dus is een PVRP (*periodic vehicle routing problem*) nodig.

De VBL wil graag dat ook de chauffeurs enkel in de voormiddag moeten rijden, omdat ook alle andere vrijwilligers enkel in de voormiddag werken. In het ideale geval, zouden de chauffeurs ten laatste om 13u00 klaar zijn. Dit lukt momenteel niet voor elke dag. Op maandag is de chauffeur rond 14u00 klaar, op dinsdag rond 15u00, op woensdag rond 12u00 als er niet naar Terbeke gereden wordt en rond 16u30 als er wel naar Terbeke gereden wordt, op donderdag rond 12u00, op vrijdag rond 12u00 en op zaterdag rond 10u30. Een idee van de VBL is om de supermarkt Alvo in Zonhoven van dinsdag naar vrijdag te verplaatsen. Zo zal de chauffeur op dinsdag iets vroeger kunnen stoppen en op vrijdag iets later. Het depot heeft dus net zoals de winkels van Colruyt een tijdsvenster. Er is wel enkel sprake van *soft time windows*. Dat wil zeggen dat de beperking voor de terugkeertijd overtreden mag worden. In sectie 4.2 zal onderzocht worden welke locaties verplaatst kunnen worden in de rittenplanning zonder de tijdsvensters af te schaffen. In sectie 4.3.1 zal gekeken worden hoeveel verbetering het afschaffen van dit tijdsvenster kan geven.

Naast de planning voor de ophalingen, is er ook de planning voor de leveringen. Deze planning staat weergegeven in tabel 7 en wordt enkel door de grote vrachtwagen uitgevoerd. Deze rittenplanning is voor een maand. Bij deze rittenplanning valt op dat er meer open ruimte is dan op de rittenplanning van de ophalingen. Dit komt omdat leveringen aan verenigingen langer duren dan de ophaling bij supermarkten. Een chauffeur is ongeveer 30 minuten tot een uur bij een vereniging en ongeveer tien minuten bij een supermarkt aanwezig voor de levering of ophaling. Ook is het nodig dat er meer vrije tijd ingepland staat, omdat de grote vrachtwagen ook de ophalingen op aanvraag doet bij bedrijven en op maandag de ophaling bij Limelco en Nikita. De ophalingen op aanvraag worden spontaan ingepland, dus moeten er genoeg momenten zijn waarop de grote vrachtwagen vrij is en dit kan doen. Per week gebeurt dit drie tot vijf keer, maar hier zit veel variantie op. Soms hebben bedrijven zeer grote hoeveelheden op overschot en duren deze ophalingen lang en soms zijn het kleinere hoeveelheden waardoor dit dan minder tijd in beslag neemt. In de toekomst zullen de planningsmogelijkheden gecombineerd worden. Dan kan gebruik gemaakt worden van beide vrachtwagens voor alle mogelijke bezoeken. Per locatie zal wel slechts één vrachtwagen de levering of ophaling doen. Een VRP-SP-SD (VRP met *split pickup* en *split delivery*) is dus niet van toepassing. In sectie 4.3 zal onderzocht worden of de combinatie van de planningsmogelijkheden voor verbeteringen kan zorgen.

Tabel 7: Rittenplanning leveringen

	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag
Eerste week			As	Bilzen	
Tweede week		Hoeselt		Maasmechelen	
Derde week		Zonhoven	Genk	Lommel	
Vierde week			Tongeren	Pelt & Hamont	
Vijfde week					

De VBL merkt dat er nog capaciteit over is bij de grote vrachtwagen. Daarom plannen ze om in de toekomst nog extra supermarkten te zoeken en daar ophalingen te doen met de grote vrachtwagen. Op dit moment denkt de VBL na over het toevoegen van twee mogelijke rondes aan de grote vrachtwagen. De eerste mogelijke ronde bevat de supermarkt Okay in Hoeselt, Colruyt in Bilzen en Okay in Bilzen. De tweede mogelijke ronde bevat twee verschillende Colruyts in Genk. De VBL denkt momenteel nog theoretisch na over deze rondes. Er is dus nog niet met supermarkten onderhandeld of dit ook echt kan. Bij Colruyt is er een contract, waardoor de VBL bij elke Colruyt het alleenrecht heeft om voeding op te halen, maar dit moet dan elke dag gebeuren. In deze extra winkels elke dag een ophaling doen, is momenteel niet mogelijk voor de VBL. Als het toch één keer per week zou kunnen, mogelijks door een samenwerking met andere verenigingen die daar voeding zouden kunnen komen ophalen, dan zou het wel mogelijk zijn om deze winkels toe te voegen.

De VBL heeft drie ideeën hoe deze rondes aan de planning toegevoegd kunnen worden. Het eerste idee is dat de ronde in Bilzen en Hoeselt aan dinsdag toegevoegd wordt. In de tweede week van elke maand kan dit dan gecombineerd worden met de levering aan de vereniging in Hoeselt en in de derde week met de levering aan de vereniging in Zonhoven. Het tweede idee is om op dinsdag de ronde in Genk toe te voegen. Ook dan zullen de ophalingen in de tweede week gecombineerd worden met de levering in Hoeselt en in de derde week met de levering in Zonhoven. Het derde idee is dat de ronde in Genk op maandag gedaan zal worden en dan gecombineerd zal worden met de ophaling bij Limelco in Zonhoven en Nikita in Herk de Stad. Deze ideeën zullen in sectie 4.3.4 onderzocht en verder besproken worden. In sectie 4.3.3 zal ook onderzocht worden of voor de huidige locaties een combinatie van de rittenplanning van de kleine en de grote vrachtwagen voor verbetering kan zorgen.

De huidige rittenplanning kwam tot stand door de combinaties van de afspraken met de supermarkten, bedrijven en verenigingen en de tijd die de chauffeurs bereid zijn om onderweg te zijn. Als een chauffeur bereid is om meer uren te doen, dan zijn er meer supermarkten gepland op de dag dat deze chauffeur rijdt. Om de rittenplanning te kunnen verbeteren, is het belangrijk om een passende doelstelling te vinden. De VBL heeft een beperkt budget. Dit wil zeggen dat het belangrijk is om alles zo goedkoop mogelijk te kunnen doen. *Efficiency* en *equity* kunnen ook interessant zijn in een voedselbankcontext. *Efficiency* betekent dat de capaciteit van de voertuigen zo goed mogelijk gebruikt wordt en zo veel mogelijk voeding verdeeld kan worden. *Equity* geeft weer hoe eerlijk de voeding verdeeld wordt over de verenigingen. Omdat de allocatie van voeding naar verenigingen niet in het rittenplanningsmodel gebeurt, kan dit niet als doelfunctie gebruikt worden.

In de doelfunctie kunnen dus best de transportkosten geminimaliseerd worden. Transportkosten kunnen variabel en vast zijn. Vaste transportkosten zijn kosten voor het gebruik van een extra vrachtwagen. In de context van de VBL zullen geen extra vrachtwagens gebruikt worden en dus moeten vaste kosten niet meegenomen worden. Enkel de variabele kost dient dus geminimaliseerd te worden. Hoe minder kilometers afgelegd worden, hoe lager de kosten zullen zijn. Ook geven de afgelegde kilometers een goede indicatie voor de tijd. Een doelfunctie die de afgelegde kosten minimaliseert, past dus goed bij de context van de VBL.

3.3 Conclusie Context Voedselbank Limburg

Hoofdstuk drie beschreef een antwoord op de tweede deelvraag: "Hoe gebeurt de ophaling en levering van voeding momenteel bij de VBL en hoe wordt dit gepland?"

De context van de VBL is niet gelijk aan de context van andere voedselbanken uit de literatuur. Hierdoor zullen sommige modellen uit de literatuur dus niet passen voor de VBL. Andere modellen kunnen wel gebruikt worden. Deze sectie zal een overzicht bieden over welke beperkingen wel en niet van toepassing zijn. Deze beperkingen zijn terug te vinden in onderstaande tabel (tabel 8).

Tabel 8: Overzicht beperkingen

Beperking	Van Toepassing	Niet van Toepassing
Capaciteit	X	
Periodiciteit	X	
Backhauls	X	
Multi-trip	X	
Multi-depot		X
Multi-Vehicle	X	
Split pickup and delivery		X
Onzekerheid lading	X	
Tijdsvensters vrachtwagen	soft	
Tijdsvensters locaties	soft	
Tijdsvensters depot	soft	
Multiple Time Windows		X
Leveringslocaties		X
Allocatie voeding		X

Multi-depot is niet van toepassing op de VBL, doordat de VBL maar één depot heeft. *Split pickup and delivery* is ook niet van toepassing, doordat elke locatie slechts één keer door één vrachtwagen bezocht zal worden. *Multiple time windows* zijn niet van toepassing omdat elke locatie maximaal één tijdsvenster heeft. Enkel de rittenplanning zal onderzocht worden, er zal dus niet worden gekeken naar andere beslissingen zoals het toewijzen van leveringslocaties en de allocatie van voeding.

De onzekerheid over de hoeveelheid aan voeding die uit supermarkten opgehaald zal worden, is van toepassing op de VBL, maar valt buiten de scope in dit onderzoek. In dit onderzoek zal met gemiddelde waardes gewerkt worden om de ladingen te kunnen berekenen per ronde. Als de vrachtwagen zeer vol zit, zal wel vermeld worden, dat deze ronde waarschijnlijk niet alle dagen mogelijk zal zijn, omdat soms grotere hoeveelheden (dan het gemiddelde) meegenomen worden.

De context van de VBL past bij een uitbreiding van een VRP-model. Een standaard VRP-model gaat uit van een centraal depot waarin alle voertuigen starten en eindigen. Het magazijn van de VBL wordt beschouwd als centraal depot. De kleine vrachtwagen heeft een beperkte capaciteit namelijk zeven paletten of 1400 kilogram en de grote vrachtwagen heeft een capaciteit van 4,2 ton of twaalf paletten. Deze capaciteitsbeperkingen dienen meegenomen te worden. De locaties zijn de supermarkten, bedrijven en verengingen. Ook de doelfunctie uit een standaard VRP (minimalisatie afgelegde weg) zal meegenomen worden.

Een eerste uitbreiding op het VRP-model die zal worden meegenomen is periodiciteit. Er dient dus bepaalt te worden op welke dag elke locatie bezocht wordt. De VBL doet meerdere rondes per dag (multi-trip) met meerdere voertuigen (multi-vehicle).

De VBL heeft twee soorten locaties (afhaallocaties en leverlocaties). Backhauls zullen dus gebruikt worden. In het model zal er dus verschil gemaakt moeten worden tussen deze twee soorten locaties. Eerst zullen de leverlocaties bezocht worden. Als dan de vrachtwagen leeg is, zullen ook afhaallocaties bezocht kunnen worden.

Om tijdsvensters voor de locaties mee te kunnen nemen, moeten nu ook de reistijden en de tijden op de locaties meegenomen worden. De enige locaties met tijdsvensters zijn de supermarkten van Colruyt. Deze supermarkten moeten eigenlijk voor 8u30 bezocht worden, maar dit is in de praktijk niet mogelijk. In het onderzoek zal dit tijdsvenster meegenomen worden als de beperking dat de supermarkten van Colruyt enkel in de eerste ronde bezocht mogen worden (behalve op donderdag, waar dit niet gebeurt in de huidige planning). Deze beperking zal in sectie 4.3 losgelaten worden en dan kan onderzocht worden of dit voor verbetering zal zorgen.

De VBL wil ook graag haar chauffeurs niet te lang laten werken. Hiervoor kan een tijdsvenster voor het depot meegenomen worden. Dit kan dan in een beperking gegoten worden die aangeeft dat de dag niet langer mag duren dan tot moment b_d . Dit is dan de terugkeertijd van de vrachtwagen. De VBL wil graag dat de chauffeurs elke dag tussen 10u00 en 11u00 een eerste keer terugkeren naar de VBL en tegen 13u00 helemaal klaar zijn. Maar ook dit zijn geen beperkingen die nooit overtreden mogen worden. Deze tijdsvensters zijn dus ook *soft time windows*. Deze tijdsvensters kunnen in de rittenplanning meegenomen worden en dan kan gekeken worden hoeveel verbetering mogelijk is op de doelfunctiewaarde als voor b_d een later moment gekozen wordt of b_d zelfs helemaal wordt losgelaten. Hiermee zou de VBL dan een afweging kunnen maken over de verbetering in het totale aantal afgelegde kilometers of de tijdsvensters in welke de chauffeurs elke dag werken (zie sectie 3.4). De tijd zal niet in de doelfunctie opgenomen worden, maar wel bij elke mogelijke rittenplanning vermeld worden om te kunnen zien of aan de tijdsvensters voldaan wordt.

4. Verbetervoorstellen rittenplanning en suggesties voor de toekomst

In deze sectie zal onderzoek gedaan worden naar mogelijke verbeteringen in de aanpak van rittenplanning door bijvoorbeeld beperkingen in de huidige planning in vraag te stellen. Ook zullen suggesties gedaan worden voor de toekomst op basis van de ideeën van de VBL om supermarkten toe te voegen. Sectie 4.1 zal bespreken wat de huidige route is en sectie 4.2 zal bespreken of verbeteringen mogelijk zijn door, gegeven de huidige beperkingen, locaties om te wisselen. Sectie 4.3 zal verschillende beperkingen opheffen en bekijken welke verbeteringen hierdoor mogelijk zijn. Sectie 4.4 zal kort de verschillen toelichten indien de ophaling bij Alvo Peer niet gebeurt. In sectie 4.5 zal dan een conclusie gegeven worden.

4.1 Huidige planning

Volgens de huidige beperkingen is de rittenplanning van de ophalingen strikt gescheiden van de rittenplanning van de leveringen. Voor de leveringen bezoekt de grote vrachtwagen de verenigingen één per één. Onder deze beperking is er geen verbetering mogelijk voor de rittenplanning van de leveringen. In sectie 4.3 zal deze beperking opgeheven worden en zal de rittenplanning van de kleine en grote vrachtwagen gezamenlijk opgesteld worden. Sectie 4.1 en 4.2 zullen zich dus enkel richten op de vaste rittenplanning van de ophalingen bij de supermarkten en bedrijven. De rittenplanning wordt in deze en de volgende sectie onderzocht voor één week, namelijk voor de 2^{de} week in elke maand, waarin Alvo in Peer bezocht wordt. In de andere weken is de planning hetzelfde, enkel Alvo in Peer valt dan weg. Sectie 4.4 zal kort bespreken wat verschillen zijn in de weken waarin Alvo in Peer niet bezocht wordt.

In onderstaande tabel (tabel 9) wordt de huidige rittenplanning weergegeven, zoals ze meestal uitgevoerd wordt (op een week dat Alvo in Peer bezocht wordt). Elke dag worden tussen één en vier rondes gereden. Elke ronde begint en eindigt bij de VBL. Elke dag (behalve donderdag) begint met een ronde voor alle winkels van Colruyt. Op maandag wordt nog een extra ronde gedaan om ophalingen te doen bij de bedrijven Limelco in Zonhoven en Nikita in Herk de Stad. Op dinsdag worden twee extra rondes gereden waarin Carrefour in Beringen, Alvo in Zonhoven, Okay in Alken en Alvo in Kortesseem bezocht worden. Op donderdag wordt in de eerste ronde de supermarkten Colruyt Hechtel, Alvo Peer, Alvo Pelt en Colruyt Helchteren bezocht. In totaal worden 653 kilometers afgelegd volgens deze rittenplanning. De afstanden werden berekend volgens de snelste route op Google Maps en zijn terug te vinden in een tabel in bijlage 3.

Tabel 9: Huidige rittenplanning

Ronde	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag
1	Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Hechtel) Alvo (Peer) Alvo (Pelt) Colruyt (Helchteren)	Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hasselt)
2	Limelco (Zonhoven) Nikita (Herk de Stad)	Carrefour (Beringen)		Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hasselt)		
3		Okay (Alken) Alvo (Kortesseem) Alvo (Zonhoven)				

De rittenplanning zoals weergegeven in tabel 9, is de planning die meestal gevolgd wordt. Toch zijn er ook chauffeurs die soms anders rijden. De Colruyt in Helchteren wordt bijvoorbeeld dan als eerste bezocht. De vrachtwagen rijdt twee keer langs deze Colruyt, omdat Helchteren op de weg naar Hechtel ligt. Op de heenweg ligt de Colruyt van Helchteren aan de rechterkant en op de terugweg aan de linkerkant. Als het druk is, kan het lang duren voordat links afgeslagen kan worden door het vele tegenverkeer. Hierdoor verkiezen sommige chauffeurs dus om eerst de Colruyt in Helchteren te bezoeken en dan pas de Colruyt in Hechtel. In die situatie is het mogelijk dat de Colruyt in Helchteren nog niet open is en dat de Colruyt in Helchteren toch opnieuw bezocht moet worden na de Colruyt in Hechtel. Deze omwisseling kan dus tijd sparen, maar ook tijd kosten.

De overgang tussen de eerste en de tweede ronde ligt ook eigenlijk niet vast op basis van welke supermarkten al bezocht zijn, maar op basis van de tijd. De chauffeurs proberen namelijk altijd tegen 10u00 terug te zijn bij de VBL, ten laatste 11u00. Gemiddeld gezien lukt dit in de rittenplanning zoals weergegeven in tabel 9, maar op dagen dat er veel verkeer is of de ophalingen langer duren dan normaal, kan het zijn dat de laatste Colruyt van de eerste ronde pas in de tweede ronde bezocht wordt. Ook als de vrachtwagen vol zit voor alle supermarkten uit de ronde bezocht werden, zal de ronde vroegtijdig beëindigd worden en de overgebleven supermarkten in de volgende ronde bezocht worden.

Tabel 10 geeft de tijdstippen weer op dewelke de vrachtwagen na de eerste ronde en na de laatste ronde weer bij de VBL aankomt. In deze tabel valt op dat dinsdag de langste dag is, hier is de chauffeur pas tegen 14u20 klaar. Op deze dag worden ook het meeste kilometers afgelegd. De tijden zijn enkel een schatting op basis van het aantal afgelegde kilometers en gemiddelde tijden op de locaties zelf. Als het verkeer druk is (wat het 's ochtends wel vaker het geval is) of als er bij supermarkten of bedrijven langer gewacht moet worden, zullen de tijdstippen later vallen. Ook geeft deze tabel het gewicht van de lading weer per ronde. Zoals te zien in de tabel is de huidige rittenplanning in orde voor alle tijdsvensters en capaciteitsbeperkingen. Op maandag moet de tweede ronde zeker met de grote vrachtwagen uitgevoerd worden, anders zou er niet aan de capaciteitsbeperking van 1400 kg van de kleine vrachtwagen voldaan worden. De grote vrachtwagen heeft een capaciteit van 4000kg. Alle gewichten en tijden zijn terug te vinden in bijlage 3.

Tabel 10: Afgelegde weg, tijd en gewicht per dag bij huidige rittenplanning

Ronde	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag
Afstand	127,8 km	172,1	71,8	137,7	71,8	71,8
Tijd	R1 : 10u16 R2 : 12u44	R1 : 10u16 R2-R3 : 14u20	R1 : 10u16	R1: 10u47 R2: 12u22	R1 : 10u16	R1 : 10u16
Gewicht	R1: 1200 kg R2: 2029 kg	R1 : 1200 kg R2 : 1338 kg R3 : 594 kg	R1 : 1200 kg	R1 : 894 kg R2 : 600 kg	R1 : 1200 kg	R1 : 1200 kg

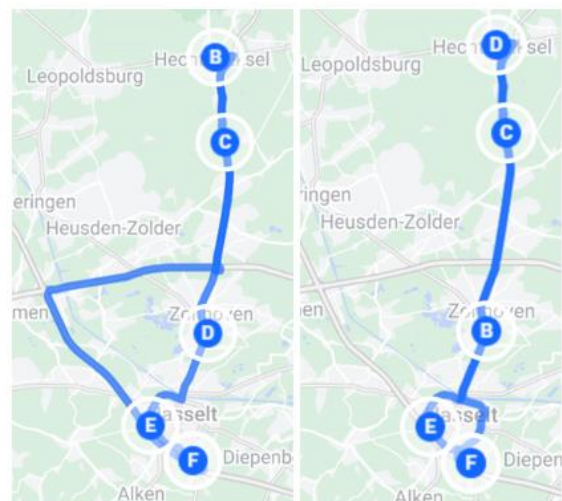
Bij de huidige planning van de leveringen (zie sectie 3.1.2 voor de tabel met de data van de leveringen), worden alle locaties afzonderlijk bezocht, behalve Pelt en Hamont, deze verenigingen worden wel gecombineerd. Genk en Tongeren zijn grote verenigingen waarbij veel paletten geleverd worden, waardoor de vrachtwagen zelfs twee keer op en neer moet rijden. De grote vrachtwagen legt volgens deze planning per maand nu 574,2 kilometer af. Het is goed dat Pelt en Hamont gecombineerd worden, mocht dit niet gebeuren, zou de vrachtwagen elke maand 104 km extra afleggen. De chauffeur zou geschat ongeveer 76 minuten (één uur en zestien minuten) langer onderweg zijn.

4.2 Verbetervoorstellen onder huidige beperkingen

In deze sectie zullen verbeteringen gezocht worden onder de huidige beperkingen. Er zullen mogelijke rittenplanningen voorgesteld worden voor de kleine vrachtwagen met een verbeterde doelfunctiewaarde (afgelegde afstand). De volgorde van de rondes maakt geen verschil voor de afgelegde afstand, elke rittenplanning waarbij rondes (per dag of over verschillende dagen) verwisseld worden scoort dus even goed dan de voorgestelde rittenplanning. Het blijft wel belangrijk dat de rondes zo uitgewisseld worden dat alle winkels van Colruyt elke dag bezocht worden, anders voldoet de oplossing niet meer aan een belangrijke beperking. In een ronde is de volgorde wel belangrijk te behouden, anders zullen meer kilometers afgelegd worden. Een ronde omdraaien, dus eerst de laatste locatie bezoeken, dan de voorlaatste enz. zal geen verschil maken voor de afgelegde weg.

Bijna elke dag worden alle winkels van Colruyt bezocht. Als deze allemaal in de eerste ronde bezocht moeten worden, zou het wel mogelijk kunnen zijn om de volgorde tussen deze winkels te veranderen. Bij alle mogelijke volgordes werden de afgelegde kilometers berekend. Het minste afstand wordt er afgelegd als eerst de Colruyt in Zonhoven, dan de Colruyt in Hechtel, daarna de Colruyt in Helchteren en als laatste de Colruyt in Hasselt bezocht wordt. Als enkel deze verandering uitgevoerd wordt, daalt het totale aantal kilometers met 12,7 kilometer per ronde. Per week kunnen er dus 63,5 kilometers bespaard worden, door enkel de volgorde van de Colruyt winkels te veranderen. Deze verandering brengt deze verbetering mee, doordat nu geen gebruik gemaakt wordt van de E313 en E314, maar via de grote ring richting de Noord-Zuid verbinding gereden wordt, zoals te zien op onderstaande kaart (kaart 1). Als bij de huidige volgorde ook de route via de grote ring van Hasselt genomen wordt, kan dezelfde verbetering behaald worden.

Kaart 1: Ronde Colruyt via snelweg vs. via grote ring



Deze vermindering in het aantal kilometers heeft ook gevolgen voor de afgelegde tijd. Zo zal acht minuten bespaard worden per dag dat deze ronde gedaan wordt. Over een hele week is dit dus een besparing van 40 minuten. Op de lading per ronde heeft deze verandering geen invloed, omdat de locaties enkel onderling verwisseld worden en er geen locaties toegevoegd of verwijderd worden uit de ronde.

Op dinsdag en op donderdag is in de huidige planning ook een ronde met meer dan twee locaties, dus hierbij werden ook alle mogelijke combinaties getest. Omwisselingen op deze dagen zorgden maar voor zeer kleine verbeteringen (twee kilometer per ronde). Doordat er telkens meerdere routes mogelijk zijn, zal Google Maps op verschillende tijdstippen verschillende routes voorstellen als snelste route. Hierdoor zit er variantie op het aantal afgelegde kilometers per route en bij zo een kleine verbetering kan het dus mogelijk zijn dat deze niet significant is. Daarom worden verbetering onder vijf kilometer ook in het verdere verloop van dit onderzoek buiten beschouwing gelaten.

Om goede omwisselingen te kunnen vinden van locaties tussen de rondes, werd een hiërarchische clusteranalyse uitgevoerd op de locaties die niet elke dag bezocht moeten worden (dus alle locaties behalve de winkels van Colruyt). Een clusteranalyse kijkt hoe ver de locaties uit elkaar liggen. De locaties die het dichtst bij elkaar liggen, zullen worden samengevoegd in een cluster. Dan zullen weer alle afstanden tussen locaties en clusters van locaties vergeleken worden. De afstand tussen een cluster en een locatie werd berekend door het minimum te nemen van de afstanden tussen alle locaties uit de cluster en de locatie waarmee vergeleken werd. Afstanden tussen clusters werden op dezelfde manier berekend. Deze stappen zullen uitgevoerd worden totdat alle locaties in één cluster zitten. Er kan dan gekeken worden wanneer locaties met een veel grotere afstand samengevoegd werden. Hiermee kan bepaald worden hoeveel clusters nuttig zijn.

Bij deze masterproef werd tijdens het algoritme ook altijd gecontroleerd of aan de capaciteitsbeperking en tijdsvensters voldaan werd. Als een samenvoeging zou leiden tot een ronde waarbij het totale gewicht van de lading hoger ligt dan 1400kg (of 4000kg als Limelco één van de bezochte locaties is), of als de ronde geschat langer zou duren dan 165 minuten (Dit is de tijd die over is tussen het beëindigen van de ronde met de supermarkten van Colruyt en 13u), zou deze samenvoeging weggelaten worden. De volgende kleinste afstand zal gebruikt worden om clusters te vormen. Dit werd gedaan totdat alle locaties ten minste per twee in een cluster zaten of één locatie overbleef die in geen enkele cluster paste (door de beperkingen).

In de laatste iteratie, werden vier clusters gevormd. Eén cluster bestond uit slechts één locatie (Carrefour). Deze locatie kon bij geen enkele cluster toegevoegd worden, doordat steeds de tijdsvensters en/of de capaciteitsbeperking overtreden werd (zie bijlage 4 voor alle berekeningen). De vier gevonden cluster die aan de beperkingen voldoen, worden weergegeven in onderstaande tabel (tabel 11) met de bijhorende geschatte eindtijden en gewichten. In de weergegeven volgorde is de afgelegde weg per cluster minimaal.

Tabel 11: Clusters

Cluster	Eindtijd	Gewicht
Limelco Zonhoven, Alvo Zonhoven	12u21	2033 kg
Nikita Herck de Stad, Okay Alken, Alvo Kortesseem	12u29	590 kg
Carrefour Beringen	12u01	1338 kg
Alvo Peer, Alvo Pelt	12u53	294 kg

De clusters kunnen op alle dagen ingevoegd worden in de rittenplanning als tweede ronde, behalve op woensdag en zaterdag. Op woensdag wordt namelijk om de twee weken naar Antwerpen (Terbeke en Voedselbank Antwerpen) gereden. Op zaterdag wordt enkel de eerste ronde gedaan, omdat dit contractueel verplicht is met de Colruyt keten. Op vrijdag moet er tijd over blijven om nog naar het containerpark te kunnen gaan en zal dus best de kortste ronde toegevoegd worden: de ronde naar Carrefour Beringen. Limelco moet op maandag bezocht worden, zodat de grote vrachtwagen beschikbaar is voor deze ronde. De andere rondes worden zo veel mogelijk op de oorspronkelijke dagen gehouden, zodanig dat voor de chauffeurs niet te veel verandering optreedt. Op donderdag worden in de huidige planning niet alle winkels van Colruyt in de eerste ronde bezocht, dit zal behouden worden in deze nieuwe voorgestelde rittenplanning. Zou op donderdag in de eerste ronde eerst alle winkels van Colruyt bezocht worden en in de tweede ronde Alvo Peer en Alvo Pelt, zou dat ervoor zorgen dat 32,4 km meer afgelegd zouden worden per week.

In onderstaande tabel (tabel 12) is de voorgestelde rittenplanning zichtbaar, enkel de blauwe locaties werden in een andere ronde geplaatst en de paarse locaties werden in dezelfde ronde in een andere volgorde gezet. Onderaan de tabel staat het verschil in afgelegde weg voor elke dag. Op alle dagen zal 12,7 km minder afgelegd worden door de omwisseling in de eerste ronde. Daarbovenop zal maandag en dinsdag minder afstand afgelegd worden, op vrijdag meer door de omwisselingen tussen rondes. In totaal zal 93,4km per week bespaard kunnen worden, door deze rittenplanning te volgen. Dit is een besparing van 14% ten opzichte van de huidige rittenplanning.

Tabel 12: Voorgestelde rittenplanning na clusteranalyse

Ronde	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag
1	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Hechtel) Alvo (Peer) Alvo (Pelt) Colruyt (Helchteren)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)
2	Limelco (Zonhoven) Alvo (Zonhoven)	Nikita (Herck de Stad) Okay (Alken) Alvo (Kortesseem)		Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hasselt)	Carrefour (Beringen)	
	-40,7 km	-68,7 km	-12,7 km	/	+41,3 km	-12,7 km

Zoals te zien op kaart 2 liggen de supermarkten per cluster dicht bij elkaar en tussen de clusters verder uit elkaar. De locaties op maandag zijn groen, de locaties op dinsdag blauw, op donderdag rood en op vrijdag geel.

Kaart 2: Clusters op kaart



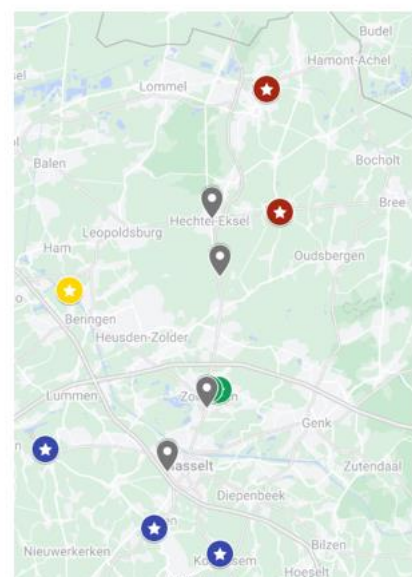
4.3 Verbetervoorstellen als beperkingen losgelaten worden

In de vorige sectie werden verbeteringen gezocht onder de huidige beperkingen, maar misschien zullen in de toekomst dingen veranderen en kunnen beperkingen opgeheven worden of minder streng gehandhaafd worden. In deze sectie zal onderzocht worden of en hoeveel winst gemaakt kan worden als beperkingen losgelaten worden. In sectie 4.3.1 zal verdergegaan worden met de rittenplanning van de ophaling en zal onderzocht worden of het verplaatsen van supermarkten van Colruyt naar de tweede ronde verbetering kan opleveren. Ook zal in deze sectie gekeken worden wat de winst kan zijn als alle tijdsvensters opgeheven worden en daarna ook alle capaciteitsbeperkingen. Sectie 4.3.2 zal zich richten op de rittenplanning van de leveringen en onderzoeken of het opheffen van de tijdsvensters (dus de dag waarop de vereniging bezocht wil worden) voor verbeteringen zorgen. Daarna zal gekeken worden of het opheffen van de capaciteitsbeperking ook nog kan zorgen voor verbeteringen. In sectie 4.3.3 zal onderzocht worden of combinaties van ophalingen en leveringen voor verbeteringen zullen zorgen. In sectie 4.3.4 zullen mogelijke scenario's (van VBL) voor extra ophalingen in de toekomst onderzocht worden.

4.3.1 Voorgestelde rittenplanning ophalingen

Stel dat de winkels van Colruyt niet altijd in ronde één bezocht mogen worden, maar ook later (zoals op donderdag al gebeurt). Op sommige dagen zou één of meerdere winkels van Colruyt in een ronde met andere supermarkten bezocht kunnen worden. Om een beeld te krijgen welke supermarkten van Colruyt gecombineerd kunnen worden met de clusters, werden de clusters en de supermarkten van Colruyt uitgezet op kaart 3. De cluster op maandag is groen, de cluster op dinsdag blauw, op donderdag rood en op vrijdag geel. De grijze locaties zijn de supermarkten van Colruyt (van noord naar zuid: Hechtel, Helchteren, Zonhoven en Hasselt). Op de kaart is te zien dat het idee om op donderdag de cluster te combineren met Colruyt Hechtel en Colruyt Helchteren een goed idee is, zoals in de huidige planning al wordt gedaan.

Kaart 3: Clusters en supermarkten van Colruyt



Andere combinaties die optisch voor verbeteringen lijken te zorgen, zijn terug te vinden in onderstaande tabel. Tabel 13 vermeldt ook het aantal kilometers dat bespaard kan worden per dag (of meer afgelegd zal worden, als het een verslechtering is), het gewicht aan lading in de ronde met het grootste gewicht en de tijdstippen wanneer de vrachtwagen terug bij de VBL is. De supermarkten van Colruyt worden afgekort in de tabel als C [stad].

Tabel 13: Mogelijke combinaties Colruytsupermarkten met clusters

Dag	Combinatie	Gewicht	Tijden	Minder	Meer
Maandag	C Hasselt, C Zonhoven, Limelco, Alvo Zonhoven – C Hechtel, C Helchteren	2633 kg	9u59 – 12u07		24,8 km
	Limelco, C Helchteren, C Hechtel, Alvo Zonhoven – C Zonhoven, C Hasselt	2633 kg	10u49 – 12u24	3,9 km	
	C Zonhoven, C Hechtel, C Helchteren, Alvo Zonhoven, Limelco – C Hasselt	2933 kg	10u55 – 11u53	18,3 km	
Dinsdag	C Hasselt, Nikita, Okay Alken, Alvo Kortesse – C Hechtel, C Helchteren, C Zonhoven	890 kg	10u08 – 12u34		10,7 km
Donderdag	C Hechtel, Alvo Peer, Alvo Pelt, C Helchteren, C Zonhoven – C Hasselt	1194 kg	11u02 – 12u00	28,2 km	
Vrijdag	Carrefour, C Hechtel – C Zonhoven, C Helchteren, C Hasselt	1638 kg	9u59 – 12u16		19,1 km
	C Helchteren, C Hechtel, Carrefour – C Zonhoven, C Hasselt	1938 kg	10u17 – 11u52	5,2 km	
	C Zonhoven, C Helchteren, C Hechtel, Carrefour – C Hasselt	2238 kg	10u42 – 11u40	31,0 km	

Zoals te zien in tabel 13 voldoen alle combinaties op vrijdag niet aan de capaciteitsbeperking (van de kleine vrachtwagen). De nieuwe combinatie van donderdag voldoet net niet aan de tijdsvensters voor de pauze (ten laatste 11u). Drie combinaties zorgen niet voor een verbetering, maar voor een verslechtering. Eén combinatie (op maandag) zorgt voor een niet significante verbetering (van 3,9 km). De enige dag waarop aan alle beperkingen voldaan werden en een significante verbetering werd behaald, is maandag. De grootste verbetering kan op maandag gehaald worden door in de eerste ronde Colruyt Zonhoven, Colruyt Hechtel, Colruyt Helchteren, Alvo Zonhoven en Limelco te bezoeken en in de tweede ronde Colruyt Hasselt. Deze combinatie zorgt voor een verbetering van 18,3km per week ten opzichte van de voorgestelde rittenplanning na de clusteranalyse (tabel 12).

Zoals te zien in tabel 13, zullen meer kilometers bespaard kunnen worden, als beperkingen opgeheven worden. Als de pauze op donderdag later (rond 11u02) genomen zou kunnen worden, dan zou 28,2 km bespaard kunnen worden door Alvo Zonhoven aan de eerste ronde toe te voegen. Ook geeft tabel 13 weer dat als vrijdags de grote vrachtwagen gebruikt zou kunnen worden voor de eerste ronde, tot 31,0 km bespaard kan worden door Carrefour in de eerste ronde toe te voegen en Colruyt Hasselt aan de tweede ronde. Aan de tijdsvensters zal dan nog steeds voldaan zijn.

In onderstaande tabel 14 volgt een overzicht met de planning per dag, de vermindering in aantal kilometers per dag en welke beperkingen hiervoor opgeheven zouden moeten worden. De veranderingen zijn rood. Deze rittenplanning zorgt voor een totale afgelegde weg van 482 km. Dit is een vermindering van 171 km ten opzichte van de huidige rittenplanning. Dit is een daling van 31%.

Tabel 14: Mogelijke rittenplanning na versoepeling beperkingen

Ronde	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag
1	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Alvo (Zonhoven) Limelco (Zonhoven)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Hechtel) Alvo (Peer) Alvo (Pelt) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Zonhoven)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hechtel) Carrefour (Beringen)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)
2	Colruyt (Hasselt)	Nikita (Herk de Stad) Okay (Alken) Alvo (Kortesse)		Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Hasselt)	
	-18,3 km	/	/	-28,2 km Als 11u02 pauze	-31 km R1: grote vrachtwagen	/

Stel dat alles per dag in één ronde uitgevoerd zou kunnen worden. Dit zou gaan als de vrachtwagen niet tussen 10u00 en 11u00 terug zou moeten keren naar de VBL. Indien de vrijwilligers van de koude keten, iets later zouden beginnen en eindigen met sorteren (één uur later), zou dit in toekomst mogelijk kunnen zijn. Elke dag maar één ronde rijden, zorgt voor grote verminderingen in het aantal kilometers. Indien de locaties in de volgorde bezocht zouden worden zoals in onderstaande tabel, dan zouden op maandag 25,8 km, op dinsdag 12,1 km op donderdag 47,9 km en op vrijdag 38,4 km bespaard kunnen worden ten opzichte van de rittenplanning na clusteranalyse (tabel 12). Om de optimale volgorde van deze clusters te bepalen werden weer de afgelegde afstanden van alle mogelijke combinaties berekend en vergeleken welke route de kortste is.

Tabel 15: Mogelijke rittenplanning met één ronde per dag

Ronde	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag
1	Colruyt (Zonhoven) Limelco (Zonhoven) Alvo (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Hasselt) Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Nikita (Herk de Stad) Okay (Alken) Alvo (Kortesse)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Zonhoven) Alvo (Peer) Alvo (Pelt) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Hasselt) Carrefour (Beringen) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Zonhoven)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)
Tov 12	-25,8 km 3233 kg 10u53	-12,1 km 1790 kg 11u26	/	-47,9 km 1494 kg 11u14	-38,4 km 2538 kg 11u07	/
Tov 14	-7,5 km	/	/	-19,7 km Pauze 11u02 weg	-7,4 km Grote vrachtwagen	/

De ronde op maandag is de enige ronde die nog steeds aan alle beperkingen voldoet. De vrachtwagen is zelfs voor 11u00 terug (en helemaal klaar). Op maandag wordt dus zeker aangeraden om geen pauze te nemen en de supermarkten en bedrijven in de voorgestelde volgorde te bezoeken.

Zoals te zien in tabel 15, wordt op dinsdag, donderdag en vrijdag niet meer aan de capaciteitsbeperking van de kleine vrachtwagen voldaan en kan deze verbetering dus enkel bekomen worden als de grote vrachtwagen ingezet wordt. Op vrijdag moest de grote vrachtwagen ook in tabel 14 al ingezet worden. Indien op vrijdag ook de pauze weggelaten wordt, kan 38,4 km bespaard worden.

Op donderdag kan in totaal 47,9 km bespaard worden door de pauze weg te laten en de grote vrachtwagen te gebruiken. Als het niet mogelijk is om de grote vrachtwagen te kunnen gebruiken op donderdag, kan de oplossing uit tabel 14 ook al voor een groot deel van deze verbetering zorgen (in tabel 15 komt er maar 19,7km bij ten opzichte van tabel 14). De pauze wordt dan om 11u02 genomen. Als maar op één dag de grote vrachtwagen gebruikt kan worden, is het dus interessanter om deze op vrijdag te gebruiken (38,4 km > 19,7km).

Dinsdag kan maar een kleine verbetering behaald worden (12,1 km) en hiervoor zal dan ook de grote vrachtwagen gebruikt moeten worden. Op donderdag en dinsdag is de grote vrachtwagen vaak ook bezig met het leveren aan verenigingen en niet vrij om te gebruiken voor ophalingen, dus waarschijnlijk zal het niet mogelijk zijn om op deze dagen ook de grote vrachtwagen te gebruiken. Het is dan aangeraden om op dinsdag en donderdag de planning te volgen zoals in tabel 14. Als in de toekomst een nieuwe grote vrachtwagen en genoeg chauffeurs beschikbaar zouden zijn, zou het wel mogelijk kunnen zijn om de rondes te doen zoals weergegeven in tabel 15. Volgens deze rittenplanning zouden dan per week 242,4 km afgelegd worden. Dat is een daling van 410,6 km per week (63%) ten opzichte van de huidige rittenplanning.

4.3.2 Rittenplanning leveringen

Momenteel worden de leveringen aan de verenigingen niet gecombineerd met elkaar, behalve Pelt en Hamont. De combinatie van Pelt en Hamont is goed, want als dit niet gedaan zou worden, zou er elke maand 105,3 kilometer extra afgelegd worden. Combinaties van andere verenigingen zouden in de toekomst mogelijk kunnen zijn, als niet te veel lading meegenomen moet worden naar de vereniging, de grote vrachtwagen lang genoeg beschikbaar is en de verenigingen akkoord gaan met het wisselen van de dag. Kaart 4 visualiseert de ligging van de verenigingen. Per kleur zijn clusters aan verenigingen aangeduid die dicht bij elkaar liggen. Rood is van west naar oost: Lommel, Pelt en Hamont. Groen is van west naar oost Zonhoven, Genk, As en Maasmechelen. Blauw is van noord naar zuid: Bilzen, Hoeselt en Tongeren. In deze sectie zal per kleur onderzocht worden welke combinaties mogelijk zijn en welke verbeteringen dit meebrengt.

Kaart 4: Verenigingen



Naar de meeste verenigingen worden gemiddeld vijf paletten meegenomen. De grote vrachtwagen heeft een capaciteit van twaalf paletten, dus zal het gemiddeld lukken om twee verenigingen te combineren onder de huidige capaciteitsbeperkingen. Enkel Tongeren en Genk zijn uitzonderingen voor de lading en deze worden daardoor twee keer bezocht. Naar Genk worden gemiddeld vijftien paletten meegenomen. Als de vrachtwagen de eerste keer helemaal vol rijdt, kan bij de tweede rit naar Genk wel de combinatie gemaakt worden met een andere vereniging. Naar Tongeren worden ook gemiddeld vijftien paletten meegenomen, maar daarboven ook nog negen diepvriesboxen. Dit zorgt ervoor dat de vrachtwagen bij beide ritten al zo vol zit dat geen combinaties mogelijk zijn.

Hamont en Pelt worden al gecombineerd, bij de rood gemarkeerde verenigingen zijn dus geen andere combinaties meer mogelijk. Voor de blauwe cluster is enkel de combinatie tussen Bilzen en Hoeselt mogelijk (door de grote lading die naar Tongeren mee moet). In tabel 16 staan alle mogelijke combinaties voor de groen en blauw gemarkeerde verenigingen en de vermindering aan kilometers door deze combinatie onder de huidige capaciteitsbeperking.

Tabel 16: Mogelijke combinaties van verenigingen

Groene cluster	Besparing	
Zonhoven, Genk	11,4 km	61 km
As, Maasmechelen	49,6 km	
Zonhoven, As	14,1 km	53,6 km
Genk, Maasmechelen	39,5 km	
Zonhoven, Maasmechelen	13,8 km	54,3 km
Genk, As	40,5 km	
Blauwe cluster		
Bilzen, Hoeselt	18,5 km	

Zoals te zien in tabel 16, geeft elke mogelijke combinatie een verbetering van minimaal 11,4 km per maand. Voor de groene cluster is de combinatie van As en Maasmechelen het beste. Deze combinatie zorgt voor een vermindering van 49,6 km per maand. Voor de blauwe cluster is de combinatie van Bilzen en Hoeselt de enige combinatie die mogelijk is. Deze combinatie biedt een vermindering van 18,5 km per maand. Doordat de groene cluster uit vier verenigingen bestaat is het mogelijk om twee combinaties (van telkens twee verenigingen) te maken. De grootste verbetering wordt behaald door Zonhoven en Genk te combineren met de combinatie van As en Maasmechelen. Dit zorgt in totaal voor een verbetering van 61 km per maand. Als de voorgestelde rittenplanning gevolgd zou worden, zou per maand 494,7 kilometer afgelegd worden voor de leveringen. Dit is een vermindering van 79,5 kilometer of 14% ten opzichte van de huidige planning.

Stel dat in de toekomst een grotere vrachtwagen ter beschikking zou staan, waarbij in één keer alles naar Genk of Tongeren meegenomen zou kunnen worden. Deze vrachtwagen zou ook alle combinaties aan verenigingen toelaten. In tabel 17 staan alle mogelijke combinaties uit de groene cluster. De eerste kolom geeft weer hoeveel capaciteit de vrachtwagen per ronde nodig heeft. Met een capaciteit van vijftien paletten en de combinatie van de twee ritten naar Genk in een ronde en de combinatie van Maasmechelen, As en Zonhoven in een tweede ronde, zorgen al voor een verbetering van 104,5 kilometer per maand ten opzichte van de huidige rittenplanning. Dit is een besparing van 43,5 km meer tegenover de besparing die mogelijk is onder de huidige capaciteitsbeperkingen. Tabel 17 geeft ook de tijd weer die nodig is per ronde (verondersteld dat de chauffeur een uur aanwezig is op elke locatie voor de levering). Als om 7u30 vertrokken wordt en de chauffeur ten laatste tegen 13u terug moet zijn, mag elke ronde maximaal 5 uur en 30 minuten duren. Bij de voorgestelde rondes is dit mogelijk.

Tabel 17: mogelijke combinaties met grotere capaciteit groene cluster

Capaciteit	Combinatie	Besparing per ronde	Tijd	Totale besparing
15 paletten	Zonhoven, Genk, As	54,6 km	4 uur en 52 min	94,1 km
15 paletten	Maasmechelen, Genk	39,5 km	3 uur en 49 min	
15 paletten	Zonhoven, Maasmechelen, Genk	53,5 km	5 uur en 8 min	93,8 km
15 paletten	As, Genk	40,5 km	3 uur en 26 min	
15 paletten	Maasmechelen, As, Genk	90,1 km	4 uur en 49 min	101,5 km
15 paletten	Zonhoven, Genk	11,4 km	3 uur en 40 min	
15 paletten	Genk samen	40,8 km	5 uur en 3 min	104,5 km
15 paletten	Maasmechelen, As, Zonhoven	63,7 km	3 uur en 18 min	
18-23 paletten	Zonhoven, Maasmechelen, As, Genk	103,9 km	6 uur en 8 min	103,9 km
12-7 paletten	Genk		2 uur en 18 min	
20 paletten	Genk samen, Zonhoven	52,2 km	4 uur en 40 min	101,8 km
10 paletten	Maasmechelen, As	49,6 km	3 uur en 37 min	
20 paletten	Genk samen, As	81,3 km	4 uur en 26 min	95,1 km
10 paletten	Zonhoven, Maasmechelen	13,8 km	3 uur en 45 min	
20 paletten	Genk samen, Maasmechelen,	80,3 km	4 uur en 49 min	94,4 km
10 paletten	Zonhoven, As	14,1 km	3 uur en 40 min	
25 paletten	Zonhoven, Genk samen, As	95,4 km	5 uur en 52 min	95,4 km
5 paletten	Maasmechelen		2 uur en 26 min	
25 paletten	Zonhoven, Maasmechelen, Genk samen	94,1 km	6 uur en 8 min	94,1 km
5 paletten	As		2 uur en 14 min	
25 paletten	Maasmechelen, As, Genk samen	130,9 km	5 uur en 49 min	130,9 km
5 paletten	Zonhoven		2 uur en 14 min	
30 paletten	Zonhoven, Maasmechelen, As, Genk samen	144,7 km	7 uur en 8 min	144,7 km

Als de capaciteit van de vrachtwagen nog groter wordt, gaat dit in eerste instantie (capaciteit van 16 tot 24 paletten) niet zorgen voor een grotere verbetering. Pas vanaf een capaciteit van 25 paletten is weer verbetering mogelijk, maar deze verbeterde rondes duren langer dan 5 uur en 30 minuten. Als deze beperkingen ook losgelaten mogen worden, is bij een capaciteit van 25 paletten een verbetering van 130,9 km per maand mogelijk en bij een capaciteit van 30 paletten een verbetering van 144,7 km per maand.

Tabel 18 beschrijft de mogelijke combinaties in de blauwe cluster en de benodigde capaciteit per ronde. Hoe groter de capaciteit, hoe meer kilometers bespaard kunnen worden. Naar Tongeren worden niet enkel paletten, maar ook diepvriesboxen meegenomen. Om toch een schatting in aantal paletten te kunnen maken, werden twee diepvriesboxen gelijkgesteld aan één palet en werd het volledige aantal dan afgerond naar boven. Bij een capaciteit van 15 paletten kon een besparing van 44 kilometer per maand bekomen worden (ten opzichte van de huidige planning) tegenover een besparing van 18,5 kilometer bij de huidige capaciteit van 12 paletten. Alle combinaties kunnen uitgevoerd worden in onder 5 uur en 30 minuten, behalve als alle verenigingen uit de blauwe cluster gecombineerd worden. Het overtreden van deze tijdsvensters zorgt voor een extra besparing van 18,5 km per maand (79,8 km – 61,3 km).

Tabel 18: mogelijke combinaties met grotere capaciteit blauwe cluster

Capaciteit	Combinatie	Besparing per ronde	Tijd	Totale besparing
13 paletten	Bilzen, Tongeren	16,4 km	3 uur en 38 min	41,9 km
13 paletten	Hoeselt, Tongeren	25,5 km	3 uur en 35 min	
15 paletten	Tongeren, Hoeselt, Bilzen	44 km	4 uur en 41 min	44 km
15 paletten	Tongeren		2 uur en 12 min	
20 paletten	Tongeren samen	35,8 km	3 uur en 12 min	54,3 km
10 paletten	Hoeselt, Bilzen	18,5 km	3 uur en 36 min	
25 paletten	Tongeren samen, Bilzen	52,5 km	4 uur en 38 min	52,5 km
5 paletten	Hoeselt		2 uur en 30 min	
25 paletten	Tongeren samen, Hoeselt	61,3 km	4 uur en 35 min	61,3 km
5 paletten	Bilzen		2 uur en 14 min	
30 paletten	Tongeren samen, Hoeselt, Bilzen	79,8 km	5 uur en 41 min	79,8 km

In de rode cluster is enkel één extra combinatie nodig indien de capaciteit verhoogd kan worden. Dit is de combinatie van alle verenigingen uit de cluster in deze volgorde: Lommel, Pelt, Hamont. Deze combinatie zorgt voor een besparing van 98,5 kilometer per maand. Een capaciteit van 15 paletten is benodigd en deze ronde zal 5 uur en 45 minuten in beslag nemen. De chauffeur zal dus pas tegen 13u15 terug zijn, maar door de grote besparing aan kilometers is dit zeker de moeite waard om te overwegen.

Tabel 19 geeft een overzicht van de beste combinaties in alle clusters met een capaciteit van 15 paletten. Alle verenigingen zouden dan in vijf dagen bezocht kunnen worden. Enkel op de dag dat Lommel, Pelt en Hamont bezocht worden zal de chauffeur tot na 13u00 moeten werken (15 minuten langer). Deze planning zorgt voor een totale besparing van 247 kilometer per maand ten opzichte van de huidige rittenplanning. Dit is een daling van 43% ten opzichte van de huidige planning.

Tabel 19: mogelijke combinaties met een capaciteit van 15 paletten

Combinatie	Besparing per ronde	Voor 13u00 terug ?
Genk samen	40,8 km	Ja
Maasmechelen, As, Zonhoven	63,7 km	Ja
Tongeren, Hoeselt, Bilzen	44 km	Ja
Tongeren	/	Ja
Lommel, Pelt, Hamont	98,5 km	Neen (13u15)

Natuurlijk zal bij het samenvoegen van verenigingen ook altijd onderhandeld moeten worden met de verenigingen over welke dagen en tijdstippen mogelijk zijn. Verenigingen hebben vaak niet veel opslagruimte en willen dus kort voor hun bedelingen de voeding geleverd krijgen. Dit kan ervoor zorgen dat bepaalde combinaties niet mogelijk zijn. Momenteel zullen alle combinaties met verhoogde capaciteit ook niet mogelijk zijn, omdat geen vrachtwagen met deze capaciteit aanwezig is, maar wie weet wat de toekomst brengt.

4.3.3 Gecombineerde rittenplanningen

De leveringen worden momenteel nog niet gecombineerd met ophalingen bij de supermarkten. Indien na een bezoek aan een vereniging nog tijd over is om supermarkten te bezoeken, zouden deze bezoeken ook gecombineerd kunnen worden. Om goede combinaties van verenigingen en supermarkten te vinden, werden de clusters uit de voorgestelde rittenplanning in tabel 11 (sectie 4.3.1) op kaart 5 vergeleken met de clusters aan verenigingen (sectie 4.3.2). Zoals te zien op de kaart kunnen drie clusters gemaakt worden: de rode cluster, de groene cluster en de blauwe cluster. Of combinaties in deze clusters voor verbeteringen kunnen zorgen, zullen in deze sectie onderzocht worden.

Kaart 5: Supermarktclusters en verenigingen



Supermarktclusters

- ★ Alvo Kortesseem
- ★ Okay Alken
- ★ Nikita
- ★ Limelco
- ★ Alvo Zonhoven
- ★ Alvo Pelt
- ★ Alvo Supermarkt Peer
- ★ Carrefour
- ★ Colruyt Zonhoven
- ★ Colruyt Hasselt
- ★ Colruyt Hechtel
- ★ Colruyt Helchteren

Verenigingen

- ★ Hoeselt
- ★ Tongeren
- ★ Bilzen
- ★ Zonhoven
- ★ Genk
- ★ Maasmechelen
- ★ As-Opglabeeek
- ★ Pelt
- ★ Lommel
- ★ Hamont

Tabel 20 geeft een overzicht over de combinaties van supermarkten en verenigingen uit de blauwe cluster. De kolommen geven aan of de verenigingen onderling gecombineerd mogen worden en met welke maximumcapaciteit de combinaties gemaakt mogen worden. Bij de combinaties van verenigingen werden alle combinaties onder de capaciteitsbeperking getest en de combinatie met de grootste verbetering gekozen (zie bijlage 5 voor alle mogelijke combinaties en bijhorende verbeteringen). Bij de huidige capaciteitsbeperking van twaalf paletten, kunnen enkel Hoeselt en Bilzen gecombineerd worden. Indien in toekomst een vrachtwagen van 15 paletten beschikbaar zou zijn, zijn andere combinaties mogelijk. De rijen in de tabel geven aan of een combinatie tussen verenigingen en supermarkten mogelijk is. De besparing ten opzichte van de huidige planning (eerste kolom, eerste rij) staan aangeduid in het groen in elke cel. In de huidige planning worden 206,2 kilometer per maand afgelegd voor de blauwe cluster. Alle combinaties uit de tabel vallen binnen de tijdsbeperking (5 uur en 30 minuten). Onder de huidige capaciteitsbeperking kan de grootste besparing (62,3 km per maand) behaald worden als Bilzen, Hoeselt, Alvo Kortesseem en Okay Alken gecombineerd kunnen worden en Tongeren, Alvo Kortesseem en Okay Alken twee keer per maand gecombineerd kunnen worden.

Tabel 20: Mogelijke combinaties verenigingen en supermarkten blauwe cluster

	Verenigingen niet combineren	Verenigingen combineren 12 paletten	Verenigingen combineren 15 paletten
Geen combinatie supermarkten en verenigingen	- Alvo Kortessem, Okay Alken (4x) - Hoeselt - Tongeren (2x) - Bilzen = 206,2 kilometer/ maand	- Alvo Kortessem, Okay Alken (4x) - Hoeselt, Bilzen - Tongeren (2x) - 18,5 km/ maand	- Alvo Kortessem, Okay Alken (4x) - Tongeren, Hoeselt, Bilzen - Tongeren - 44 km/ maand
Verenigingen en supermarkten combineren	- Hoeselt, Alvo Kortessem, Okay Alken - Tongeren, Alvo Kortessem, Okay Alken (2x) - Bilzen, Alvo Kortessem, Okay Alken - 43,7 km/ maand	- Alvo Kortessem, Okay Alken - Bilzen, Hoeselt, Alvo Kortessem, Okay Alken - Tongeren, Alvo Kortessem, Okay Alken (2x) - 62,3 km/ maand	- Alvo Kortessem, Okay Alken (2x) - Bilzen, Tongeren, Alvo Kortessem, Okay Alken - Tongeren, Hoeselt, Alvo Kortessem, Okay Alken - 80,5 km/ maand

De combinaties onder de capaciteitsbeperking van 15 paletten kunnen tot een verbetering van zelfs 80,5 km per maand zorgen. Indien verenigingen helemaal niet onderling gecombineerd zouden mogen worden, kan een verbetering van 43,7 km/ maand behaald worden. Het is dus zeker aan te raden om de verenigingen en de supermarkten met elkaar te combineren, ook als verenigingen onderling niet gecombineerd mogen worden.

Tabel 21 geeft een overzicht over de mogelijke combinaties in de groene cluster. Ook hier werden alle combinaties onder de capaciteitsbeperkingen getest en de beste gekozen (zie bijlage 5). De grootste verbetering (164,1 km per maand) is onder de huidige capaciteitsbeperkingen te verkrijgen als de vereniging onderling en met de supermarkten gecombineerd kunnen worden. Als de verenigingen niet onderling gecombineerd mogen worden, maar wel met de supermarkten, kan een verbetering van 72,1 km per maand gehaald worden. Een capaciteitsvergroting geeft enkel verbetering in het geval dat verenigingen niet met supermarkten gecombineerd mogen worden. De tijdsbeperking zal enkel in de oranje aangeduide ronde overtreden worden.

Tabel 21 Mogelijke combinaties verenigingen en supermarkten groene cluster

	Verenigingen niet combineren	Verenigingen combineren 12 paletten	Verenigingen combineren 15 paletten
Verenigingen niet samen met supermarkten	- Limelco, Alvo Zonhoven (4x) - Zonhoven - Genk (2x) - Maasmechelen - As = 331 kilometer/ maand	- Limelco, Alvo Zonhoven (4x) - Zonhoven - Genk, As - Genk, Maasmechelen - 80 km/ maand	- Limelco, Alvo Zonhoven (4x) - Maasmechelen, As, Zonhoven - Genk samen - 104,5 km/ maand
Verenigingen en supermarkten combineren	- Zonhoven, Alvo Zonhoven, Limelco - Genk, Limelco, Alvo Zonhoven - Maasmechelen, Alvo Zonhoven, Limelco - As, Limelco, Alvo Zonhoven - Genk - 72,1 km/ maand	- Limelco, Alvo Zonhoven - Zonhoven, Alvo Zonhoven, Limelco, Avieta - Genk, As, Alvo Zonhoven, Limelco - Genk, Maasmechelen, Alvo Zonhoven, Limelco - 164,1 km/ maand	- Limelco, Alvo Zonhoven (2x) - Maasmechelen, As, Genk, Alvo Zonhoven, Limelco - Genk, Zonhoven, Alvo Zonhoven, Limelco - 152 km/ maand

Tabel 22 geeft de mogelijke combinaties weer voor de rode cluster. In dit geval moest rekening gehouden worden met het feit dat Alvo Peer maar één keer per maand bezocht wordt. Om te beslissen of de verenigingen in een week met of zonder Alvo Peer gecombineerd dienen te worden, werden alle combinaties berekend en de combinatie met de grootste verbetering gekozen. Dit was steeds de combinatie van de vereniging(en) met de week dat Alvo Peer niet bezocht wordt. Alle combinaties en de bijhorende verbeteringen zijn terug te vinden in de tabel in bijlage 5.

Tabel 22: Mogelijke combinaties verenigingen en supermarkten rode cluster

	Twee verenigingen combineren (huidige)	Alle verenigingen combineren (15 paletten)
Verenigingen niet samen met supermarkten	- Colruyt Hechtel, Alvo Peer, Alvo Pelt, Colruyt Helchteren - Colruyt Hasselt, Colruyt Zonhoven - Colruyt Zonhoven, Colruyt Hechtel, Alvo Pelt, Colruyt Helchteren, Colruyt Hasselt (3x) - Lommel - Pelt, Hamont = 638,5 kilometer/ maand	- Colruyt Hechtel, Alvo Peer, Alvo Pelt, Colruyt Helchteren - Colruyt Hasselt, Colruyt Zonhoven - Colruyt Zonhoven, Colruyt Hechtel, Alvo Pelt, Colruyt Helchteren, Colruyt Hasselt (3x) - Lommel, Pelt, Hamont - 98,5 km/ maand
Verenigingen en supermarkten combineren	- Colruyt Hechtel, Alvo Peer, Alvo Pelt, Colruyt Helchteren - Colruyt Hasselt, Colruyt Zonhoven - Colruyt Zonhoven, Colruyt Hechtel, Alvo Pelt, Colruyt Helchteren, Colruyt Hasselt - Lommel, Alvo Pelt, Colruyt Hechtel, Colruyt Helchteren, Colruyt Zonhoven, Colruyt Hasselt - Pelt, Hamont, Alvo Pelt, Colruyt Hechtel, Colruyt Helchteren, Colruyt Zonhoven, Colruyt Hasselt - 178,3 km/ maand	- Colruyt Hechtel, Alvo Peer, Alvo Pelt, Colruyt Helchteren - Colruyt Hasselt, Colruyt Zonhoven - Colruyt Zonhoven, Colruyt Hechtel, Alvo Pelt, Colruyt Helchteren, Colruyt Hasselt (2x) - Lommel, Pelt, Hamont, Alvo Pelt, Colruyt Hechtel, Colruyt Helchteren, Colruyt Zonhoven, Colruyt Hasselt - 195,2 km/ maand

Zoals te zien in tabel 22 worden met de huidige planning per maand 638,5 km afgelegd. Onder de huidige capaciteitsbeperking is het mogelijk om 178,3 km minder af te leggen per maand. Als de capaciteitsbeperking versoepeld wordt naar 15 paletten, zal de verbetering maar met 16,9 km per maand stijgen (195,2-178,3). De rondes in oranje voldoen niet aan de tijdsbeperking. De ronde met enkel Hamont, Pelt en de supermarkten duurt 6 uur en 4 minuten (34 minuten te lang). De ronde met Lommel erbij duurt 7 uur en 19 minuten (1 uur en 49 minuten te lang). Er zal dus een afweging gemaakt moeten worden tussen de bespaarde kilometers en het langer moeten werken van de chauffeur.

Natuurlijk zal ook bij al deze combinaties weer overlegd moeten worden met de verenigingen en de supermarkten om te zien of er een dag gevonden zou kunnen worden waarop de combinaties mogelijk zijn. Het is dus goed mogelijk dat deze combinaties helemaal niet of enkel gedeeltelijk mogelijk zijn. Hiervoor kan ook weer in de tabel in bijlage 5 gekeken worden om te zien hoeveel vermindering de combinaties afzonderlijk teweegbrengen.

4.3.4 Scenario's VBL

Zoals al eerder vermeld, viel het de VBL op dat de grote vrachtwagen nog capaciteit over heeft. Het is hun wens om deze capaciteit te gebruiken om bijkomende ophalingen te doen bij nieuwe supermarkten. VBL heeft twee mogelijke ideeën voor welke combinaties aan supermarkten hiervoor in aanmerking komen. Een eerste mogelijke combinatie aan supermarkten is Okay in Hoeselt, Colruyt in Bilzen en Okay in Bilzen. Een tweede mogelijke combinatie is de Colruyt op de Hasseltweg in Genk en de Colruyt in de Vennestraat in Genk. Als deze combinaties niet met andere supermarkten of verenigingen gecombineerd zouden worden, zou een eerste mogelijke combinatie 38,5 kilometer betekenen in afgelegde weg per week. De tweede combinatie zou dan 34,6 kilometer afgelegde weg per week betekenen. De VBL is een VZW die als doel heeft om zo veel mogelijk mensen te helpen. Hoe meer voeding opgehaald kan worden, hoe meer mensen geholpen kunnen worden. Als de overweging gemaakt wordt of er meer supermarkten bezocht moeten worden, kan dus niet enkel meer gekeken worden naar het aantal afgelegde kilometers (minimalisatie van de kosten), maar zal ook rekening gehouden moeten worden met de extra voeding die uitgedeeld zal kunnen worden.

Er is nog geen informatie bekend over hoeveel kilogram voeding opgehaald zou kunnen worden en ook is nog niet overlegd met deze supermarkten of het mogelijk is. Als beide alternatieven mogelijk zouden zijn, kan best een schatting van de hoeveelheid voeding gevraagd worden. Zo kan berekend worden hoeveel kilogram elke ronde per kilometer opbrengt (*efficiency* van de ronde). Als er slechts één ronde gekozen kan worden, kan dan de ronde met de hoogste *efficiency* gekozen worden. De eerste mogelijke ronde bezoekt drie supermarkten en de tweede bezoekt twee supermarkten. Stel dat elke supermarkt evenveel voeding mee zou geven, namelijk 300 kilogram, (zoals momenteel gemiddeld per Colruyt meegegeven wordt). Dan zou de *efficiency* van de eerste ronde 23,38 kilogram per kilometer bedragen ($3 \cdot 300 / 38,5$) en de *efficiency* van de tweede ronde 17,34 kilogram per kilometer ($2 \cdot 300 / 34,6$). Bij gelijke hoeveelheden zal de eerste ronde dus een hogere *efficiency* behalen en daarmee de voorkeur hebben.

De mogelijke rondes moeten natuurlijk niet alleen uitgevoerd worden, ze kunnen ook gecombineerd worden met bestaande rondes. Dit kan zorgen dat het extra aantal afgelegde kilometers daalt en hierdoor zal dan ook de *efficiency* stijgen. De VBL had ook drie mogelijke voorstellen in gedachten om deze nieuwe rondes te combineren. Een eerste idee is om de nieuwe ronde van Hoeselt en Bilzen te combineren met de bezoeken aan de verenigingen op dinsdag. In de tweede week van de maand zal dit de vereniging van Hoeselt zijn en in de derde week de vereniging van Zonhoven. Een tweede idee is om de nieuwe ronde in Genk te combineren met deze verenigingen (Hoeselt en Zonhoven) op dinsdag. Een derde idee is om de nieuwe ronde in Genk te combineren met de wekelijkse ophaling bij Limelco in Zonhoven. In de huidige rittenplanning wordt Limelco gecombineerd met Nikita. Idee 3a is dus de combinatie van de nieuwe ronde in Genk met Limelco en Nikita. In de voorgestelde rittenplanning na clusteranalyse (tabel 12, sectie 4.2) wordt Limelco gecombineerd met Alvo in Zonhoven. Deze combinatie is idee 3b.

VBL levert ook aan een vereniging in Bilzen. Idee 4 is om in week 1 de levering aan Bilzen van donderdag naar dinsdag te verplaatsen en dan de ronde in Hoeselt en Bilzen te combineren met de verenigingen uit dezelfde steden. Ook is er een vereniging in Genk. Als de eerste levering aan de vereniging in Genk een week vroeger op dinsdag uitgevoerd wordt, kan de combinatie van de nieuwe ronde in Genk met de verenigingen in Zonhoven en Genk uitgevoerd worden (idee 5).

Deze ideeën en het aantal extra afgelegde kilometers per maand door de toevoeging van de nieuwe ronde is te zien in onderstaande tabel. Ook geeft de tabel de *efficiency* weer, deze werd berekend door de assumptie te nemen dat in elke nieuwe supermarkt 300kg voeding opgehaald kan worden. Zoals te zien in de tabel is er voor idee 3a per maand het minste aantal extra kilometers nodig (maar 40,4 kilometer). Ook ligt de *efficiency* per maand het hoogst bij idee 3a. Dit is berekend in vergelijking met de huidige rittenplanning. Stel dat de VBL de planning verandert naar de voorgestelde planning na de clusteranalyse (tabel 12, sectie 4.2) dan zullen meer kilometers extra afgelegd worden door de ronde in Genk toe te voegen. In dit geval blijft nog steeds de toevoeging van de nieuwe ronde van Genk het beste idee, gecombineerd met de ronde van Limelco.

Tabel 23: Ideeën VBL

Idee	Planning per week	Extra kilometers	Efficiency
Idee 1	1: nieuwe ronde Hoeselt en Bilzen 2: nieuwe ronde Hoeselt en Bilzen + vereniging Hoeselt 3: nieuwe ronde Hoeselt en Bilzen + vereniging Zonhoven 4: nieuwe ronde Hoeselt en Bilzen	126,9 km Per maand	28,37 kg/km
Idee 2	1: nieuwe ronde Genk 2: nieuwe ronde Genk + vereniging Hoeselt 3: nieuwe ronde Genk + vereniging Zonhoven 4: nieuwe ronde Genk	109,3 km Per maand	21,96 kg/km
Idee 3a	1: nieuwe ronde Genk + Limelco, Nikita 2: nieuwe ronde Genk + Limelco, Nikita 3: nieuwe ronde Genk + Limelco, Nikita 4: nieuwe ronde Genk + Limelco, Nikita	40,4 km Per maand	59,41 kg/km
Idee 3b	1: nieuwe ronde Genk + Limelco, Alvo Zonhoven 2: nieuwe ronde Genk + Limelco, Alvo Zonhoven 3: nieuwe ronde Genk + Limelco, Alvo Zonhoven 4: nieuwe ronde Genk + Limelco, Alvo Zonhoven	48,4 km Per maand	49,59 kg/km
Idee 4	1: nieuwe ronde Hoeselt en Bilzen + vereniging Bilzen 2: nieuwe ronde Hoeselt en Bilzen + vereniging Hoeselt 3: nieuwe ronde Hoeselt en Bilzen 4: nieuwe ronde Hoeselt en Bilzen	108,4 km Per maand	33,21 kg/km
Idee 5	1: nieuwe ronde Genk 2: nieuwe ronde Genk + vereniging Genk 3: nieuwe ronde Genk + vereniging Zonhoven 4: nieuwe ronde Genk	109,3 km Per maand	27,02 kg/km

Als de nieuwe ronde in Genk niet uitgevoerd kan worden, maar de nieuwe rond in Hoeselt en Bilzen wel, is het beste idee om deze ronde te combineren met de verenigingen in Bilzen en Hoeselt. Alle ideeën in deze tabel presteren ook beter dan het toevoegen van de nieuwe rondes zonder deze te combineren.

Voor alle ideeën werd ook gecontroleerd of de tijdsbeperking ingehouden kan worden. Elke ronde duurt maximaal 3 uur en 24 minuten. Dat wil zeggen dat indien de vrachtwagen om 7u30 vertrekt, hij weer terug zal zijn voor 11u00. De rondes zullen dus zelfs op tijd terug zijn voor de pauze.

Deze tabel werd berekend vergeleken met de huidige rittenplanning van de VBL (behalve idee 3a, dat berekend werd ten opzichte van de rittenplanning na clusteranalyse). Als in de rittenplanning veranderingen worden doorgevoerd, zal dit ook een impact kunnen hebben op het aantal extra kilometers die afgelegd zullen kunnen worden. Het kan ook mogelijk zijn om de nieuwe rondes te combineren met combinaties van verenigingen of met combinaties van andere supermarkten. Hoe meer efficiënt gecombineerd kan worden, hoe minder kilometers afgelegd moeten worden.

Voor de toekomst zal het belangrijk zijn om te achterhalen hoeveel kilogram per winkel in de realiteit gemiddeld afgehaald zal kunnen worden. Dit zal een impact hebben op de efficiency en de keuze kunnen veranderen.

4.4 Rittenplanning zonder Alvo Peer

De supermarkt Alvo in Peer wordt enkel in de tweede week van elke maand bezocht. In alle andere weken wordt in deze supermarkt geen ophaling gedaan. In de huidige planning wordt in de weken dat Alvo Peer niet bezocht wordt, de supermarkt Alvo te Pelt bezocht in de eerste ronde (ook op donderdag) samen met de winkels van Colruyt. Op donderdag wordt dan geen tweede ronde gemaakt. Dit zorgt voor een totaal aantal van 617,5 afgelegde kilometers per week.

Deze rittenplanning is enkel verschillend op donderdag. Op donderdag worden er 102 km afgelegd als Alvo Peer niet bezocht wordt. De volgorde van de ronde op donderdag kan best aangepast worden naar Colruyt Zonhoven, Colruyt Hechtel, Alvo Pelt, Colruyt Helchteren en Colruyt Hasselt. In de voorgestelde volgorde worden maar 89,5 km afgelegd voor deze ronde. Dit zijn 12,7 km minder. Op de andere dagen kunnen onder de huidige beperkingen dezelfde veranderingen doorgevoerd worden als besproken in sectie 4.2 (zoals in tabel 12). Tabel 24 geeft de voorgestelde rittenplanning weer voor een week zonder Alvo Peer onder de huidige beperkingen. Met deze rittenplanning worden 574,8 km afgelegd in een week zonder Alvo Peer. Dit is 42,7 km (7%) minder dan in de huidige planning.

Tabel 24: Voorgestelde rittenplanning zonder Alvo Peer onder huidige beperkingen

Ronde	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag
1	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Alvo (Pelt) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)
2	Limelco (Zonhoven) Alvo (Zonhoven)	Nikita (Herk de Stad) Okay (Alken) Alvo (Kortesseem)			Carrefour (Beringen)	

Op donderdag wordt dus alles al in één ronde uitgevoerd. Meer verbeteringen zijn dan niet meer mogelijk op een donderdag zonder supermarkten met verenigingen te combineren. Alle andere voorgestelde verbeteringen voor de andere dagen in sectie 4.3.1 zijn wel nog mogelijk en zullen voor dezelfde resultaten zorgen als weergegeven in die sectie (tabel 13, 14 en 15).

De rittenplanning met de verenigingen werd in sectie 4.3.2 en 4.3.3 al besproken per maand en niet per week. Hierdoor werd in deze secties dus al rekening gehouden met het feit dat Alvo Peer enkel in één week bezocht wordt.

4.5 Conclusie verbetervoorstellen rittenplanning

Hoofdstuk vier richtte zich op de derde deelvraag: “Hoe kan de rittenplanning van de VBL verbeterd worden?”. Om een antwoord op deze vraag te kunnen bieden, werd eerst berekend hoeveel kilometers in de huidige rittenplanning afgelegd worden. Deze hoeveelheid aan kilometers kon dan vergeleken worden bij veranderingen om te kunnen controleren of deze tot verbeteringen leiden.

De huidige (vaste) rittenplanning zorgt ervoor dat voor de ophalingen wekelijks 653 km afgelegd worden op een week dat Alvo Peer wel bezocht wordt (zie tabel 9) en 617,5 km als Alvo Peer niet bezocht wordt. Voor de leveringen legt de grote wagen momenteel 574,2 km per maand af. Dit komt neer op ongeveer 3079,7 km per maand en een kost van ongeveer €1070 (€790 ophalingen en €280 leveringen) aan brandstof per maand (berekend met: verbruik van de grote vrachtwagen is ongeveer 25 liter per 100km, kleine vrachtwagen: 15 liter per 100 km, dieselprijs: 1,869 euro per liter en Ad Blue: 6% van de dieselkosten (AdBlue® Voor Bedrijfswagens | Yara België, 2018)). De brandstofkosten voor de leveringen worden wel terugbetaald door de verenigingen (onkostenvergoeding).

Tabel 9: Huidige rittenplanning

Ronde	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag
1	Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Hechtel) Alvo (Peer) Alvo (Pelt) Colruyt (Helchteren)	Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hasselt)
2	Limelco (Zonhoven) Nikita (Herck de Stad)	Carrefour (Beringen)		Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hasselt)		
3		Okay (Alken) Alvo (Kortesseem) Alvo (Zonhoven)				

Onder de huidige beperkingen zijn verbeteringen mogelijk als de volgorde van de supermarkten van Colruyt veranderd wordt (aangeduid in paars) en drie locaties verplaatst worden (aangeduid in blauw) zoals te zien in tabel 12. Per week kan zo een verbetering van 93,5 km behaald worden. Dit zijn 374 minder afgelegde kilometers per maand of een besparing van ongeveer €130 per maand.

Tabel 12: Voorgestelde rittenplanning na clusteranalyse

Ronde	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag
1	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Hechtel) Alvo (Peer) Alvo (Pelt) Colruyt (Helchteren)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)
2	Limelco (Zonhoven) Alvo (Zonhoven)	Nikita (Herck de Stad) Okay (Alken) Alvo (Kortesseem)		Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hasselt)	Carrefour (Beringen)	
	-40,7 km	-68,7 km	-12,7 km	/	+41,3 km	-12,7 km

Tabel 25: Mogelijke verbeteringen per dag met opgehoften beperkingen

Op maandag wordt de grote vrachtwagen al gebruikt en zijn alle verbeteringen mogelijk onder de tijdsvensters en de capaciteitsbeperking. De planning wordt op maandag aangeraden zoals in tabel 15. Als niet overgestapt kan worden op de grote vrachtwagen, kan enkel de verbetering op donderdag uit tabel 14 nog behaald worden. Als de grote vrachtwagen op één of meerdere dagen buiten maandag gebruikt kan worden zal de voorkeur gaan naar vrijdag, dan donderdag en dan dinsdag. Als alle verbeteringen uitgevoerd kunnen worden zullen maandelijks 1740,3 km afgelegd worden (239,4 km minder dan in de voorgestelde rittenplanning van tabel 12). Dit komt overeen met een brandstofkost van €760 per maand. Dit is een besparing van ongeveer €30 per maand ten opzichte van de huidige planning. Dit getal ligt lager dan de besparing in euro door de verbeteringen in tabel 12 doordat de grote vrachtwagen meer brandstof verbruikt dan de kleine vrachtwagen. Financieel gezien is het dus interessanter om de verbeteringen te volgen zoals in tabel 12, maar de verbeteringen in tabel 25 zorgen ervoor dat minder tijd nodig is voor de ophalingen. Er zal dus afgewogen moeten worden of tijd of geld waardevoller is.

Kaart 5: Supermarktclusters en verenigingen



De grootste verbeteringen (met de huidige capaciteit van twaalf paletten) konden gevonden worden met onderstaande combinaties. Alle andere mogelijke combinaties onder de huidige capaciteitsbeperkingen kunnen gevonden worden in bijlage 5. Alle rondes voldoen aan de tijdsvensters (om 13u terug bij de VBL zijn), behalve de ronde die oranje aangeduid werd. In deze ronde duurt 1 uur en 49 minuten langer. In totaal kan een verbetering van 404,7 kilometer per maand behaald worden ten opzichte van de rittenplanning na clusteranalyse (tabel 12) door deze combinaties te gebruiken. In de realiteit zal wel onderhandeld moeten worden met de verenigingen en supermarkten om te kijken of dit ook echt mogelijk is.

Tabel 26: Mogelijke verbeteringen per cluster met combinaties van ophalingen en leveringen

Cluster	Voorgestelde rondes	Verbetering
Blauwe cluster	- Alvo Kortessem, Okay Alken - Bilzen, Hoeselt, Alvo Kortessem, Okay Alken - Tongeren, Alvo Kortessem, Okay Alken (2x)	62,3 km/maand
Groene cluster	- Limelco, Alvo Zonhoven - Zonhoven, Alvo Zonhoven, Limelco, Alvo Zonhoven - Genk, As, Alvo Zonhoven, Limelco - Genk, Maasmechelen, Alvo Zonhoven, Limelco	164,1 km/maand
Rode cluster	- Colruyt Hechtel, Alvo Peer, Alvo Pelt, Colruyt Helchteren - Colruyt Hasselt, Colruyt Zonhoven - Colruyt Zonhoven, Colruyt Hechtel, Alvo Pelt, Colruyt Helchteren, Colruyt Hasselt - Lommel, Alvo Pelt, Colruyt Hechtel, Colruyt Helchteren, Colruyt Zonhoven, Colruyt Hasselt - Pelt, Hamont, Alvo Pelt, Colruyt Hechtel, Colruyt Helchteren, Colruyt Zonhoven, Colruyt Hasselt	178,3 km/maand

Ook bij deze verbeteringen zullen nu locaties met de grote vrachtwagen bezocht worden die anders met de kleine vrachtwagen bezocht werden. Door het grotere verbruik aan brandstof bij de grote vrachtwagen, kan dit ervoor zorgen dat de kosten niet of slechts een beetje dalen. Bij de blauwe cluster dalen de geschatte brandstofkosten met €18,49 per maand, bij de groene cluster met €44,43 per maand en bij de rode cluster €52,85 (ten opzichte van de voorgestelde planning in tabel 12).

De onkosten (dus ook de brandstofkosten) van de leveringen worden terugbetaald door de verenigingen. Bij combinaties wordt het moeilijker om te bepalen welke vereniging exact welke kost veroorzaakt. Een mogelijkheid is om te kijken wanneer alle verenigingen (in de ronde) afzonderlijk bezocht worden te berekenen hoeveel kilometers er in totaal gereden kunnen worden. Daarna kan berekend worden hoeveel kilometers er naar elke vereniging gereden moet worden en hoeveel procent dit is van de totale hoeveelheid aan kilometers. Deze percentages kunnen dan gebruikt worden om te berekenen hoeveel procent van de kosten van de gecombineerde routes voor welke vereniging is. Als de kosten voor de verenigingen lager worden bij combinaties, kan het dat de verenigingen meer bereid zijn tot veranderingen.

5. Discussie en conclusie

Dit onderzoek begon met een literatuurstudie naar rittenplanning bij voedselbanken. Alle beschikbare artikels over dit onderwerp werden gelezen en verwerkt. Daarnaast werd ook een gevalstudie gedaan bij de Voedselbank Limburg (VBL) om de huidige transportprocessen in kaart te brengen en te onderzoeken of verbeteringen mogelijk zijn.

De onderzoeksvraag van deze masterproef luidt: "Hoe kan de rittenplanning van de Voedselbank Limburg (VBL) verbeterd worden?". Deze onderzoeksvraag werd beantwoord met behulp van volgende drie deelvragen.

1. Welke modellen bestaan al in de wetenschappelijke literatuur om de rittenplanning te optimaliseren in de context van een voedselbank?

Deze deelvraag werd beantwoord in hoofdstuk 2. In de literatuur bestaan al verschillende modellen om de rittenplanning te optimaliseren. Deze modellen zijn allemaal uitbreidingen op een standaard *vehicle routing problem* (VRP). Tabel 5 geeft alle modellen weer die teruggevonden werden in de literatuur met de bijhorende uitbreidingen op een standaard VRP. Er valt op dat vaak gebruik gemaakt werd van *backhauls*, doordat bij voedselbanken niet enkel voeding geleverd moet worden, maar ook voeding opgehaald wordt. Ook werd de rittenplanning vaak gecombineerd met de allocatie van voeding aan verenigingen.

Tabel 5: Overzicht van de verschillende modellen

Model	Tijds-vensters	Periodi-citeit	Multi-vehicle	Multi-Depot	Back-hauls	Bezoeken opsplitsen	Allocatie voeding	Uitbrei-ding	Optimali-satie van	Bronnen
PVRP								VRP	Kosten	(Davis et al., 2014)
VRPB								VRP	Kosten	(Davis et al., 2014)
CVRP								VRP	Kosten	(Alhindi et al., 2022; Arenas et al., 2017; Schneider & Nurre, 2019)
VRPTW								VRP	Kosten	(Alhindi et al., 2022; Arenas et al., 2017; Schneider & Nurre, 2019)
VRPMTW								VRP	Kosten	(Alhindi et al., 2022; Arenas et al., 2017; Schneider & Nurre, 2019)
MDVRP								VRP	Kosten	(Dubey & Tanksale, 2023)
VRP-SP-SD								VRP	Kosten	(Dubey & Tanksale, 2023)
H-PDSP								PDP	Efficiency en Equity	(Eisenhandler & Tzur, 2018, 2019a)
H-GDSP								PDP	Efficiency	(Eisenhandler & Tzur, 2019b, 2022)
SRAPDU								RAP	Filling rate	(Alkaabneh et al., 2023)
SRA								RAP	Equity	(Balcik et al., 2014; Lien et al., 2014)
MSRA								RAP	Equity	(Balcik et al., 2014; Lien et al., 2014)
Supply Chain								Supply Chain	Duurzaamheid	(Kaviyani-Charati et al., 2022; Martins et al., 2019; Melo et al., 2016)
VRDAP								Pickup Locaties	Kosten	(Ghoniem et al., 2013; Reihaneh & Ghoniem, 2018)

2. Hoe gebeurt de ophaling en levering van voeding momenteel bij de VBL en hoe wordt dit gepland?

Deze onderzoeksvraag werd beantwoord in hoofdstuk 3. Het transportproces begint elke dag om 7u30 bij de VBL in het industrieterrein Ekkelgaarden in Hasselt (het depot). Per dag worden er meerdere rondes uitgevoerd en elke ronde vertrekt en begint bij het depot. De VBL heeft twee vrachtwagens met een capaciteit van 1400kg/ 7 paletten en 4000kg/ 12 paletten. Sommige supermarkten of bedrijven worden elke dag bezocht voor ophalingen, andere wekelijks of maandelijks. Verenigingen worden maandelijks bezocht voor leveringen. De lading die de vrachtwagen zal ophalen bij supermarkten/bedrijven is niet op voorhand gekend en ook de lading die geleverd wordt aan verenigingen is variabel. De vrachtwagens moeten tussen 10u00 en 11u00 een eerste keer terugkeren naar de VBL en het zou wenselijk zijn dat de chauffeurs elke dag ten laatste tegen 13u00 kunnen stoppen. Ophalingen bij supermarkten van Colruyt dienen zo vroeg mogelijk te gebeuren. De allocatie van voeding wordt niet meegenomen in de rittenplanning, maar wordt via een ander computerprogramma (FoodIt) geregeld. De context van de VBL is dus niet gelijk aan de context van andere voedselbanken uit de literatuur. Tabel 8 geeft de beperkingen weer die wel of niet van toepassing zijn op de context van de VBL.

Tabel 8: Overzicht beperkingen

Beperking	Van Toepassing	Niet van Toepassing
Capaciteit	X	
Periodiciteit	X	
Backhauls	X	
Multi-trip	X	
Multi-depot		X
Multi-Vehicle	X	
Split pickup and delivery		X
Onzekerheid lading	X	
Tijdsvensters vrachtwagen	soft	
Tijdsvensters locaties	soft	
Tijdsvensters depot	soft	
Multiple Time Windows		X
Leveringslocaties		X
Allocatie voeding		X

3. Hoe kan de rittenplanning van de VBL verbeterd worden?

De huidige (vaste) rittenplanning zorgt ervoor dat voor de ophalingen wekelijks 653 km afgelegd worden op een week dat Alvo Peer wel bezocht wordt en 617,5 km als Alvo Peer niet bezocht wordt. Voor de leveringen legt de grote wagen momenteel 574,2 km per maand af. Dit komt neer op ongeveer 3079,7 km per maand en een kost van ongeveer €1070 (€790 ophalingen en €280 leveringen) aan brandstof per maand.

Onder de huidige beperkingen zijn verbeteringen mogelijk als de volgorde van de supermarkten van Colruyt veranderd wordt en drie locaties verplaatst worden zoals te zien in tabel 12. Per week kan zo een verbetering van 93,5 km behaald worden. Dit zijn 374 minder afgelegde kilometers per maand of een besparing van ongeveer €130 per maand.

Tabel 12: Voorgestelde rittenplanning na clusteranalyse

Ronde	Maandag	Dinsdag	Woensdag	Donderdag	Vrijdag	Zaterdag
1	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Hechtel) Alvo (Peer) Alvo (Pelt) Colruyt (Helchteren)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)	Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hechtel) Colruyt (Helchteren) Colruyt (Hasselt)
2	Limelco (Zonhoven) Alvo (Zonhoven)	Nikita (Herk de Stad) Okay (Alken) Alvo (Kortesseem)		Colruyt (Zonhoven) Colruyt (Hasselt)	Carrefour (Beringen)	
	-40,7 km	-68,7 km	-12,7 km	/	+41,3 km	-12,7 km

Als beperkingen worden versoepeld voor de ophalingen, kunnen nog verbeteringen gevonden worden op het aantal afgelegde kilometers (tot wel 239,4 km per maand minder dan bij de voorgestelde rittenplanning in tabel 12). Om deze verbeteringen te kunnen halen, zullen bijna altijd verenigingen die eerst door de kleine vrachtwagen bezocht werden, nu door de grote vrachtwagen bezocht moeten worden. De grote vrachtwagen heeft een groter verbruik aan brandstof dan de kleine vrachtwagen, waardoor dit duurder wordt dan de rittenplanning in tabel 12. Puur financieel gezien is de rittenplanning in tabel 12 dus beter.

De rittenplanning uit tabel 12 kan wel nog verbeterd worden door de ophalingen en de leveringen te combineren. Tabel 26 geeft weer welke combinaties voor de meeste verbeteringen zorgen. Deze voorgestelde rittenplanning geeft een totale besparing van 404,7 km per maand ten opzichte van de voorgestelde rittenplanning in tabel 12. De totale brandstofkosten zullen dalen met 115,77 euro per maand. De verenigingen betalen hun brandstofkosten. Deze daling zal dus deels voor de kosten van de VBL zijn en deels voor de kosten van de verenigingen. Verenigingen moeten wel akkoord gaan met de veranderingen. Deze daling in de kosten kan ervoor zorgen dat verenigingen bereid zijn om deze verandering door te voeren.

Tabel 26: Mogelijke verbeteringen per cluster met combinaties van ophalingen en leveringen

Cluster	Voorgestelde rondes	Verbetering
Blauwe cluster	- Alvo Kortesseem, Okay Alken - Bilzen, Hoeselt, Alvo Kortesseem, Okay Alken - Tongeren, Alvo Kortesseem, Okay Alken (2x)	62,3 km/maand
Groene cluster	- Limelco, Alvo Zonhoven - Zonhoven, Alvo Zonhoven, Limelco, Alvo Zonhoven - Genk, As, Alvo Zonhoven, Limelco - Genk, Maasmechelen, Alvo Zonhoven, Limelco	164,1 km/maand
Rode cluster	- Colruyt Hechtel, Alvo Peer, Alvo Pelt, Colruyt Helchteren - Colruyt Hasselt, Colruyt Zonhoven - Colruyt Zonhoven, Colruyt Hechtel, Alvo Pelt, Colruyt Helchteren, Colruyt Hasselt - Lommel, Alvo Pelt, Colruyt Hechtel, Colruyt Helchteren, Colruyt Zonhoven, Colruyt Hasselt - Pelt, Hamont, Alvo Pelt, Colruyt Hechtel, Colruyt Helchteren, Colruyt Zonhoven, Colruyt Hasselt	178,3 km/maand

In de literatuurstudie werd geen onderzoek over rittenplanning bij voedselbanken in België gevonden. Dit onderzoek voegt dus waarde toe aan de wetenschappelijke literatuur omdat dit onderzoek over rittenplanning bij voedselbanken gevoerd werd in België. Er viel op dat de context van voedselbanken in België anders is dan de context van voedselbanken in andere landen. In de literatuur werden vaak complexe modellen opgesteld, maar deze lijken niet bruikbaar voor de context van de VBL in België. De VBL werkt uitsluitend met vrijwilligers waardoor het belangrijk is dat modellen duidelijk, eenvoudig en niet te complex zijn, zodat deze ook gebruikt kunnen worden door mensen die geen wiskundige of economische achtergrond hebben. Dit onderzoek gaf geen model als einduitkomst, maar enkel aanbevelingen voor verbeteringen bij de rittenplanning met de huidige locaties. De eindoplossingen zijn dus niet optimaal, maar verbeteren wel de huidige oplossing. In toekomstig onderzoek kan een eenvoudig model opgesteld worden om een optimale oplossing te kunnen vinden, ook als locaties in de toekomst zullen veranderen.

Dit onderzoek voegt waarde toe aan de praktijk. Als de VBL de voorgestelde verbeteringen toepast, kunnen kosten en tijd bespaard worden en zullen de transportprocessen efficiënter kunnen verlopen. De VBL kan zo in toekomst meer voeding ophalen en verdelen zodat meer mensen die in armoede leven, geholpen kunnen worden. In toekomstig onderzoek zal nog bepaald moeten worden hoe groot deze verbeteringen in de realiteit exact zijn doordat in dit onderzoek geschatte waardes en gemiddeldes gebruikt werden.

Het gebruik van gemiddelde waardes en schattingen voor de gewichten en tijden is de grootste beperking van deze masterproef. De gewichten en tijden variëren namelijk en dit kan ervoor zorgen dat sommige verbeteringen niet mogelijk zijn op bepaalde dagen of dat op andere dagen zelfs meer verbeteringen mogelijk zijn. Momenteel zijn geen gegevens over een langere periode beschikbaar over de exacte hoeveelheden die elke dag opgehaald worden. In toekomstig onderzoek kunnen deze gegevens verzameld worden en kan gecontroleerd worden of de gemiddelde waardes correct zijn en wat de variatie hierop is. Daarmee kunnen scenario's opgesteld worden waarin beschreven kan worden welke verbeteringen in welk scenario mogelijk zijn.

De reistijden werden geschat op basis van het aantal afgelegde kilometers tussen de locaties (zie bijlage 3 voor de exacte formule). De afgelegde kilometers werden bepaald met behulp van de snelste route die Google Maps aangaf. Als er veel verkeer is of straten afgesloten zijn, kan Google Maps andere routes tonen als snelste route en kan de afstand afwijken. Ook de reistijden kunnen afwijken, Google Maps geeft hiervoor steeds een interval indien voor een toekomstig tijdstip de reistijd opgevraagd wordt. De gebruikte reistijden vielen steeds in dit interval, maar sommige tijden waren eerder optimistisch geschat en andere eerder pessimistisch. In de realiteit zullen de tijden dus ook afwijken, zeker als het verkeer 's ochtends wat drukker is. Het zal dus in de realiteit nog eens getest moeten worden of de tijdsvensters ook echt gehaald zullen worden.

Een andere beperking voor dit onderzoek is, dat de voorgestelde rittenplanning enkel op korte termijn gebruikt zal kunnen worden. Op lange termijn zullen er veranderingen zijn in de supermarkten. In het jaar dat deze masterproef geschreven werd, is bijvoorbeeld één bedrijf weggefallen uit de vaste rittenplanning, een supermarkt verhuisd en een vereniging erbij gekomen aan die voeding geleverd wordt. Deze veranderingen zijn natuurlijk meegenomen in het onderzoek, maar toekomstige veranderingen zullen dus de rittenplanning weer veranderen. Bij elke verandering zal de VBL dus weer moeten kijken hoe deze optimaal in de rittenplanning toegevoegd kan worden. In toekomstig onderzoek kan een model opgesteld worden waarin deze veranderingen ingevuld kunnen worden en dan optimale oplossingen gezocht worden.

De VBL heeft ook ophalingen op aanvraag. Deze worden spontaan ingepland en gecombineerd met vast ingeplande ritten. Als de vast ingeplande ritten veranderen, is het mogelijk dat bepaalde combinaties met ophalingen op aanvraag niet of in verminderde mate mogelijk zijn. Dit kan ervoor zorgen dat de berekende verbeteringen dan minder groot zijn dan ze nu in dit onderzoek lijken, maar omgekeerd is ook mogelijk. Het is ook mogelijk dat met de nieuwe rittenplanning betere combinaties mogelijk zijn met de ophalingen op aanvraag. In toekomstig onderzoek kan onderzocht worden hoe vaak deze ophalingen op aanvraag voorkomen en welke combinaties mogelijk zijn. Ook kan een (eenvoudige) tool ontwikkeld worden waarmee de VBL kan berekenen hoe de vaste rittenplanning elke week aangepast kan worden zodat de ophalingen op aanvraag optimaal geïntegreerd kunnen worden.

6. Bibliografie

6.1 Onlinebronnen, presentaties, afbeeldingen en rapporten

AdBlue® voor bedrijfswagens | Yara België. (2018, 13 juni). Yara. <https://www.yara.be/chemische-en-milieuoplossingen/adblue-voor-dieselvoertuigen/adblue-voor-bedrijfswagens/#:~:text=Algemeen%20gesproken%20moet%20u%20een,km%20gereden%20op%20de%20weg>

Buckinx, B. (2023). [De kleine vrachtwagen (links) en de grote vrachtwagen (rechts) voor de VBL]. BFVB | Ik zoek hulp. (n.d.). Foodbanks. Retrieved September 26, 2023, from <https://foodbanks.be/nl/zoek-hulp>

BFVB | Over de Voedselbanken. (n.d.). Foodbanks. Retrieved September 26, 2023, from <https://foodbanks.be/nl/over-ons>

Liudmyla, S. (2019). *Voedselverlies en consumenten- gedrag bij Vlaamse huishoudens*.

Risico op armoede of sociale uitsluiting | Statbel. (2023, February 16). <https://statbel.fgov.be/nl/themas/huishoudens/armoede-en-levensomstandigheden/risico-op-armoede-sociale-uitsluiting>

Wat wij doen – Voedselbank Limburg. (n.d.). Retrieved September 26, 2023, from <https://voedselbanklimburg.be/wat-wij-doen/>

6.2 Wetenschappelijke bronnen en wetenschappelijke boeken

Alhindi, A., Alsaidi, A., Alasmary, W., & Alsabaan, M. (2020). Vehicle Routing Optimization for Surplus Food in Nonprofit Organizations. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(3). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110384>

Alhindi, A., Alsaidi, A., & Munshi, A. (2022). Vehicle Routing Optimization for Non-Profit Organization Systems. *Information*, 13(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/info13080374>

Alkaabneh, F., Shehadeh, K. S., & Diabat, A. (2023). Routing and resource allocation in non-profit settings with equity and efficiency measures under demand uncertainty. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 149, 104023. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2023.104023>

Arenas, I., Gutierrez, A., Armando, C., Solano, L., & Rocha Medina, L. (2017). *CVRPTW model applied to the collection of food donations*.

- Balcik, B., Iravani, S., & Smilowitz, K. (2014). Multi-vehicle sequential resource allocation for a nonprofit distribution system. *IIE Transactions*, 46(12), 1279–1297. <https://doi.org/10.1080/0740817X.2013.876240>
- Behl, A., & Dutta, P. (2019). Humanitarian supply chain management: A thematic literature review and future directions of research. *Annals of Operations Research*, 283(1), 1001–1044. <https://doi.org/10.1007/s10479-018-2806-2>
- Besiou, M., & Van Wassenhove, L. N. (2020). Humanitarian Operations: A World of Opportunity for Relevant and Impactful Research. *Manufacturing & Service Operations Management*, 22(1), 135–145. <https://doi.org/10.1287/msom.2019.0799>
- Cardinaels, J. (2023). *Beschrijving en optimalisatie van de bedrijfsprocessen van Voedselbank Limburg*. <https://documentserver.uhasselt.be//handle/1942/41126>
- Davis, L. B., Sengul, I., Ivy, J. S., Brock, L. G., & Miles, L. (2014). Scheduling food bank collections and deliveries to ensure food safety and improve access. *Socio-Economic Planning Sciences*, 48(3), 175–188. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2014.04.001>
- Dubey, N., & Tanksale, A. (2023). A multi-depot vehicle routing problem with time windows, split pickup and split delivery for surplus food recovery and redistribution. *Expert Systems with Applications*, 232, 120807. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120807>
- Eisenhandler, O., & Tzur, M. (2018). The Humanitarian Pickup and Distribution Problem. *Operations Research*, 67(1), 10–32. <https://doi.org/10.1287/opre.2018.1751>
- Eisenhandler, O., & Tzur, M. (2019a). A Segment-Based Formulation and a Matheuristic for the Humanitarian Pickup and Distribution Problem. *Transportation Science*, 53(5), 1389–1408. <https://doi.org/10.1287/trsc.2019.0916>
- Eisenhandler, O., & Tzur, M. (2019b). *The Multi-Period Humanitarian Gleaning and Distribution Problem*.
- Eisenhandler, O., & Tzur, M. (2022). Multi-period collection and distribution problems and their application to humanitarian gleaning operations. *IIE Transactions*, 54(8), 785–802. <https://doi.org/10.1080/24725854.2021.1998937>
- Ghoniem, A., Scherrer, C. R., & Solak, S. (2013). A specialized column generation approach for a vehicle routing problem with demand allocation. *Journal of the Operational Research Society*, 64(1), 114–124. <https://doi.org/10.1057/jors.2012.32>
- Gunes, C., van Hoes, W.-J., & Tayur, S. (2010). Vehicle Routing for Food Rescue Programs: A Comparison of Different Approaches. In A. Lodi, M. Milano, & P. Toth (Eds.), *Integration of AI*

- and OR Techniques in Constraint Programming for Combinatorial Optimization Problems (pp. 176–180). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-13520-0_21
- Gutiérrez-Sánchez, A., & Rocha-Medina, L. B. (2022). VRP variants applicable to collecting donations and similar problems: A taxonomic review. *Computers & Industrial Engineering*, 164, 107887. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107887>
- Kaviyani-Charati, M., Ameli, M., Heidarzadeh Souraki, F., & Jabbarzadeh, A. (2022). Sustainable network design for a non-profit food bank supply chain with a heterogeneous fleet under uncertainty. *Computers & Industrial Engineering*, 171, 108442. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108442>
- Lee, D., Sönmez, E., Gómez, M. I., & Fan, X. (2017). Combining two wrongs to make two rights: Mitigating food insecurity and food waste through gleaning operations. *Food Policy*, 68, 40–52. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2016.12.004>
- Lien, R. W., Iravani, S. M. R., & Smilowitz, K. R. (2014). Sequential Resource Allocation for Nonprofit Operations. *Operations Research*, 62(2), 301–317. <https://doi.org/10.1287/opre.2013.1244>
- Mahmoudi, M., Shirzad, K., & Verter, V. (2022). Decision support models for managing food aid supply chains: A systematic literature review. *Socio-Economic Planning Sciences*, 82, 101255. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101255>
- Martins, C. L., Melo, M. T., & Pato, M. V. (2019). Redesigning a food bank supply chain network in a triple bottom line context. *International Journal of Production Economics*, 214, 234–247. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.11.011>
- Melo, T., Martins, C., & Pato, M. (2016). *Redesigning a food bank supply chain network, Part I: Background and mathematical formulation*. Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Saarland Business School.
- Nair, D. J., Rashidi, T. H., & Dixit, V. V. (2017). Estimating surplus food supply for food rescue and delivery operations. *Socio-Economic Planning Sciences*, 57, 73–83. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2016.09.004>
- Reihaneh, M., & Ghoniem, A. (2018). A multi-start optimization-based heuristic for a food bank distribution problem. *Journal of the Operational Research Society*, 69(5), 691–706. <https://doi.org/10.1057/s41274-017-0220-9>
- Rodriguez, J. (2020). Minimizing Food Waste in the Perishable Food Distribution Network-a Review of Optimization Models. *Proceedings of the International Annual Conference of the American*

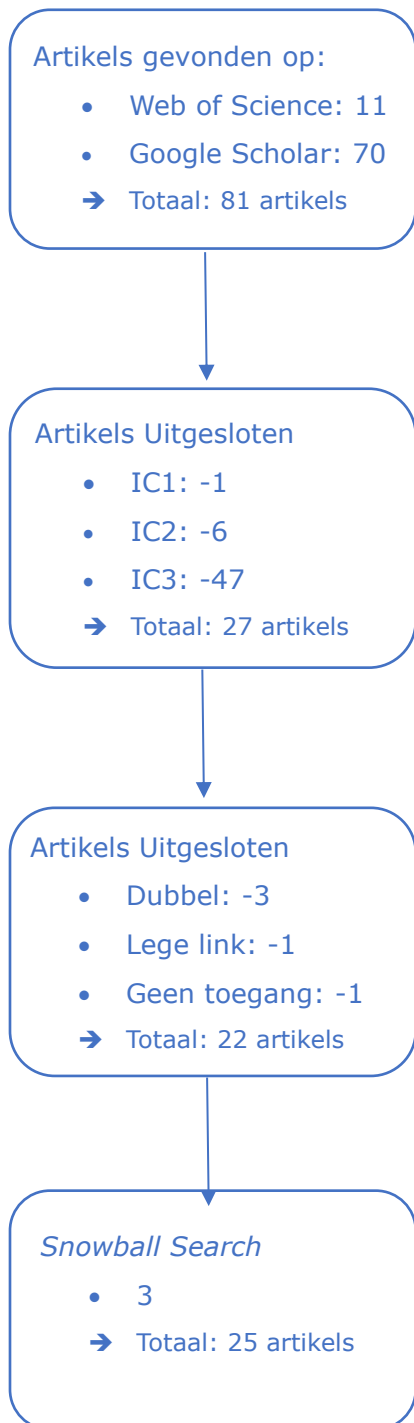
Society for Engineering Management., 1–7.

<https://www.proquest.com/docview/2486552683/abstract/4B85282CD0204010PQ/1>

Schneider, K., & Nurre, S. G. (2019). A multi-criteria vehicle routing approach to improve the compliance audit schedule for food banks. *Omega*, 84, 127–140.

<https://doi.org/10.1016/j.omega.2018.05.002>

Bijlage 1: Prisma Flow Diagram



Bijlage 2a: Adressen Supermarkten/ Bedrijven

Nr.	Locatie	Adres
0	VBL	Ekkelgaarden 6, Hasselt
1	Colruyt Hechtel	Peerderbaan 25, Hechtel-Eksel
2	Colruyt Helchteren	Grote Baan 596, Houthalen-Helchteren
3	Colruyt Zonhoven	Heuveneindeweg 62, Zonhoven
4	Colruyt Hasselt	Hendrik van Veldekesingel 36, Hasselt
5	Limelco (The Dairy Food Group) Zonhoven	Genkerbaan 75, Zonhoven
6	Nikita, Herk de Stad	Industrieweg 1002, Herk de Stad
7	Avieta (Narda), Zonhoven	Industrieweg Zuid 1331, Zonhoven
8	Carrefour Beringen	Lossingstraat 7 Beringen
9	Okay Alken	Stationstraat 67, Alken
10	Alvo Kortesseem	Hasseltsesteenweg 75/77, Kortesseem
11	Alvo Zonhoven	Achter de Hoven 17, Zonhoven
12	Alvo Peer	De Bogaerd 3, Peer
13	Alvo Pelt	Boseind 7, Neerpelt/ Pelt
14a	Terbeke Wommelgem	Antoon van der pluymstraat 1, Wommelgem
14b	Depot Margo	Ginderoverstraat 143, Diepenbeek
14c	Containerpark Hasselt	Crutzenstraat 1, Hasselt
15	Colruyt Genk Hasseltweg	Hasseltweg 216, 3600 Genk
16	Colruyt Genk Vennestraat	Vennestraat 225, 3600 Genk
17	Okay Hoeselt	Hooilingenstraat 1, 3730 Hoeselt
18	Colruyt Bilzen	Maastrichterstraat 18, 3740 Bilzen
19	Okay Bilzen	Nieuwstraat 1, 3740 Bilzen

Bijlage 2b: Adressen Verenigingen

Nummer	Vereniging	Adres
20	As	Dorpstraat 60, As
21	Hoeselt	Herenstraat z//n, Hoeselt
22	Zonhoven	Kievitveldstraat 17, 3520 Zonhoven
23	Genk	Waterbleekstraat 20, 3600 Genk
24	Tongeren	Beukenberg z/n, 3700 Tongeren
25	Bilzen	Hospitaalstraat 15, 3740 Bilzen
26	Maasmechelen	Thomasboslaan 42, 3630 Maasmechelen
27	Lommel	Norbert Neeckxlaan 50, Lommel
28	Pelt	Burgemeester Laenenstraat 7, 3900 Overpelt
29	Hamont	Kloosterstraat 2, Hamont-Achel

Bijlage 3: Tabellen met data van afstanden, tijden en gewichten

1. Afstanden tussen de locaties

Locatie	0	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13		
0	0	41.3	34.8	10.6	4.4	13.6	17.6	27	7	6.1	13.4	43.6	55.4 Hasselt		
1	41.3	0	6.3	18.3	25.7	17.2	34.2	17.2	41.3	44.4	16.4	6.4	16.1 Hechtel		
2	34.8	6.3	0	12.2	19.5	10.9	28	21.2	35	38.1	10.2	11	20.6 Helchterer		
3	10.6	18.3	12.2	0	7.6	3.1	17.8	18	13.9	15	3.4	20.9	32.6 Zonhoven		
4	4.4	25.7	19.5	7.6	0	11.5	13	24	6.3	10	11.4	28.8	40.6 Hasselt		
5	13.6	17.2	10.9	3.1	11.5	0	24.8	25.4	16.4	17.5	1	19.9	31.5 Zonhoven		
6	17.6	34.2	28	17.8	13	24.8	0	21.2	12.9	21.1	23.5	37.8	49.5 Herck de S		
8	27	17.2	21.2	18	24	25.4	21.2	0	27	30.1	22.3	25.5	36.7 Tessender		
9	7	41.3	35	13.9	6.3	16.4	12.9	27	0	7.7	17	44.1	55.8 Alken		
10	6.1	44.4	38.1	15	10	17.5	21.1	30.1	7.7	0	18.2	37.5	59.6 Kortessem		
11	13.4	16.4	10.2	3.4	11.4	1	23.5	22.3	17	18.2	0	21.1	30.8 Maasmech		
12	43.6	6.4	11	20.9	28.8	19.9	37.8	25.5	44.1	37.5	21.1	0	12 Peer		
13	55.4	16.1	20.6	32.6	40.6	31.5	49.5	36.7	55.8	59.6	30.8	12	0 Pelt		
0	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13			
15	12.9	X	X	X	X	7.2	22.1	X	X	X	9.6	X	X Genk Hass		
16	17.7	X	X	X	X	8.8	32.9	X	X	X	15.7	X	X Genk Venn		
17	15.2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X Hoeselt		
18	16.6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X Col Bilzen		
19	16.1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X Okay Bilzer		
20	25.3	X	X	22.5	X	21.3	X	X	X	X	21.1	X	X		
21	14.8	X	X	X	X	X	X	X	16.2	8.5	X	X	X Hoeselt		
22	10.8	X	X	1.4	X	3.1	X	X	X	X	2.5	X	X Zonhoven		
23	20.4	X	X	X	X	18.8	X	X	X	X	18.6	X	X Genk		
24	17.9	X	X	X	X	X	X	X	19.6	11.8	X	X	X Tongeren		
25	10.9	X	X	X	X	X	X	X	16.9	10.1	X	X	X Bilzen		
26	32.6	X	X	X	X	28.6	X	X	X	X	28.4	X	X Maasmech		
27	53	13.7	22.9	35	43	X	X	X	X	X	X	23.3	14.3 Lommel		
28	52.8	13.5	18.1	30.1	38.2	X	X	X	X	X	X	10.8	2.9 Pelt		
29	62.3	24.7	29	41.1	49.1	X	X	X	X	X	X	16.4	8.5 Hamont		
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Hasselt	12.9	17.7	15.2	16.6	16.1	25.3	14.8	10.8	20.4	17.9	10.9	32.6	53	52.8	62.3
Hechtel	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	13.7	13.5	24.7
Helchterer	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	22.9	18.1	29
Zonhoven	X	X	X	X	X	22.5	X	1.4	X	X	X	X	35	30.1	41.1
Hasselt	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	43	38.2	49.1
Zonhoven	7.2	8.8	X	X	X	21.3	X	3.1	18.8	X	X	28.6	X	X	X
Herck de S	22.1	32.9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	0	0	0	0	0	X	X	4.3	18	X	X	27.8	X	X	X
Tessender	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Alken	X	X	X	X	X	X	X	16.2	X	X	19.6	16.9	X	X	X
Kortessem	X	X	X	X	X	X	8.5	X	X	11.8	10.1	X	X	X	X
Maasmech	9.6	15.7	X	X	X	21.1	X	2.5	18.6	X	X	28.4	X	X	X
Peer	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	23.3	10.8	16.4
Pelt	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	14.3	2.9	8.5
	0	0	0	0	0	As	Hoeselt	Zonhoven	Genk	Tongeren	Bilzen	aasmechel	Lommel	Pelt	Hamont
Genk Hass	0	4	X	X	X	X	19	10	7.2	X	11.7	X	X	X	X
Genk Venn	4	0	X	X	X	X	20.1	11.8	5.2	X	11.4	X	X	X	X
Hoeselt	X	X	0	5	4.5	X	4.4	24.5	X	X	6.1	X	X	X	X
Col Bilzen	X	X	5	0	2.2	X	9	24.7	X	X	5.7	X	X	X	X
Okay Bilzer	X	X	4.5	2.2	0	X	7.7	23.9	X	X	3.5	X	X	X	X
	X	X	X	X	X	0	X	22	5.2	X	X	8.3	X	X	X
Hoeselt	19	20.1	4.4	9	7.7	X	0	X	X	7.2	7.2	X	X	X	X
Zonhoven	10	11.8	24.5	24.7	23.9	22	X	0	19.8	X	X	29.6	X	X	X
Genk	7.2	5.2	X	X	X	5.2	X	19.8	0	X	X	13.5	X	X	X
Tongeren	X	X	X	X	X	X	7.2	X	X	0	12.4	X	X	X	X
Bilzen	11.7	11.4	6.1	5.7	3.5	X	7.2	X	X	12.4	0	X	X	X	X
Maasmech	X	X	X	X	X	8.3	X	29.6	13.5	X	X	0	X	X	X
Lommel	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	7.3	18.3
Pelt	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	7.3	0	11.1
Hamont	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	18.3	11.1	0

De afstanden werden berekend met hulp van Google maps. Er werd steeds gekozen voor het aantal kilometers dat Google maps aangaf bij de snelste route. Bij de verenigingen en de bijkomende supermarkten uit de scenario's, werden enkel de afstanden in de tabel gezet, die ook echt gebruikt werden bij berekeningen in dit onderzoek.

2. Reistijden

Minuten																															
Locatie	0	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	van	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	##	29		
	0	0	35	30	21	9	27	21	23	14	12	27	37	47		26	21	18	20	19	22	30	22	24	21	22	28	45	##	53	
	1	35	0	13	22	22	21	29	21	35	38	20	13	19		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	27	##	30	
	2	30	13	0	24	23	22	24	25	30	33	20	22	25		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	27	##	25	
	3	21	22	24	0	15	6	21	22	28	18	7	25	28		##	##	##	##	##	27	##	3	##	##	##	##	30	##	35	
	4	9	22	23	15	0	23	26	29	13	20	23	25	35		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	37	##	42	
	5	27	21	22	6	23	0	30	22	20	21	2	24	27		14	18	##	##	##	26	##	6	23	##	##	25	###	##	###	
	6	21	29	24	21	26	30	0	25	26	25	28	32	42		27	28	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	###	
	8	23	21	25	22	29	22	25	0	23	26	27	22	31		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	###	
	9	14	35	30	28	13	20	26	23	0	15	20	38	48		##	##	##	##	##	##	19	##	##	24	20	###	###	##	###	
	10	12	38	33	18	20	21	25	26	15	0	22	32	51		##	##	##	##	##	##	17	##	##	24	20	###	###	##	###	
	11	27	20	20	7	23	2	28	27	20	22	0	25	26		19	19	##	##	##	25	##	5	22	##	##	24	###	##	###	
	12	37	13	22	25	25	24	32	22	38	32	25	0	24		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	28	##	20	
	13	47	19	25	28	35	27	42	31	48	51	26	24	0		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	29	6	17	
naar	0	2	4	6	8	10	12		16	18	20	22	24	26	0							##	##	##	##	##	##	##	##	###	
	15	26	##	##	##	##	14	27	##	##	##	19	##	##		0	8	##	##	##	##	23	20	14	##	23	###	###	##	###	
	16	21	##	##	##	##	18	28	##	##	##	19	##	##		8	0	##	##	##	##	24	24	10	##	23	###	###	##	###	
	17	18	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##		##	##	0	10	9	##	9	29	##	##	12	###	###	##	###	
	18	20	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##		##	##	10	0	4	##	18	30	##	##	11	###	###	##	###	
	19	19	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##		##	##	9	4	0	##	15	29	##	##	7	###	###	##	###	
	20	22	##	##	27	##	26	##	##	##	##	25	##	##		##	##	##	##	##	0	##	26	10	##	##	17	###	##	###	
	21	30	##	##	##	##	##	##	##	19	17	##	##	##		23	24	9	18	15	##	0	##	##	14	14	###	###	##	###	
	22	22	##	##	3	##	6	##	##	##	##	5	##	##		20	24	29	30	29	26	##	0	24	##	##	25	###	##	###	
	23	24	##	##	##	##	23	##	##	##	##	22	##	##		14	10	##	##	##	10	##	24	0	##	##	27	###	##	###	
	24	21	##	##	##	##	##	##	##	##	24	24	##	##	##	##	##	##	##	##	##	14	##	##	0	25	###	###	##	###	
	25	22	##	##	##	##	##	##	##	##	20	20	##	##	##	23	23	12	11	7	##	14	##	##	25	0	###	###	##	###	
	26	28	##	##	##	##	##	25	##	##	##	24	##	##		##	##	##	##	##	17	##	25	27	##	##	0	###	##	###	
	27	45	27	27	30	37	##	##	##	##	##	##	28	29		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	0	##	22
	28	45	27	22	26	33	##	##	##	##	##	##	22	6		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	15	0	22	
	29	53	30	25	35	42	##	##	##	##	##	##	20	17		##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	##	22	##	0	

Deze tijden werden met deze formule berekend (Kilometers!A1 is steeds de overeenkomstige cel in de tabel met de afstanden tussen de locaties):

```
=ROUND(IF(Kilometers!A1<15,(Kilometers!A1/30)*60,IF(Kilometers!A1<25,Kilometers!A1/50*60,Kilometers!A1/70*60)),0)
```

3. Gemiddelde tijd op locatie

Locatie	Tijd	(minuten)
0	15	
1	10	
2	10	
3	10	
4	10	
5	30	
6	10	
8	30	
9	10	
10	10	
11	10	
12	10	
13	10	

15	10	
16	10	
17	10	
18	10	
19	10	
20	60	
21	60	
22	60	
23	60	
24	60	
25	60	
26	60	
27	60	
28	60	
29	60	

Deze tijden werden geschat door de VBL.

4. Gemiddelde gewichten

Aantal kilogram aan voeding dat wordt afgehaald in supermarkten/ bedrijven:

0	VBL	
1	Colruyt Hechtel	300
2	Colruyt Helchteren	300
3	Colruyt Zonhoven	300
4	Colruyt Hasselt	300
5	Limelco Zonhoven	1886
6	Nikita, Herck de Stad	143
8	Carrefour Beringen	1338
9	Okay Alken	300
10	Alvo Kortesseem	147
11	Alvo Zonhoven	147
12	Alvo Peer	147
13	Alvo Pelt	147

De gemiddelde hoeveelheden van alle ketens werden berekend op basis van jaartotalen, behalve voor de supermarktketen Colruyt. Deze paletten worden door Colruyt zelf gewogen en hiervan zitten geen jaartotalen in het systeem van de VBL. Voor de winkels van Colruyt werd dan een schatting (300 kg) van de VBL gebruikt.

Aantal paletten en diepvriesboxen die worden geleverd aan verenigingen:

	pallets	diepvriesboxen
20 As	5	
21 Hoeselt	5	
22 Zonhoven	5	
23 Genk	15	9
24 Tongeren	15	
25 Bilzen	5	
26 Maasmechelen	5	
27 Lommel	5	
28 Pelt	5	
29 Hamont	5	

Deze getallen zijn ook gebaseerd op schattingen van de VBL.

Bijlage 4: Berekeningen clusteranalyse

C0

	5	6	8	9	10	11	12
6	24.8						
8	25.4	21.2					
9	16.4	12.9	27				
10	17.5	21.1	30.1	7.7			
11	1	23.5	22.3	17	18.2		
12	19.9	37.8	25.5	44.1	37.5	21.1	
13	31.5	49.5	36.7	55.8	59.6	30.8	12

5,11: 2033kg, 12u21

C1

	5,11	6	8	9	10	12
6	23.5					
8	22.3	21.2				
9	16.4	12.9	27			
10	17.5	21.1	30.1	7.7		
12	19.9	37.8	25.5	44.1	37.5	
13	30.8	49.5	36.7	55.8	59.6	12

9,10: 447kg, 11u46

C2

	5,11	6	8	9,10	12
6	23.5				
8	22.3	21.2			
9,10	16.4	12.9	27		
12	19.9	37.8	25.5	37.5	
13	30.8	49.5	36.7	55.8	12

12,13: 294kg, 12u53 → Cluster zit zeer vol (tijd), dus niet meer met meerdere locaties

C3

	5,11	6	8	9,10
6	23.5			
8	22.3	21.2		
9,10	16.4	12.9	27	
12,13	19.9	37.8	25.5	37.5

6,9,10: 590kg, 12u29

C4

	5,11	6,9,10	8
6,9,10	16.4		
8	22.3	21.2	
12,13	19.9	37.5	25.5

5,11,6,9,10: 2476kg, 13u45

8,6,9,10: 1928kg, 13u26

5,11,8: 3371kg, 13u14

8,13,12: 1632kg, 13u30

Bijlage 5: Tabel verbeteringen door combinaties

Combinatie	Besparing		
Hoeselt, Alvo Kortesseem, Okay Alken	12,4 km		
Tongeren, Alvo Kortesseem, Okay Alken	12,2 km		
Bilzen, Alvo Kortesseem, Okay Alken	6,9 km		
Hoeselt, Bilzen, Alvo Kortesseem, Okay Alken	37,9 km		
Bilzen, Hoeselt, Tongeren Alvo Kortesseem, Okay Alken	50,9 km	12,2	63,1
Bilzen, Tongeren, Alvo Kortesseem, Okay Alken	35,6 km		
Hoeselt, Tongeren, Alvo Kortesseem, Okay Alken	44,9 km	35,6	80,5
Genk, Limelco, Alvo Zonhoven	15,2 km		
As, Limelco, Alvo Zonhoven	17,6 km		
Zonhoven, Alvo Zonhoven, Limelco	21,7 km		
Maasmechelen, Alvo Zonhoven, Limelco	17,6 km		
Genk, As, Alvo Zonhoven, Limelco	71,7 km	21,7	164,1
Genk, Maasmechelen, Alvo Zonhoven, Limelco	70,7 km		
Genk, Zonhoven, Alvo Zonhoven, Limelco	46,7 km	17,6	136
Genk, As, Alvo Zonhoven, Limelco	71,7 km		
Genk, Maasmechelen, Alvo Zonhoven, Limelco	70,7 km	17,6	135
Genk, Zonhoven, Alvo Zonhoven, Limelco	46,7 km		
Genk, As, Alvo Zonhoven, Limelco	71,7 km	15,2	136
Maasmechelen, Zonhoven, Alvo Zonhoven, Limelco	49,1 km		
Genk, Zonhoven, Alvo Zonhoven, Limelco	46,7 km	15,2	142,7
As, Maasmechelen, Alvo Zonhoven, Limelco	80,8 km		
Genk, Maasmechelen, Alvo Zonhoven, Limelco	70,7 km	15,2	135,3
As, Zonhoven, Alvo Zonhoven, Limelco	49,4 km		
Genk samen, Alvo Zonhoven, Limelco	56 km		141,1
As, Maasmechelen, Zonhoven, Alvo Zonhoven, Limelco	85,1 km		
As, Genk, Zonhoven, Alvo Zonhoven, Limelco	73,6 km	70,7	144,3
Maasmechelen, Genk, Zonhoven, Alvo Zonhoven, Limelco	72,6 km	71,7	144,3
Maasmechelen, As, Genk, Alvo Zonhoven, Limelco	105,9 km	46,7	151,6
Lommel, Colruyt Hechtel, Alvo Peer, Alvo Pelt, Colruyt Helchteren	80,7 km		
Lommel, Alvo Pelt, Colruyt Hechtel, Colruyt Helchteren, Colruyt Zonhoven, Colruyt Hasselt	81,6 km		

Hamont, Pelt, Colruyt Hechtel, Alvo Peer, Alvo Pelt, Colruyt Helchteren	<i>80,7 km</i>		
Pelt, Hamont, Alvo Pelt, Colruyt Hechtel, Colruyt Helchteren, Colruyt Zonhoven, Colruyt Hasselt	<i>96,7 km</i>		
Hamont, Pelt, Lommel, Colruyt Hechtel, Alvo Peer, Alvo Pelt, Colruyt Helchteren	<i>179,2 km</i>		
Lommel, Pelt, Hamont, Alvo Pelt, Colruyt Hechtel, Colruyt Helchteren, Colruyt Zonhoven, Colruyt Hasselt	<i>195,2 km</i>		