

2016•2017
FACULTEIT BEDRIJFSECONOMISCHE WETENSCHAPPEN
*master in de toegepaste economische wetenschappen:
handelsingenieur*

Masterproef
Optimalisatie van de opslaglocaties in het magazijn van Vink

Promotor :
Prof. dr. Kris BRAEKERS

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

2016•2017

FACULTEIT BEDRIJFSECONOMISCHE
WETENSCHAPPEN

*master in de toegepaste economische wetenschappen:
handelsingenieur*

Masterproef

Optimalisatie van de opslaglocaties in het magazijn van
Vink

Promotor :
Prof. dr. Kris BRAEKERS

Ayaka Ghoos

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

Woord vooraf

Deze masterproef is de afronding van mijn opleiding Handelsingenieur aan de Universiteit Hasselt. In mijn masterjaren heb ik me kunnen ontplooien in de onderwerpen die mij het meest aanspraken door te kiezen voor de afstudeerrichting 'Operationeel Management en Logistiek'. Dit onderzoek heeft me de kans gegeven om mij verder toe te spitsen op wat mij hiervan het meest intrigeert, namelijk magazijnen.

Dit onderzoek is tot stand gekomen dankzij de samenwerking met enkele personen die ik graag zou bedanken. In eerste instantie dank ik mijn promotor Prof. dr. Kris Braekers voor het nalezen van mijn thesis, steeds snel gevolgd door opbouwende feedback, nuttige tips en interessante opmerkingen. Mijn dank gaat ook uit naar het management en de medewerkers van Vink. Ik dank hierbij Eric Muys, General Manager, om in te stemmen met de samenwerking. Danny Vleugels, Logistiek Manager, heeft me uitstekend begeleid in het verder specificeren van mijn onderwerp en de meerwaarde hiervan voor Vink. Hij was altijd geduldig en bereid om mijn vragen te beantwoorden. Pieter Vermunicht, Inventory Controller, wil ik graag bedanken voor zijn gedetailleerde informatie over de huidige processen binnen Vink, zowel bij mijn bezoeken aan Vink als bij het mailverkeer. Tenslotte wil ik Dirk Goris (boekhouding) graag bedanken omdat hij mij de nodige data bezorgd heeft om dit onderzoek mogelijk te maken. Bovendien beantwoordde hij mijn vragen hierover steeds via mail met ongeziene snelheid en een brede glimlach.

In mijn persoonlijke kring bedank ik graag mijn ouders, mijn broers, mijn zus en mijn vriend waarmee ik zowel mijn stressmomenten als mijn hoogtepunten in het verloop van dit onderzoek kon delen.

Ayaka Ghoos
Laakdal, mei 2017

Samenvatting

Door de algemene trend naar meer productvariëteit en het toepassen van het JIT principe is het belang van efficiënte logistieke processen in de supply chain toegenomen. Magazijnen zijn een essentieel onderdeel van een supply chain. Bovendien is door de meer wereldwijd gerichte productie en de geglobaliseerde handel het belang van magazijnen binnen een efficiënte supply chain toegenomen. Hierdoor is optimalisatie van magazijnefficiëntie een belangrijk aspect om competitief te blijven in de markt.

Deze masterproef werd uitgevoerd in samenwerking met Vink in Heist-op-den-Berg. Vink is een distributiecentrum van kunststof halffabrikaten en maakt deel uit van de Vink-groep. Vink vormt een belangrijke schakel tussen kunststofproducenten en -verwerkers. De verkooppunten bieden verschillende soorten halffabrikaten kunststof aan in de vorm van folies, platen, buizen en staven. Dit onderzoek heeft betrekking op het magazijn van industriële platen. Dit magazijn bevat meer dan 700 verschillende types platen. Deze platen verschillen onder andere in type kunststof en afmetingen. Lengtes van de platen variëren van één meter tot vier meter en de breedtes van één meter tot twee meter. De variatie in de voorraad maakt van magazijnmanagement een moeilijk aspect bij Vink. Deze masterproef heeft tot doel de relevante aspecten met betrekking tot het gebruik van opslaglocaties aan te halen die de efficiëntie in het magazijn van Vink kunnen verbeteren.

In hoofdstuk 2 werden strategische, tactische en operationele beslissingen uit de literatuur besproken om optimale magazijnefficiëntie te bekomen. Vijf reeksen van strategische beslissingen werden aangehaald. Deze beslissingen gaan over de algemene structuur, de grootte en de afmetingen van het magazijn en de afdelingen, de nodige uitrusting, de magazijnlay-out en het bepalen van operationele strategieën. Met betrekking tot de tactische en operationele beslissingen die in de literatuur aangehaald worden, blijkt dat de magazijnefficiëntie verhoogt kan worden door de efficiëntie van de vier basisprocessen in het magazijn te verhogen. Deze basisprocessen zijn het ontvangen, opslaan, picken en verzenden van goederen. Dit onderzoek heeft betrekking op het proces van de opslag van goederen. Relevante tactische beslissingen hierbij, ter optimalisatie van de efficiëntie van het opslagproces, zijn het product-allocatieprobleem en het Storage Location Assignment Problem (SLAP). Het product-allocatieprobleem zorgt voor de toewijzing van items aan verschillende functionele afdelingen. Vervolgens kan het SLAP de items effectief toewijzen aan opslaglocaties binnen de afdelingen op basis van het gekozen opslagbeleid.

In hoofdstuk 3 werd eerst de huidige situatie bij Vink besproken. Vervolgens werd de relevantie van de strategische beslissingen uit de literatuur voor Vink geanalyseerd. Deze relevante beslissingen gaan meer specifiek over het bepalen van de verschillende afdelingen, het type opslagbeleid en de opslagmethode. Bij het bepalen van de verschillende afdelingen bleek het forward-reserve probleem een relevant aspect voor Vink. Betreffende het opslagbeleid zijn drie basistypes te onderscheiden: een vaste, een willekeurige en een op klassen gebaseerde opslag.

Omwille van de variatie in afmetingen van platen en opslagrekken bij Vink, is een willekeurige opslag onmogelijk. Met betrekking tot de opslagmethode werd de geschiktheid van blockopslag, opslagrekken en cantilevers vergeleken voor Vink.

In hoofdstuk 4 werd daaropvolgend één van de relevante toepassingen uitgewerkt om de magazijnefficiëntie bij Vink te verhogen. Het forward-reserve probleem werd onderzocht, waarbij de forward area en de reserve area zich in dezelfde opslagrekken bevinden. Deze toepassing werd onderzocht in de huidige opslagrekken van Vink, met een vast opslagbeleid in beide afdelingen. Het bepalen van de afdelingen en het type opslagbeleid zijn strategische beslissingen. Hieruit volgen het product-allocatieprobleem en het SLAP, wat verder uitgewerkt werd in hoofdstuk 4. Hierbij werd onderzocht hoeveel procent van de pickingactiviteit maximaal uit de opslagrekken van het magazijn kan gebeuren, waarbij de volledige bijhorende voorraad in de opslagrekken gestockeerd wordt.

Eerst werd het product-allocatieprobleem uitgewerkt. Hier werd bepaald welke items aan de forward en de reserve area werden toegewezen. Het aantal nodige opslaglocaties per item werd hiervoor berekend. Om de volledige voorraad van 764 items te stockeren met een vast opslagbeleid zijn 1669 opslaglocaties nodig. Aangezien 784 opslaglocaties beschikbaar zijn in het magazijn, moest beslist worden welke items voorrang te geven voor stockage in hal vier. Hiervoor werd een analyse met betrekking tot de populariteit van de items uitgevoerd. De 178 meest populaire items vereisen 784 opslaglocaties en zorgen voor 73.5% van de pickingactiviteit in het magazijn. Deze items werden in de forward area geplaatst met bijhorende stock in de reserve area. Om de items effectief toe te wijzen aan opslaglocaties werd het Storage Location Assignment Problem (SLAP) benaderd.

Het toewijzen van items aan opslaglocaties kan gezien worden als een gemengd geheeltallig programmeringsprobleem. Er werden modellen opgesteld om het SLAP te benaderen voor het forward-reserve probleem met vaste opslaglocaties. Deze modellen werden opgelost met behulp van de software AIMMS. De opgestelde modellen zijn kostenminimalisatiemodellen die items toewijzen aan opslaglocaties. Er werd belang gehecht aan verschillende elementen zoals de pickingefficiëntie, de ruimtebenutting en de afstand tussen picklocaties en bijhorende stocklocaties.

Het SLAP werd benaderd aan de hand van twee methodes, namelijk een sequentiële methode en een geïntegreerde methode. Bij de sequentiële methode werd het eerste model opgesteld om 178 items toe te wijzen aan picklocaties in de forward area. Vervolgens zorgde een tweede model ervoor dat de overige voorraad van de items toegewezen werd aan 606 opslaglocaties in de reserve area. De geïntegreerde methode bestond uit een model dat zowel de picklocaties als de stocklocaties toeweest. De geïntegreerde methode minimaliseert de afstand tussen de picklocaties en bijhorende stocklocaties beter dan de sequentiële methode. Dit is een belangrijk aspect aangezien dit de afstand verkleint om de forward area aan te vullen met items uit de reserve area, waardoor de materiaalbehandelingskosten verminderd worden. Om items toe te wijzen aan een forward en een reserve area wordt daarom de geïntegreerde methode aangeraden.

Inhoudsopgave

Woord vooraf	I
Samenvatting	III
1 Inleiding.....	1
1.1 Probleemstelling	1
1.2 Centrale onderzoeksvraag	3
1.2.1 Deelvraag 1	4
1.2.2 Deelvraag 2	4
1.2.3 Deelvraag 3	4
1.3 Onderzoeksmethoden	4
1.3.1 Deelvraag 1	4
1.3.2 Deelvraag 2	5
1.3.3 Deelvraag 3	5
2 Voorstellen ter optimalisatie magazijnen	7
2.1 Strategische beslissingen	7
2.1.1 Operationele strategieën	10
2.2 Tactische en operationele beslissingen	13
2.2.1 Opslaglocaties	13
3 Relevantie Vink	17
3.1. Activiteiten Vink	17
3.2 Processen Vink	18
3.2.1 Ontvangst platen	18
3.2.2 Opslag	19
3.2.3 Picken	22
3.2.4 Verpakken	23
3.2.5 Verzenden	23
3.3 Relevante voorstellen uit de literatuur	23
3.3.1 Afdelingen	24
3.3.2 Opslagbeleid	25
3.3.3 Opslagmethode	26
3.4 Conclusie relevantie Vink	29

4 Toepassing bij Vink	31
4.1 Analyses opslaglocaties en voorraad.....	32
4.1.1 Vergelijken volume voorraad en beschikbaar volume	32
4.1.2 Vergelijken lengte voorraad en opslagrekken	33
4.1.3 Vergelijken lengte en breedte voorraad en opslagrekken	34
4.1.4 Conclusie analyses opslaglocaties en voorraad	35
4.2 Product-allocatieprobleem in de forward en de reserve area	36
4.2.1 Aantal opslaglocaties nodig	37
4.2.2 Populariteit	38
4.2.3 Conclusie product-allocatieprobleem	41
4.3 SLAP in de forward en de reserve area.....	41
4.3.1 Sequentiële methode SLAP	42
4.3.2 Geïntegreerde methode SLAP.....	49
4.3.3 Vergelijken sequentieel en geïntegreerde methode SLAP	50
4.3.4 Conclusie SLAP.....	52
5 Algemene conclusies en kritische bemerkingen	53
5.1 Algemene conclusies	53
5.2 Kritische bemerkingen en aanbevelingen voor verder onderzoek	56
Lijst van geraadpleegde werken.....	59
Bijlagen	61
Bijlage A: Aantal items met aantal nodige locaties	61
Bijlage B: Fictieve kosten niveaus opslaglocaties en ruimtebenutting	62
Bijlage C: Aantal keer gepickt	63
Bijlage D: Fictieve kost afstand pick- en stocklocatie.....	64
Bijlage E: Voorbeeld model AIMMS	65
Bijlage F: Informatie vereenvoudigd beslissingsprobleem	67

1 Inleiding

De inleiding bestaat uit de probleemstelling, de onderzoeksvragen en de onderzoeksmethoden. Eerst wordt in de probleemstelling het algemene belang van dit onderzoek aangetoond en de problematiek beschreven die aanleiding geeft tot dit onderzoek. Er wordt ook een eerste algemene inleiding gegeven over het bedrijf waarmee wordt samengewerkt om de praktische kant van het onderzoek mogelijk te maken.

Vervolgens geven de onderzoeksvragen concreet weer op welke vragen dit onderzoek een antwoord wil bieden om de problematiek aan te pakken. Ten slotte worden de methoden aangegeven waarop antwoorden gezocht worden op de onderzoeksvragen.

1.1 Probleemstelling

Een algemene definitie van een magazijn is volgens Walters (2003, in Rimiene, 2008) een locatie waar voorraad van materiaal wordt bijgehouden tijdens de weg door de supply chain. Meer gedetailleerde definities van magazijnen worden gegeven door van den Berg en Zijm (1999). Ze onderscheiden drie soorten magazijnen. De eerste soort zijn distributiemagazijnen. Ballou (2004, in Rimiene & Grundey, 2007) geeft aan dat een distributiemagazijn ook een distributiecentrum genoemd kan worden. Distributiecentra worden gedefinieerd als magazijnen waarin producten van verschillende leveranciers worden verzameld om aan de klanten te leveren (van den Berg & Zijm, 1999). De twee andere soorten zijn productie- en contractmagazijnen. Productiemagazijnen worden gebruikt voor het opslaan van grondstoffen, half afgewerkte producten en afgewerkte producten binnen een productiefaciliteit. Van een contractmagazijn wordt gesproken als de processen in het magazijn uitgevoerd worden in opdracht van één of meerdere klanten op contractuele basis (van den Berg & Zijm, 1999). Bij het analyseren van magazijnen kan het woord magazijn in het algemeen gebruikt worden. Dit omdat, volgens Tompkins (1998), alles met als primaire functies het ontvangen, opslaan, picken en verzenden van goederen een magazijn is, onafhankelijk of het gaat om een distributie-, productie- of contractmagazijn. Ook Rimiene (2008) spreekt over algemene doelstellingen bij de optimalisatie van magazijnen in het algemeen, ongeacht de verschillende werkingen of verschillende functionaliteiten ervan (Rimiene, 2008).

Transport & Logistiek Vlaanderen is een beroepsvereniging die meer dan 1.500 ondernemingen in transport en logistiek vertegenwoordigt. Ze geven aan dat het belang van de Belgische transport- en logistieksector in onze economie vaak onderschat wordt. Deze sector vertegenwoordigt 10% van het Bruto Binnenland Product, en als indirecte jobs meegeteld worden, zorgt het voor minstens 250.000 banen in België (Transport & Logistiek Vlaanderen, 2012). Vink in Heist-op-den-Berg, het bedrijf dat meewerkt aan dit onderzoek, stelt 159 personen tewerk. Het is een distributiecentrum van kunststof halffabrikaten dat opgericht werd in 1969. In 2015 werd er een omzet van meer dan 51 625 000 euro gemaakt (NBB, 2016).

Vink maakt deel uit van de Vink-groep. De Vink-groep heeft verschillende verkooppunten in Europa en is bovendien Europese marktleider in het behouden van voorraad en distributie van kunststof halffabrikaten. Vink vormt een belangrijke schakel tussen kunststofproducenten en -verwerkers. De verkooppunten bieden verschillende soorten halffabrikaten kunststof aan in de vorm van folies, platen, buizen en staven voor bouw-, signs & graphics en industriële segmenten in de markt. Het gaat om meer dan 20.000 verschillende uitvoeringen, afmetingen en kunststofsoorten. Zo heeft Vink het breedste assortiment kunststof halffabrikaten van Europa (Vink, 2016). Verschillende Vink verkooppunten voorzien ook extra plastic verwerkende diensten, zoals de vestiging in Heist-op-den-Berg die onder andere een zaag-op-maat service aanbiedt (Vink, 2016). Volgens Muys E., General Manager van Vink, is het magazijn in Heist-op-den-berg meer dan 16.000 m² groot met een gemiddelde voorraad ter waarde van ongeveer zes miljoen euro (Persoonlijke communicatie, 1 maart 2016).

Vink beschikt over een uitgebreide voorraad opdat de afnemer zelf geen voorraad dient aan te houden. Deze afnemers moeten op een snelle manier en op afgesproken tijdstippen over hun voorraad kunnen beschikken. Het is dus belangrijk dat Vink de verwerking, de verpakking en de tijdige aflevering van de bestellingen op een snelle en efficiënte manier uitvoert (Vink, 2016). Een deel van de afnemers van Vink die geen voorraad hebben, passen dus het Just-In-Time (JIT) principe toe. Gu, Goetschalckx en McGinnis (2007) geven aan dat dit een uitdaging is voor magazijnen. Er is nood aan een korte reactietijd en een grotere variëteit van producten. Volgens Natanaree en Sriyos (2014) hangt dit laatste aspect samen met de complexiteit van magazijnmanagement. Deze complexiteit wordt naast de variëteit aan producten in voorraad, ook beïnvloed door de hoeveelheid van deze producten in voorraad en het aantal bestellingen die ontvangen worden (Natanaree & Sriyos, 2014). In dit onderzoek wordt gefocust op een gedeelte van het magazijn van Vink dat een grote variëteit aan plastic platen voor industriële toepassingen stockeert. Het magazijn bevat meer dan 700 verschillende types platen. De variëteit wordt veroorzaakt door verschillende afmetingen en verschillende soorten kunststof. De afmetingen van de platen variëren in de lengte tussen één meter en vier meter en in de breedte tussen één en twee meter.

Het magazijnmanagement bij Vink is een uitdaging omwille van de grote variëteit aan platen in voorraad. Door de groei van het bedrijf is de manier waarop de opslag georganiseerd wordt enkele keren gewijzigd de laatste jaren. Er is nood aan een duidelijke manier van opslag die door al de medewerkers in het magazijn toegepast wordt. In deze masterproef wordt nagegaan welke opties met betrekking tot het gebruik van opslaglocaties mogelijk zijn bij Vink om de magazijnefficiëntie te optimaliseren. Een overzicht van de relevante aspecten voor Vink wordt gegeven, wat toekomstige beslissingen met betrekking tot het gebruik van opslaglocaties bij Vink kan ondersteunen.

Rimienne (2008) wijst op de algemene trend naar meer productvariëteit en het toepassen van het JIT principe waardoor het belang van efficiënte logistieke processen in een distributienetwerk toeneemt. Bovendien zijn logistieke kosten een belangrijk deel van de algemene productiekosten waardoor logistieke processen een belangrijke rol spelen in het bepalen van de competitiviteit van bedrijven (Rouwenhorst et al.,2000). Het verlagen van de logistieke kosten kan zorgen voor een

competitief voordeel ten opzicht van de concurrentie. Lagere logistieke kosten verlagen de totale kost van de verkochte goederen waardoor bedrijven een hogere winstmarge of kostenvoordeel verkrijgen ten opzicht van de concurrentie. Het verlagen van logistieke kosten kan op verschillende manieren. Eén van deze manieren is te vinden in een verbetering van magazijnefficiëntie (Crişan, Ilieş & Turdean, 2009). Dit komt mede doordat de efficiëntie in een distributienetwerk voor een groot deel wordt bepaald door de efficiëntie van magazijnen. Ook volgens Gu et al. (2007) zijn magazijnen een essentiële component van elke supply chain. Bovendien geven Grundey en Remiene (2007) aan dat met de meer wereldwijd gerichte productie en de geglobaliseerde handel het belang van magazijnen binnen een efficiënte supply chain is toegenomen.

Gu et al. (2007) geven aan dat het noodzakelijk is om de efficiëntie in het magazijn continu te verbeteren om competitief te blijven in de markt. Volgens Natanaree en Sriyos (2014) kan een efficiënter magazijn bereikt worden door de efficiëntie van de activiteiten binnen het magazijn te verbeteren. De hoofdactiviteiten binnen een magazijn zijn het ontvangen, opslaan, picken en verzenden van goederen (Natanaree & Sriyos, 2014). Door één of meerdere van deze activiteiten te optimaliseren, zal de efficiëntie in het magazijn verhogen. Dit zal dan een kostenvoordeel teweeg brengen voor het bedrijf. Op economisch vlak is het dus van belang voor het bedrijf om aandacht te besteden aan mogelijke efficiëntieverbeteringen van de processen in het magazijn. Dit onderzoek focust op efficiëntieverbeteringen in het proces van de opslag van goederen.

1.2 Centrale onderzoeksvraag

De centrale onderzoeksvraag voor deze masterproef is:

Hoe kan het gebruik van opslaglocaties bij Vink aangepast worden om de processen in het magazijn te optimaliseren?

Dit onderzoek focust op de optimalisatie van magazijnefficiëntie en heeft als doel een algemeen beeld te geven van de mogelijkheden, met betrekking tot het gebruik van opslaglocaties, die relevant zijn voor Vink. Om de centrale onderzoeksvraag te beantwoorden, wordt deze opgesplitst in drie deelvragen. In de eerste deelvraag worden voorstellen uit de literatuur ter optimalisatie van de efficiëntie in magazijnen omschreven. Hierbij wordt de focus gelegd op voorstellen met betrekking tot de opslaglocaties. In de tweede deelvraag worden de huidige proces in het magazijn van Vink besproken. De derde deelvraag gaat na welke voorstellen uit de literatuur relevant zijn om de efficiëntie te verbeteren in het magazijn van Vink. Eén van de voorstellen zal verder uitgewerkt worden.

1.2.1 Deelvraag 1

Deelvraag 1 van deze masterproef is:

Welke voorstellen biedt de literatuur ter optimalisatie van het gebruik van opslaglocaties?

In de eerste deelvraag wordt op zoek gegaan in de literatuur naar mogelijkheden om magazijnefficiëntie te verbeteren. Hierbij wordt gefocust op voorstellen met betrekking tot het gebruik van opslaglocaties.

1.2.2 Deelvraag 2

Deelvraag 2 van deze masterproef is:

Hoe zien de processen in het magazijn van Vink eruit?

Aangezien dit onderzoek verschillende aspecten zal onderzoeken om de efficiëntie in het magazijn van Vink te verbeteren, is het noodzakelijk om te weten hoe de processen in het magazijn momenteel in elkaar zitten. Dit is belangrijk om in de volgende deelvraag na te gaan welke voorstellen uit de literatuur relevant zijn voor de situatie binnen Vink.

1.2.3 Deelvraag 3

Deelvraag 3 van deze masterproef is:

Hoe kunnen de voorstellen uit de literatuur, besproken in deelvraag 1, toegepast worden op het magazijn van Vink?

In de laatste deelvraag wordt onderzocht hoe aspecten met betrekking tot opslaglocaties uit de literatuur relevant kunnen zijn voor Vink om bij te dragen tot de optimalisatie van de processen in het magazijn. Eén van deze voorstellen wordt verder uitgewerkt in dit onderzoek.

1.3 Onderzoeksmethoden

Hieronder worden de onderzoeksmethoden besproken bij de verschillende deelvragen. Literatuurstudies worden herhaaldelijk gedaan, omdat relatief veel informatie beschikbaar is over het onderwerp.

1.3.1 Deelvraag 1

Om deelvraag 1 te beantwoorden wordt een uitgebreide literatuurstudie gedaan. Voornamelijk worden Ebscohost, Google Scholar, Web of Science en Science Direct gebruikt bij het zoeken van wetenschappelijke artikels. Om de kwaliteit van dit onderzoek te verzekeren, komen enkel de

wetenschappelijke artikels die peer-reviewed zijn in aanmerking. Er wordt gezocht op zoektermen zoals 'warehouse efficiency', 'warehouse operations', 'operations distribution center', 'warehouse optimization', 'distribution center lay-out', 'storage warehouse', 'design distribution center' en 'decisions warehouse design'. Ook catalogi van de Provinciale Bibliotheek Limburg en van de bibliotheek van de UHasselt worden geraadpleegd voor secundaire en tertiaire bronnen.

Van de wetenschappelijke artikels die in aanmerking lijken te komen, wordt eerst het abstract gelezen. Indien dit relevant is, zullen de inleiding en de conclusie gelezen worden. De geschikte artikels worden volledig en grondig gelezen en geanalyseerd. Omdat het gaat om secundaire en tertiaire bronnen, is het noodzakelijk om alle artikels met een kritische blik te lezen. Ook zullen linken tussen de verschillende artikels gezocht worden, zodat een bredere kijk gevormd kan worden.

1.3.2 Deelvraag 2

De tweede deelvraag wordt opgelost aan de hand van twee delen. Eerst wordt een verkennende literatuurstudie gedaan. In deze literatuurstudie wordt informatie gezocht over de flow van de goederen en de processen in een magazijn in het algemeen. Voor het zoeken van wetenschappelijke artikels worden Ebscohost, Google Scholar, Web of Science en Science Direct als e-bron geraadpleegd. Er wordt gezocht op basis van kernwoorden zoals 'warehouse operations', 'warehouse processes' en 'operations distribution center'. Bij deze verkennende literatuurstudie wordt eerst het abstract van de wetenschappelijke artikels gelezen. Indien dit aansluit bij het onderwerp kan ook de inleiding gelezen worden. Omwille van het verkennende karakter van deze studie is beperkte informatie nodig. Het is dus voldoende om de wetenschappelijke artikels diagonaal te lezen om zo de relevante aspecten te vinden. Vervolgens zullen herhaaldelijke bedrijfsbezoeken bij Vink in Heist-op-den-Berg en gesprekken met zowel Vleugels D., Logistiek Manager, als Vermunicht P., Inventory Controller, meer informatie geven over de situatie en het proces bij Vink specifiek.

1.3.3 Deelvraag 3

In deelvraag 1 zijn voorstellen uit de literatuur bepaald waarvan in deelvraag 3 onderzocht zal worden hoe deze kunnen worden toegepast op de situatie binnen Vink. Om na te gaan welke voorstellen uit de literatuur relevant zijn voor Vink zal gekeken worden naar de voorwaarden en kenmerken van de verschillende aspecten. Daarbij zal logisch nagedacht worden en overlegd worden met D. Vleugels en P. Vermunicht over welke aspecten relevant zijn voor Vink. Er wordt gevraagd naar hun mening en bedenkingen bij het toepassen van deze aspecten op het magazijn van Vink. Naast het meer praktijk gericht bestuderen van de wetenschappelijke artikels uit deelvraag 1, zullen ook artikels gezocht worden waarin de relevante voorstellen uit de literatuur meer praktijkgericht worden besproken. Met behulp van de resultaten van deelvraag 2, kan dan onderzocht worden hoe deze voorstellen in de praktijk kunnen worden toegepast op het magazijn van Vink.

2 Voorstellen ter optimalisatie magazijnen

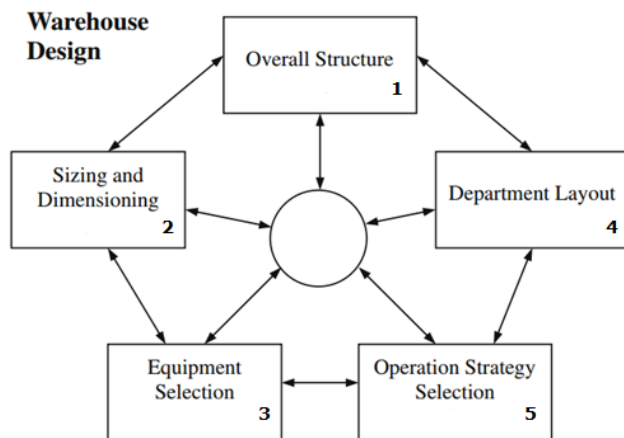
Verschillende beslissingen beïnvloeden de magazijnefficiëntie. Deze beslissingen kunnen verdeeld worden in twee grote takken. Enerzijds gaat het om strategische beslissingen over de vormgeving van het magazijn. Anderzijds gaat het om tactische en operationele beslissingen over de werking van het magazijn (Gu et al., 2007). Deze beslissingen zijn weergegeven in een samenvattende tabel in figuur 2.1 en worden besproken in secties 2.1 en 2.2.

Design and operation problems		Decisions	
Warehouse design	Overall structure	<ul style="list-style-type: none"> • Material flow • Department identification • Relative location of departments 	
	Sizing and dimensioning	<ul style="list-style-type: none"> • Size of warehouse • Size and dimension of department 	
	Department layout	<ul style="list-style-type: none"> • Pallet block-stacking pattern (for pallet storage) • Aisle orientation • Number, length, and width of aisles • Door locations 	
	Equipment selection	<ul style="list-style-type: none"> • Level of automation • Storage equipment selection • Material handling equipment selection (order picking, sorting) 	
	Operation strategy	<ul style="list-style-type: none"> • Storage strategy selection (e.g. random vs. dedicated) • Order picking method selection 	
Warehouse operation	Receiving and shipping		<ul style="list-style-type: none"> • Truck-dock assignment • Order-truck assignment • Truck dispatch schedule
	Storage	SKU-department assignment	<ul style="list-style-type: none"> • Assignment of items to different warehouse departments • Space allocation
		Zoning	<ul style="list-style-type: none"> • Assignment of SKUs to zones • Assignment of pickers to zones
		Storage location assignment	<ul style="list-style-type: none"> • Storage location assignment • Specification of storage classes (for class-based storage)
	Order picking	Batching	<ul style="list-style-type: none"> • Batch size • Order-batch assignment
		Routing and sequencing	<ul style="list-style-type: none"> • Routing and sequencing of order picking tours • Dwell point selection (for AS/RS)
		Sorting	<ul style="list-style-type: none"> • Order-lane assignment

Figuur 2.1: Beslissingen vormgeving en werking van magazijnen (Gu et al. 2007)

2.1 Strategische beslissingen

Om de vormgeving van een magazijn te optimaliseren, kunnen vijf reeksen van beslissingen genomen worden (Figuur 2.1). Volgens Rouwenhorst et al. (2000) gaat het om strategische beslissingen. De beslissingen hebben betrekking op het bepalen van de algemene structuur in het magazijn, de grootte en afmetingen van het magazijn en de afdelingen, de nodige uitrusting, de lay-out van de afdelingen en de operationele strategieën die gehanteerd zullen worden (Figuur 2.2).



Figuur 2.2: Beslissingen vormgeving van magazijnen (Gu et al., 2010)

De eerste reeks beslissingen over de algemene structuur beschouwt het bepalen van functionele afdelingen, de locaties van de functionele afdelingen in het magazijn en de stroom van de materialen. Afdelingen creëren kan op verschillende manieren. Afdelingen kunnen bijvoorbeeld ingedeeld worden per klant of gebaseerd worden op de uitrusting, nodig voor het opslaan van goederen in de afdelingen. Volgens Heragu, Du, Mantel en Schuur (2005) zijn de drie belangrijkste afdelingen die mogelijk zijn binnen een magazijn de cross-docking area, de forward area en de reserve area.

Cross-docking is het proces waarbij palletten van de ontvangst onmiddellijk naar de verzending worden gebracht. Het voordeel is dat de kosten, gerelateerd aan het houden van voorraad, verminderd worden. Er kan ook een forward en een reserve area gecreëerd worden in een magazijn. In de forward area, dat vaak kleiner is dan de reserve area, worden de producten gestockeerd in picklocaties. Het picken van de goederen gebeurt in de forward area. Hierdoor wordt de afstand bij het picken van orders verminderd, waardoor dit sneller gaat. Dit zorgt ervoor dat orders sneller verzonden en geleverd kunnen worden. Hoe kleiner de forward area, hoe lager de gemiddelde pickafstand van de orderpickers zal zijn (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007). De forward area bevat voldoende goederen om de operaties in het magazijn te kunnen volbrengen voor een korte periode. Deze periode is vaak een dag of minder. De overige voorraad van de items wordt in de reserve area gestockeerd. Dit maakt het noodzakelijk om de forward area aan te vullen met goederen uit de reserve area (Meller & Thomas, 2015). De twee gebieden kunnen zich ook in dezelfde rekken bevinden. Hierbij zijn de lagere niveaus de forward area en de hogere de reserve area (Gu et al., 2010).

In de tweede reeks beslissingen over de grootte en de afmetingen van het magazijn, bepaalt de 'grootte' de opslagcapaciteit en wordt met 'afmetingen' de grondoppervlakte bedoeld. Hier gaat het ook om beslissingen over de grootte en de afmetingen van de verschillende functionele afdelingen (Gu et al., 2010). Bhaskaran en Malmborg (1990) bespreken dit laatste aspect en duiden hierbij aan dat bij deze beslissingen de voorraadniveaus vaak als gegeven beschouwd worden. Heragu et al. (2005) geven aan dat, hoewel het bepalen van de grootte van de afdelingen een strategische beslissing is, dit niet los staat van een beslissing op tactisch niveau. Op tactisch niveau wordt beslist over de allocatie van de producten aan de verschillende afdelingen. Dit wordt het product-

allocatieprobleem genoemd en wordt verder besproken in sectie 2.2. De geschikte grootte van afdelingen zijn afhankelijk van de producten die in de afdelingen geplaatst worden. Volgens Heragu et al. (2005) zou het ideaal zijn om een oplossing te vinden die beide soorten beslissingen, zowel de grootte van de afdelingen als het product allocatie probleem, bevat. In de praktijk worden deze problemen vaak opeenvolgend opgelost. Heragu et al. (2004) ontwikkelen een model dat de twee aspecten tegelijk benadert en hierbij de materiaalbehandelingskosten minimaliseert.

De derde reeks van beslissingen betreft de uitrusting die nodig is in het magazijn. Het gaat om het zoeken naar een geschikt niveau van automatisatie en het bepalen van de geschikte opslagmethode. Bhaskaran en Malmborg (1990) geven aan dat de keuze van opslagmethode in het magazijn het ruimtegebruik sterk beïnvloed. Er kan bijvoorbeeld gekozen worden om opslagrekken te plaatsen. Hierbij dienen bijkomende beslissingen gemaakt te worden over de afmetingen van de rekken (Gu et al., 2010). Zo geeft Berry (1968) bijvoorbeeld aan dat door diepere opslagrekken minder gangen nodig zijn en dus plaatsbesparend werkt. Bij het bepalen van de diepte moet echter ook rekening gehouden worden met het gemak van de opslag en het picken van goederen. Diepe opslagrekken kunnen enerzijds ruimte besparen, maar anderzijds moeilijkheden geven bij de bereikbaarheid van de opslaglocaties (Gu et al., 2010). De opslag van palletten kan ook gebeuren zonder opslagrekken of extra uitrusting. Dit wordt blockopslag genoemd. Marsh (1979) definieert blockopslag als het plaatsen van palletten in rijen van één of meerdere palletten diep en één of meerdere palletten hoog. Met behulp van vloermarkeringen worden de palletten op de grond geplaatst en opgestapeld. Hier dienen beslissingen gemaakt te worden over onder andere het aantal palletten dat in de diepte en in de hoogte gestapeld worden. Marsh (1979) geeft aan dat bij het nemen van beslissingen over de vormgeving van blockopslag gebruik gemaakt wordt van de effectieve breedte en lengte van de palletten. Dit is de som van de breedte of lengte van de palletten en de extra ruimte nodig tussen twee aaneensluitende rijen van palletten. De extra ruimte die meegerekend wordt, is de ruimte die minimaal nodig is om de operaties van het opslaan en picken van de goederen vlot te laten verlopen.

De vierde reeks beslissingen betreft de gedetailleerde lay-out van de afdelingen. Het gaat onder andere om het bepalen van de plaats waar goederen het magazijn binnenkomen en verlaten en beslissingen met betrekking tot de gangen. Zo kan beslist worden over het aantal gangen, de oriëntatie, de lengte en de breedte. Zo wordt de breedte van de gangen bijvoorbeeld bepaald door rekening te houden met de ruimte die minimaal nodig is om handelingen voor opslag- en pickingactiviteiten uit te voeren (Marsh, 1979). Berry (1968) geeft aan dat de magazijnlay-out bepaald kan worden met het oog op verschillende doelstellingen. Zo kan gestreefd worden naar een minimale afgelegde afstand van goederen in het magazijn, een minimale tijd van goederenbehandeling in het magazijn of een minimaal ruimtegebruik. De magazijnlay-out die optimaal is voor het ruimtegebruik is dus niet dezelfde als de lay-out die bijvoorbeeld de afgelegde afstand van de goederen in het magazijn minimaliseert (Berry, 1968). Ook Kusiak, Larson, en Marsh (1997) geven een lijst weer met doelstellingen waaraan een goede magazijnlay-out moet voldoen. Net zoals bij Berry (1968) spreken ze over het optimaliseren van het ruimtegebruik, maar halen ze ook nog andere doelstellingen aan. Zo is het ook noodzakelijk om het gebruik van uitrusting en arbeid te optimaliseren, de bescherming van alle goederen te maximaliseren en de

toegankelijkheid tot alle goederen te optimaliseren. De magazijnlay-out bepalen is meestal ingewikkeld omwille van de grote variëteit aan goederen. Daarom wordt aangegeven dat bij het benaderen van een optimale magazijnlay-out vaak gefocust wordt op één doelstelling (Kusiak, Larson, & Marsh, 1997).

De vijfde reeks beslissingen gaat over de selectie van operationele strategieën en wordt in de volgende sectie 2.1.1 uitgebreider besproken.

2.1.1 Operationele strategieën

Operationele strategieën zijn strategische beslissingen die genomen worden met betrekking tot de vormgeving van magazijnen. De twee belangrijkste operationele strategieën hebben betrekking tot de methode van orderpicken en het opslagbeleid. Deze aspecten bepalen de werking in het magazijn, maar zijn strategische beslissingen omdat ze invloed hebben op de vormgeving van het magazijn (Gu et al., 2010).

2.1.1.1 Orderpicken

De meest gebruikte methoden van orderpicken zijn wave picking, order batching en zone picking. Wave picking houdt in dat een deel van de orders wordt vrijgegeven om te picken binnen een bepaalde tijd, bijvoorbeeld binnen één shift. Een magazijn heeft vaak veel orders die gepickt moeten worden. Orders die op hetzelfde moment verzonden worden, worden best ook ongeveer op hetzelfde moment gepickt. Hiervoor wordt wave picking toegepast. Dit voorkomt dat de orders na het picken nog gestockeerd moeten worden vooraleer ze verzonden kunnen worden (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007).

Orders die voldoende groot zijn worden vaak individueel gepickt in het magazijn. Deze methode van orderpicken wordt pick-by-order genoemd. Afstanden van orderpickers kunnen verminderd worden door orders te groeperen in batches en te picken in één tour. Dit gebeurt vaak bij kleinere orders en wordt order batching genoemd (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007).

Bij zone picking is elke picker verantwoordelijk voor het picken van items in een bepaalde zone. Zone picking kan sequentieel of parallel gebeuren. Bij sequentiële zone picking wordt na het picken van de items voor een bepaald order in een bepaalde zone de bestelling doorgegeven naar de volgende zone. In de volgende zone worden vervolgens de nodige items voor dat order gepickt. Indien in die zone geen goederen nodig zijn voor die bestelling, wordt de bestelling gewoon doorgegeven naar de volgende zone. Het kan gebeuren dat de volgende zone nog bezig is met een vorige bestelling. In dat geval wordt de nieuwe bestelling op wacht geplaatst. Indien zone picking parallel wordt uitgevoerd, kunnen alle zones tegelijk de goederen van een bepaald order picken in hun zone (de Vries, de Koster, & Stam, 2016).

Er zijn verschillende voordelen aan zone picking verbonden. Zo moeten orderpickers minder ruimte doorkruisen bij het picken, aangezien ze enkel in hun zone picken. Orderpickers zijn meer bekend met de locaties van de goederen in hun zone. Bovendien kan bij parallel zone picking de tijd nodig

om een volledig order te picken, verkleind worden. Anderzijds kan het picken in zones ook extra kosten met zich meebrengen. Bij het parallel zone picken ontstaan deze kosten bij het achteraf combineren van de goederen van één order. Goederen van één order worden tegelijk gepickt in aparte zones. Nadat al de goederen van het order uit de rekken genomen zijn in de verschillende zones, moeten ze gecombineerd worden tot één order. Dit neemt extra tijd in beslag. Bij achtereenvolgende zone picking ontstaan die extra kosten wanneer de goederen in wachtrijen staan tussen de zones. Dit kan gebeuren indien het werk van de orderpickers niet gelijk verdeeld is voor bepaalde orders. Zo kan bijvoorbeeld de orderpicker in de eerste zone klaar zijn met het picken van de goederen in zijn zone en de bestelling doorgeven naar de volgende zone. Indien de orderpicker in de volgende zone nog enige tijd bezig is met het picken van het vorige order, kan een wachtrij ontstaan voor de tweede zone.

Bij het creëren van zones moeten het aantal zones in het magazijn bepaald worden, maar ook de grootte en de vorm ervan. Het al dan niet kiezen voor zone picking is dus een strategische beslissing en beïnvloedt de vormgeving van het magazijn (Gu et al., 2010).

2.1.1.2 Opslagbeleid

De basisstrategieën van opslagbeleid zijn vaste opslag, willekeurige opslag en opslag op basis van klassen (Gu et al., 2007). Bij een vast opslagbeleid krijgen al de items een vaste opslaglocatie toegewezen in het magazijn. Items worden steeds op dezelfde vooraf bepaalde locatie geplaatst. Bij een willekeurig opslagbeleid zijn opslaglocaties niet gelinkt aan specifieke items. Geleverde items worden toegewezen aan een willekeurige vrije opslaglocatie in het magazijn. Op één locatie kan dus telkens een ander item geplaatst worden (Kusiak, Larson, & Marsh, 1997). Die locatie moet dan geregistreerd worden om de goederen terug te vinden als ze opgevraagd worden (Gu et al., 2007). Bij opslag op basis van klassen worden items ingedeeld in verschillende productklassen. Deze klassen kunnen gecreëerd worden op basis van productkenmerken zoals bijvoorbeeld de afmetingen, het product type en de populariteit. In praktijk worden meestal twee tot vijf productklassen gebruikt. Productklassen worden toegewezen aan een vaste verzameling van opslaglocaties waarin de items van die klasse geplaatst kunnen worden (Gu et al., 2007). Bij het nemen van een beslissingen over het soort opslagbeleid dat zal toegepast worden, is het noodzakelijk om bewust te zijn van de voor- en nadelen van de verschillende soorten. Deze worden besproken in de volgende sectie.

2.1.1.2.1 Vergelijken soorten opslagbeleid

Het belangrijkste nadeel van een vast opslagbeleid is een minder efficiënt ruimtegebruik in het magazijn. De reden hiervoor is dat wanneer geen voorraad van bepaalde items aanwezig is, de opslaglocaties gereserveerd blijven voor deze items. Het gevolg hiervan zijn lege locaties in het magazijn. Bovendien moeten voldoende plaats en opslaglocaties gereserveerd worden in het magazijn om het maximale voorraadniveau van items te kunnen stockeren (de Koster, Le-Duc, & Roosbergen, 2007). Dit is noodzakelijk om overflow te voorkomen. Overflow ontstaat wanneer te

weinig opslaglocaties vrij zijn voor stockage van bepaalde items, omdat die items bij een vast opslagbeleid enkel mogen opgeslagen worden in vooraf bepaalde locaties (Gu et al., 2007).

Het belangrijkste voordeel van een vast opslagbeleid is dat de snel bewegende voorraad toegewezen kan worden aan de beste locaties. De beste opslaglocaties in een magazijn zijn vaak de locaties het dichtst bij de ontvangst of verzending van goederen. Hierdoor worden materiaalbehandelingskosten verminderd (Kusiak, Larson, & Marsh, 1997). Een ander voordeel van een vast opslagbeleid is dat de orderpickers bekend raken met de opslaglocaties in het magazijn (de Koster, Le-Duc, & Roosbergen, 2007).

Een willekeurige opslagbeleid vereist minder opslaglocaties, omdat flexibeler gewerkt kan worden met de beschikbare ruimte. Dit opslagbeleid is optimaal voor het ruimtegebruik in een magazijn. Dit is ten koste van de verhoogde afstanden die orderpickers zullen afleggen, omdat geen rekening wordt gehouden met het plaatsen van snel bewegende voorraad op de beste locaties in het magazijn. Hierdoor zijn de materiaalbehandelingskosten hoger dan bij een vast opslagbeleid (Kusiak, Larson, & Marsh, 1997).

Bij opslag op basis van klassen wordt een combinatie gemaakt van de vorige twee soorten opslagbeleid. Klassen krijgen een vaste reeks opslaglocaties toegewezen waarbij de items binnen een klasse willekeurig in die locaties geplaatst kunnen worden. Vrije locaties in het magazijn kunnen bezet worden door al de items van een bepaalde klasse en moeten dus niet vrij gehouden worden voor één bepaald item zoals bij een vast opslagbeleid. Dit maakt dat het ruimtegebruik verbetert ten opzichte van vaste opslag doordat de voorraad flexibeler kan opgeslagen worden. Indien bij het indelen van items in klassen rekening wordt gehouden met de populariteit van de items, kunnen de meest populaire klassen aan de beste opslaglocaties worden toegewezen. Op klassen gebaseerde opslag kan daarom de materiaalbehandelingskosten verminderen ten opzichte van een willekeurige opslagbeleid (Kusiak, Larson, & Marsh, 1997).

2.1.1.2.2 Conclusie opslagbeleid

Lee en Elasyed (2005) geven aan dat het kiezen van een opslagbeleid een strategische beslissing is die de vormgeving van het magazijn beïnvloedt. Dit komt doordat het gekozen opslagbeleid de opslagruimte nodig om goederen te stockeren beïnvloedt. Zo kan gekozen worden voor een willekeurig in plaats van een vaste opslagbeleid. Dit maakt een kleiner magazijn mogelijk, aangezien willekeurige opslag leidt tot een efficiëntere ruimtebenutting (Gu et al. 2007). Berry (1968) geeft aan dat wanneer al de items in het magazijn dezelfde afmetingen hebben, inderdaad aangetoond kan worden dat een willekeurige opslagbeleid efficiënter is dan een vast opslagbeleid met betrekking tot ruimtegebruik. De reden hiervoor is dat al de items effectief in al de opslaglocaties opgeslagen kunnen worden. Indien de items in het magazijn grote verschillen in afmetingen hebben, geeft Berry (1968) aan dat het mogelijk is om de afmetingen van rekken aan te passen aan het product dat erop geplaatst wordt. Op die manier kan een vaste opslag efficiënter zijn dan een willekeurige opslag met betrekking tot het ruimtegebruik. De reden hiervoor is dat als items sterk variëren in afmetingen en toch gekozen wordt voor een willekeurig opslagbeleid, al de

opslaglocaties voldoende groot moeten zijn om de grootste items te kunnen stockeren. Hierdoor zou ruimte verspild worden doordat ook de kleine items in de grote opslaglocaties geplaatst worden.

2.2 Tactische en operationele beslissingen

Verschillende tactische en operationele beslissingen met betrekking tot de werking van magazijnen bepalen de efficiëntie in magazijnen (Gu et al., 2007). Deze beslissingen staan in verband met de verschillende activiteiten binnen een magazijn. Vier hoofdactiviteiten worden voornamelijk uitgevoerd in een magazijn. Als eerste is er de ontvangst van de goederen; de producten komen aan in het magazijn, waarna er een controle op mogelijke fouten of gebreken volgt. Vervolgens gebeurt de opslag van de producten; ze worden geplaatst in de juiste opslaglocaties. De derde stap is het picken van de producten. Hierbij worden de producten uit hun opslaglocatie genomen om aan de bestellingen van de klant te voldoen. Als laatste wordt de zending in orde gebracht, waarbij de bestellingen worden nagekeken, verpakt en geladen (Natanaree & Sriyos, 2014).

Het ontvangen en verzenden van goederen leidt tot beslissingen over het toewijzen van vrachtwagens aan docks en het plannen van de laad- en losactiviteiten. Het picken van goederen is vaak de meest kost-intensieve activiteit binnen een magazijn. Om bestellingen te verzamelen kunnen orderpickers een bepaalde methode van orderpicken hanteren. Het bepalen van deze methode is een strategische beslissing en werd in sectie 2.1 besproken. Indien bijvoorbeeld gekozen wordt voor order batching dient beslist te worden hoe de batches samengesteld kunnen worden om de totaal afgelegde afstand van de orderpickers te minimaliseren (Muter & Öncan, 2014). Orders kunnen bijvoorbeeld toegewezen worden aan batches op basis van de nabijheid van opslaglocaties van de bestelde items (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007). Beslissingen over de grootte van de batches, en dus het aantal orders dat gepickt wordt in één toer, dienen ook genomen te worden en zijn volgens Heragu et al. (2005) operationele beslissingen.

Een andere activiteit in het magazijn is het opslaan van goederen. In het algemeen gaan deze beslissingen over het tijdstip en de frequentie om goederen te bestellen, de hoeveelheid voorraad die wordt aangehouden en op welke locatie in het magazijn de goederen opgeslagen worden (Gu et al., 2007). De eerste twee aspecten worden niet behandeld in dit onderzoek. Het laatste aspect in verband met de locaties van goederen in het magazijn wordt in de volgende sectie uitgebreider besproken.

2.2.1 Opslaglocaties

Om producten aan de meest efficiënte locaties in een magazijn toe te wijzen, worden twee stappen doorlopen. Eerst bepaalt het product-allocationprobleem hoe producten worden toegewezen aan de verschillende afdelingen. Vervolgens bepaalt het storage location assignment problem (SLAP) hoe binnen een afdelingen de goederen toegewezen worden aan opslaglocaties. Beide aspecten volgen

uit beslissingen die genomen worden op strategisch niveau om optimale magazijnefficiëntie te bekomen zoals omschreven in sectie 2.1 (Gu et al., 2007).

Eén van deze strategische beslissingen gaat over het bepalen van functionele afdelingen in het magazijn. Uit deze beslissing volgt het product-allocatieprobleem dat op tactisch niveau bepaald hoe producten worden toegewezen aan de verschillende afdelingen (Du et al., 2005). Een andere strategische beslissing gaat over het bepalen van operationele strategieën zoals het soort opslagbeleid. Het SLAP is een tactische beslissing die hieruit volgt, en wijst goederen toe aan opslaglocaties binnen een afdeling aan de hand van het gekozen opslagbeleid (Heragu et al., 2005).

2.2.1.1 Product allocatie probleem

Het product-allocatieprobleem kan eenvoudig zijn indien afdelingen ingedeeld worden per klant. Goederen van die bepaalde klanten kunnen dan in de bijhorende afdelingen geplaatst worden. Het probleem kan complexer worden indien een item aan meerdere afdelingen toegewezen kan worden, zoals in een forward en een reserve area. Hier is het nodig om beslissingen te nemen over welke producten in de forward area te stockeren (van den Berg & Zijm, 1999). Meller en Thomas (2015) geven aan dat het mogelijk is om de minder populaire goederen niet in de forward area te plaatsen. Deze goederen worden dan gepickt uit de reserve area. Dit is ook mogelijk voor items die vaak in grote hoeveelheden besteld worden (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007).

Zoals in sectie 2.1 aangehaald, kan gekozen worden voor zone picking. Hierbij dient bepaald te worden welke goederen in welke zone op te slaan. Deze beslissingen worden genomen met oog op het in evenwicht houden van de activiteiten tussen zones en met als doel het minimaliseren van de totale order picking kosten in het magazijn (Gu et al., 2007).

2.2.1.2 SLAP

Het SLAP bepaalt de toewijzing van geleverde goederen aan opslagplaats binnen een afdeling of zone. Het doel is om de materiaalbehandelingskosten te minimaliseren en het ruimtegebruik te optimaliseren. Bij het onderzoeken van het SLAP wordt de magazijnlay-out als gegeven beschouwd (Gu et al., 2007). Drie basismethodes van opslagbeleid zijn beschikbaar om items toe te wijzen aan een opslaglocatie, namelijk een vast opslagbeleid, een willekeurig opslagbeleid en een op klassen gebaseerd opslagbeleid. Rouwenhorst et al. (2000) geeft aan dat ook een ander soort opslagbeleid mogelijk is, namelijk gecorreleerde opslag of groepering per familie. Dit houdt in dat items die vaak samen besteld worden dicht bij elkaar geplaatst worden in het magazijn. Om dit mogelijk te maken, is informatie nodig over de frequentie waarmee items samen in een order besteld worden (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007).

Bij een vast en een op klassen gebaseerd opslagbeleid kunnen verschillende criteria gebruikt worden om de items en de productklassen toe te wijzen aan opslaglocaties. De meest gebruikte zijn het toewijzen op basis van populariteit, maximale voorraad en de cube-per-order index (COI)

(Gu et al., 2007). Populariteit kan gedefinieerd worden als het aantal opslag- of pickingoperaties per tijdeenheid. De productklassen met de hoogste populariteit worden hierbij toegewezen aan de beste opslaglocaties. De beste opslaglocaties zijn vaak de opslaglocaties het dichtst bij het punt van ontvangst of vertrek van de goederen. De maximale voorraad wordt gedefinieerd als de maximale ruimte van het magazijn dat in beslag genomen wordt door een bepaald item of productklasse. De items of klassen met de laagste maximale voorraad worden aan de beste opslaglocaties toegewezen (Gu et al., 2007). Ballou (1962) geeft aan dat op die manier meer items met een kleinere voorraad aan de beste opslaglocaties kunnen worden toegewezen dan items met hoge voorraadmiveaus. Een derde manier om items en productklassen toe te wijzen aan opslaglocaties is op basis van de cube-per-order-index. De COI wordt gedefinieerd als:

$$\text{COI} = \frac{\textit{Maximum voorraad}}{\textit{aantal opslag- of pickingoperaties per tijdeenheid}}$$

Deze methode neemt zowel de populariteit als de maximale voorraad in rekening. De klassen met de laagste COI worden aan de beste opslaglocaties toegewezen (Gu et al., 2007).

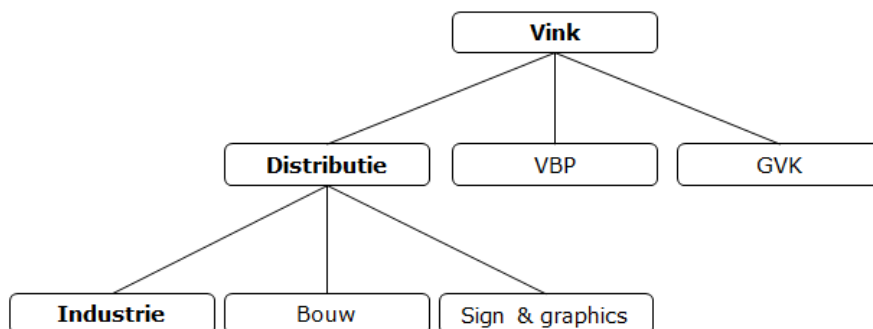
3 Relevantie Vink

In hoofdstuk 2 werden beslissingen weergegeven die genomen kunnen worden ter optimalisatie van de efficiëntie in magazijnen. Zowel strategische als tactische en operationele beslissingen kwamen aan bod. Aangezien de tactische beslissingen, die relevant zijn voor dit onderzoek, volgen uit de relevante strategische beslissingen, wordt in dit hoofdstuk gefocust op de strategische beslissingen. Er wordt nagegaan welke van deze beslissingen mogelijk herbekeken kunnen worden ter optimalisatie van de magazijnefficiëntie bij Vink. Hierbij wordt gefocust op het optimaliseren van het gebruik van opslaglocaties. Voordat de relevantie voor Vink aangehaald kan worden in sectie 3.3, is het noodzakelijk om eerst de huidige situatie bij Vink uitgebreid te bespreken.

Eerst worden de activiteiten van Vink in het algemeen beschreven, waarna vervolgens toegespitst wordt op de processen in het magazijn van Vink.

3.1. Activiteiten Vink

De activiteiten van Vink zijn afgebeeld in figuur 3.1. Vink heeft drie hoofdactiviteiten: distributie, Vink bewerk product (VBP) en glasvezel kunststoffen (GVK). Deze hoofdactiviteiten worden hier verder besproken.



Figuur 3.1: Activiteiten Vink

De eerste hoofdactiviteit, distributie, is onderverdeeld in drie takken. Deze takken zijn bouw, signs & graphics en industrie. 'Bouw' heeft betrekking op kunststof bouwmaterialen zoals bijvoorbeeld verandaplatten. Binnen signs & graphics biedt Vink onder andere folies, banners en plaatmaterialen aan in verschillende kleuren en maten. Dit wordt meestal gebruikt voor reclamedoeleinden. De grootste tak is industrie. Vink voorziet kunststoffen in de vorm van onder andere platen, staven en leidingonderdelen zoals buizen voor het industriële segment van de markt. Dit onderzoek gaat zich toespitsen op één magazijn, hal vier, van industriële kunststof platen.

Hal vier bevat meer dan 700 verschillende types platen. Deze types verschillen in afmetingen en soorten kunststof. Zo kunnen de lengtes variëren van ongeveer één meter tot vier meter, de breedtes van ongeveer één meter tot twee meter en de diktes van de platen tot ongeveer twee centimeter. Er zijn meer dan 15 verschillende soorten kunststof waaruit de platen kunnen bestaan.

Deze kunststoffen zijn verkrijgbaar in verschillende kleuren. Elke kunststof heeft bepaalde eigenschappen en dus ook bepaalde toepassingen. Zo zijn nylon platen stevig en makkelijk te bewerken. Deze platen worden gebruikt om bijvoorbeeld tandwielen te maken. Lichtere types van kunststof met een isolerende werking, worden gebruikt om bijvoorbeeld deurvullingen en scheidingswanden te maken. Vink heeft dus een heel breed assortiment dat gebruikt kan worden voor een brede waaier van industriële toepassingen. Er worden gemiddeld ongeveer 13000 van deze kunststofplaten verkocht per maand.

De tweede hoofdactiviteit binnen Vink wordt 'Vink bewerkt product' genoemd. Dit is voornamelijk van toepassing voor klanten uit de industriële tak van distributie. Zo kunnen platen in specifieke afmetingen gezaagd worden, kunnen tandwielen gemaakt worden of wanden voor computerkasten met de nodige gaten erin.

De derde hoofdactiviteit, glasvezel kunststoffen, is binnen het bedrijf een losstaand aspect van de andere hoofdactiviteiten. Het gaat hier om een specifieke vorm van kunststof waar glasvezeldraden doorheen lopen, wat deze kunststof slijtvast maakt. Vink verkoopt glasvezelversterkte producten die ze zelf bewerken en waarin ze totaalconcepten uitwerken voor klanten. Dit is mogelijk aangezien ze hiervoor eigen ontwerpers hebben, een eigen werkplaats binnen Vink en eigen monteurs die ter plaatse de installatie doen. Het gaat onder andere om toepassingen zoals trappen, loopbruggen en leuningen in publieke zwembaden, riolen of andere plaatsen waar corrosie een probleem is (Vink, 2016).

3.2 Processen Vink

Om een duidelijk beeld te geven van hal vier worden de processen in het magazijn overlopen. Het verpakken en verzenden van de platen vindt niet plaats in hal vier, maar wordt besproken om een algemeen beeld te geven.

3.2.1 Ontvangst platen

De platen worden op palletten ontvangen via vrachtwagens en afgeladen. De ontvangst vindt plaats in hal vier waar de pijl met nummer 1 wordt weergegeven op figuur 3.4. Het aantal leveringen verschilt van dag tot dag. De ene dag kunnen drie vrachtwagens aankomen en een andere dag tien vrachtwagens. Deze leveringen verschillen ook van grootte. Het kan gaan om een levering van één pallet, maar leveringen van 20 palletten zijn ook mogelijk. Ook het aantal platen dat geleverd wordt op één pallet verschilt. Hierover zijn geen gegevens beschikbaar. Lichtere platen worden vaak hoger gestapeld dan zwaardere platen. Gemiddeld kan gezegd worden dat op één pallet ongeveer 50 platen gestapeld worden. Elke levering bestaat uit platen van één bepaalde soort kunststof, maar kunnen verschillen van afmetingen. Goederen worden gecontroleerd op mogelijke gebreken en voorzien van labels met onder andere het artikelnummer en de locatie. De hoeveelheid van de geleverde palletten wordt ingegeven in hun Axapta software om de voorraad te kunnen controleren.

3.2.2 Opslag

De goederen worden vervolgens opgeslagen in het magazijn. De uitrusting, de magazijnlay-out en het opslagbeleid in hal vier worden besproken.

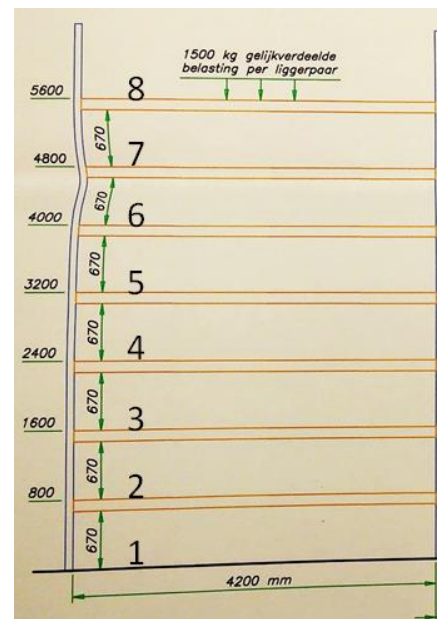
3.2.2.1 Uitrusting en lay-out

In hal vier worden platen opgeslagen in opslagrekken. Het type opslagrekken wordt weergegeven in figuur 3.2. Doordat de liggers enkel steun bieden aan de zijkanten en open zijn in het midden, kunnen smalle platen niet in brede liggers geplaatst worden. Indien dwarsbalken in de liggers geplaatst worden, is dit wel mogelijk.

In de toepassing die uitgewerkt wordt in hoofdstuk 4 wordt aangenomen dat de opslagrekken zijn zoals bij opzet van het magazijn in 2013. Er wordt vanuit gegaan dat al de opslagrekken zeven liggers hebben en de hoogte tussen de liggers in de rekken 670 mm is, zoals weergegeven in figuur 3.3. Deze figuur toont de nummering van de liggers zoals gebruikt zal worden in dit onderzoek. Zeven liggers per opslagrek zorgen voor acht opslaglocaties per rek, aangezien onder de laagste ligger op de grond ook een pallet geplaatst kan worden.



Figuur 3.2: Type opslagrek

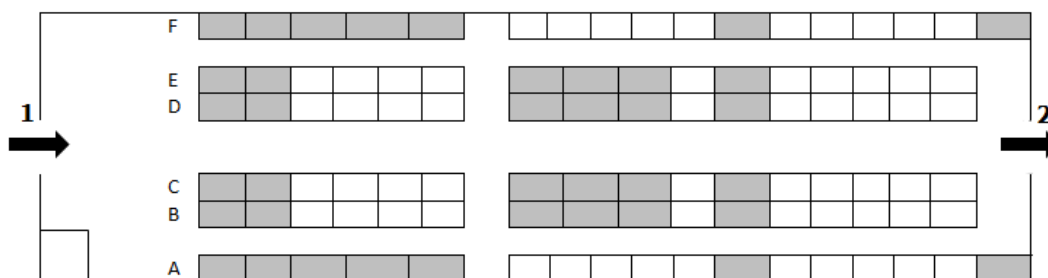


Figuur 3.3: Nummering liggers

Sinds de opzet van het magazijn in 2013, zijn echter enkele veranderingen aangebracht in het magazijn. Het aantal liggers van sommige rekken, en zo ook de hoogte tussen die liggers, is aangepast. Nu zijn bijvoorbeeld rekken aanwezig met zes liggers. De oorzaak hiervan is dat sommige leveranciers palletten met platen leveren met een hoogte groter dan 670 mm. Deze leveringen passen dus niet tussen de liggers van de rekken. Hiervoor heeft Vink de liggers in de rekken aangepast. De hogere stapels komen voor bij platen met een lager gewicht. Het is zowel

voor de leverancier als voor Vink interessanter om met hogere stapels te werken. Hierdoor zijn minder palletten nodig wat minder de materiaalbehandelingskosten verlaagd. Er moet minder vaak gereden worden in het magazijn om bijvoorbeeld de bulkgoederen op de juiste plaatst te zetten. In sommige rekken is ook een extra ligger geplaatst, waarbij dan acht of negen liggers in de rekken aanwezig zijn. Deze liggers zijn aangepast voor palletten met zwaardere platen waarvan de hoogte van de levering veel kleiner is dan de 670 mm. Er zijn geen gegevens beschikbaar over het huidige aantal liggers in de rekken en de afstand tussen de liggers. Door het gebruik van de oorspronkelijke infrastructuur wordt het onderzoek vereenvoudigd.

De plattegrond van hal vier wordt afgebeeld in figuur 3.4. De lengte van de hal is ongeveer 86 meter en de breedte 25 meter. Ongeveer 60% van de rekken hebben een lengte van 4200 mm. Deze rekken zijn grijs gekleurd in de plattegrond. De overige rekken hebben een lengte van 3200 mm. 98 rekken met telkens acht locaties zorgen voor 784 locaties in hal vier. De rijen van rekken zijn benoemd met de letters A tot en met F zoals aangegeven op de plattegrond in figuur 3.4. Deze naamgeving wordt onder andere gebruikt om de locaties van de rekken weer te geven op de pickbon. Aan de linkse zijde in figuur 3.4 wordt een ruimte getoond waar momenteel geen opslagrekken staan. In deze ruimte bevinden zich in de hoek twee opeengestapelde kantoorunits. Deze vrije ruimte heeft een lengte van 17.2 meter en een breedte van 24.9 meter.



Figuur 3.4: Plattegrond hal vier met afmetingen van de rekken

In figuur 3.5 worden de breedtes van de rijen van rekken en van de gangen weergegeven. Met betrekking tot de rekken worden de beschikbare breedtes weergegeven. De beschikbare breedtes zijn de maximale breedtes van platen die in de rekken gestockeerd kunnen worden. De effectieve breedtes van de rekken in praktijk zijn ongeveer 200 mm smaller dan de gegeven beschikbare breedtes. In dit onderzoek wordt steeds gesproken over de breedtes zoals gegeven in figuur 3.5 omdat deze meer relevant zijn voor verdere analyses in hoofdstuk 4.

Rij van rekken	Breedte rekken	Breedte gangen
F	1,3 meter	4,56 meter
E	1,2 meter	
D	2,1 meter	5,8 meter
C	2,1 meter	
B	1,3 meter	4,71 meter
A	1,6 meter	

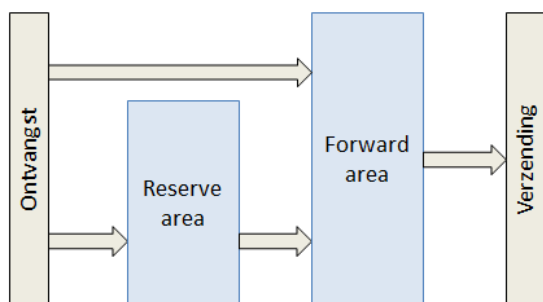
Figuur 3.5: Breedte rekken/gangen

3.2.2.2 Opslagbeleid

In hal vier wordt stockage voorzien voor 764 types van platen. Al deze 764 items hebben een picklocatie in hal vier. In het magazijn zijn enkel de rekken zelf benoemd, en niet de liggers. In eenzelfde rek hebben de items dus geen vaste locaties. Platen van hetzelfde type kunststof zijn dicht bij elkaar geplaatst en indien mogelijk in dezelfde rek. Bij het toewijzen van items aan opslaglocaties is ook rekening gehouden met de afmetingen van de items en de opslaglocaties, zodat de items in de locaties passen.

Indien de bevinden uit de literatuur in hoofdstuk 2 gevolgd worden, lijkt dat in de picklocaties van hal vier een op klassen gebaseerd opslagbeleid toegepast wordt. Hierbij lijken de klassen samengesteld op basis van type kunststof en afmetingen en zijn telkens acht items toegewezen aan een klasse. Klassen zijn telkens toegewezen aan een opslagrek. Binnen de acht locaties in die opslagrek worden de items willekeurig gestockeerd. Dit type opslagbeleid is echter niet bewust toegepast door Vink. Bovendien worden lege liggers, indien van een item geen voorraad aanwezig is, niet opgevuld door andere palletten. Dit komt doordat elk item maar één picklocatie krijgt in de opslagrekken. Het is daarom beter om te spreken van een vast opslagbeleid, waarbij de liggers van de rekken niet benoemd zijn. Hierdoor worden de items toegewezen aan opslagrekken in plaats van aan de liggers. Het bedrijf denkt eraan om in de toekomst een volledig vast opslagbeleid toe te passen in hal vier waarbij de opslaglocaties apart benoemd worden. Hierdoor kunnen items wel aan liggers worden toegekend.

In hal vier blijven geen opslaglocaties over om de overige stock op te slaan. Het is mogelijk dat één item meerdere palletten in stock heeft. De stock wordt aan de zijkant in hal vier geplaatst in de vrije ruimte waar geen opslagrekken zijn zoals weergegeven in figuur 3.4. Indien daar geen plaats is, wordt de stock tijdelijk buiten onder een afdak geplaatst. Er kan gezegd worden dat hal vier uit een forward en een reserve area bestaat. De picklocaties in de opslagrekken vormen de forward area en de overige ruimte, waar stock geplaatst wordt, de reserve area.



Figuur 3.6: Mogelijke goederenstromen in hal vier

De mogelijke stromen van goederen in het magazijn van Vink worden weergegeven in figuur 3.6. Geleverde palletten worden aan de zijkant van het magazijn in de reserve area geplaatst. Indien picklocaties vrij zijn, worden de palletten rechtstreeks in de picklocaties geplaatst. De forward area wordt bijgevuld met stock vanuit de reserve area. Het picken van de items gebeurt steeds uit de forward area.

Items krijgen geen stocklocaties toegewezen in het informatiesysteem bij Vink, maar enkel een picklocatie. Dit heeft als gevolg dat vaak gezocht moet worden naar de stock van een bepaald item in de reserve area. De stock buiten of aan de zijkant in het magazijn wordt per soort geplaatst om het zoeken naar die materialen te beperken.

3.2.3 Picken

Om de goederen te picken wordt gebruik gemaakt van vier-weg heftrucks zoals weergegeven in figuur 3.7. Dit zijn heftrucks die vanuit stilstand in vier richtingen kunnen rijden.



Figuur 3.7: Vier-weg heftruck

Gemiddelde zijn drie werknemers bezig met orderpicken. De werknemers picken een volledig order, alvorens aan het volgende order te beginnen. Dit wordt pick-by-order genoemd (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007). Eerst wordt met de heftruck een lege pallet gehaald. Aan de hand van een pickbon kennen de pickers alle items met bijhorende locaties van een bepaald order. Op de pickbon staan de locaties van de rekken en de artikelnummers van de items weergegeven. Orderpickers zijn vaak bekend met de locaties van goederen omwille van het feit dat platen van dezelfde kunststoffen bij elkaar geplaatst zijn in het magazijn. De orderpickers rijden naar een bepaalde locatie en plaatsen handmatig de bestelde plaat van de pallet in de opslagrek op hun heftruck. Als de picklocaties onderaan in de rekken zijn, is het handig om de platen uit de rekken te nemen en op de pallet op de heftruck te schuiven. Voor sommige zware of grote platen is het niet mogelijk om dit alleen te doen, en is de hulp van een andere medewerker nodig. De meest ideale picklocaties bevinden zich op niveaus twee en drie in de opslagrekken. Niveau één is iets minder ideaal, maar kan ook dienen als een goede picklocatie (Figuur 3.3). Vanaf het picken van platen op niveau vier, op 2.4 meter hoogte, is het voor orderpickers noodzakelijk om de pallet eerst uit de ligger te nemen en naar beneden te verplaatsen. Vervolgens kan de bestelde plaat op de heftruck geplaatst worden en de pallet met de overige platen terug in de juiste ligger. Dit is tijdrovend. Na het picken van een plaat, rijden de pickers met de heftruck naar de volgende locatie om de volgende bestelde plaat op de heftruck te plaatsen enzovoort. Hierbij wordt rekening gehouden met het type kunststof. Indien een zacht en makkelijk breekbaar materiaal besteld wordt, kan deze plaat apart getransporteerd worden doorheen het magazijn of bovenop de stevigere platen om beschadigingen te voorkomen. Vaak worden de industriële kunststofplaten in

specifieke afmetingen besteld. Daarvoor passeren ze eerst langs de zaagloods, waarna ze naar de plaats van het inpakken gebracht worden.

Bij Vink zijn de beste locaties in het magazijn de locaties op de eerste drie niveaus van de opslagrekken en dus niet de locaties het dichtst bij de ontvangst of verzending van goederen. Dit komt doordat de tijd van het picken van de platen, dus de plaat uit de rek halen en op de heftruck plaatsen, zwaarder doorweegt dan de tijd die het kost om te verplaatsen in het magazijn.

3.2.4 Verpakken

Vooraleer de goederen verzonden kunnen worden, moeten ze eerst verpakt worden. Dit gebeurt in de hal, aangrenzend aan hal vier. De items van de orders van de verschillende onderdelen van distributie, namelijk industrie, bouw en sign & graphics, worden verzameld en ingepakt op de juiste manier. Zo kunnen platen al dan niet op palletten verzonden worden. Voor sommige zware platen vergemakkelijkt het verzenden door palletten te gebruiken. Het komt ook voor dat klanten geen heftrucks hebben, en dus palletten overbodig zijn. Voor het inpakken worden de orders nagekeken.

3.2.5 Verzenden

Als laatste worden alle orders voor eenzelfde rit samen in een rek geplaatst aan de hand van een bestemmingscode. Een rit wordt toegewezen aan een bepaalde bestemmingscode. Om deze te bepalen wordt onder andere rekening gehouden met de grootte van de orders, het tijdsvenster van levering en de plaats van levering. 's Morgens kunnen de vrachtwagens dan geladen worden per bestemmingscode. Orders die geplaatst zijn voor 15 uur worden de volgende dag geleverd. Dit gebeurt ook indien ze eerst langs de zaagloods moeten passeren (Vink, 2016). De uitgebreide voorraad en de snelle leveringen van Vink zorgen voor een competitief voordeel ten opzichte van de concurrentie. Net zoals het verpakken, gebeurt ook de verzending in de hal, aangrenzend aan hal vier. Bij analyses over hal vier kan aangenomen worden dat de goederen het magazijn verlaten op de plaats van de pijl met nummer twee aangeduid op figuur 3.4.

3.3 Relevante voorstellen uit de literatuur

Aan de hand van de strategische beslissingen uit de literatuur en de omschrijving van de huidige situatie bij Vink, kunnen relevante voorstellen met betrekking tot het gebruik van opslaglocaties voor Vink aangehaald worden. Deze relevante voorstellen hebben als doel de magazijnefficiëntie bij Vink te verhogen. Strategische beslissingen met betrekking tot het bepalen van de verschillende afdelingen in het magazijn, de keuze van opslagbeleid en de keuze van opslagmethode behoren tot de draagwijdte van dit onderzoek.

3.3.1 Afdelingen

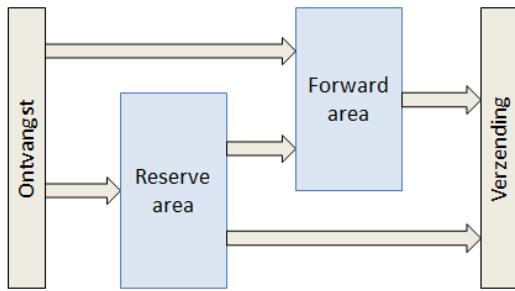
Eén van de strategische beslissingen om de efficiëntie in het magazijn te optimaliseren gaat over het bepalen van verschillende afdelingen in het magazijn. Afdelingen kunnen bij Vink bekeken worden als de verschillende afdelingen zoals hal vier dient voor de opslag van industriële platen en een andere afdeling voor de opslag van glasvezelkunststoffen. Veranderingen aan deze afdelingen behoren niet tot de draagwijdte van dit onderzoek, aangezien gefocust wordt op één van deze afdelingen, namelijk hal vier.

Er kan ook gekeken worden naar het indelen van hal vier in verschillende afdelingen zoals een cross-docking area, een forward area en een reserve area. Een cross-docking area is niet relevant voor Vink. De reden hiervoor is dat klanten van Vink vaak platen bestellen in kleinere hoeveelheden dan geleverd worden op palletten door de leveranciers. Er worden dus aparte platen besteld in plaats van volledige palletten. Cross-docking zou hier weinig meerwaarde hebben.

Momenteel bestaan een forward en een reserve area bij Vink, waarbij al de items een picklocatie hebben in de opslagrekken in de forward area. Een forward en een reserve area kunnen ook op een andere manier toegepast worden in hal vier. In de literatuur wordt aangegeven dat de forward en reserve area zich in dezelfde rekken kunnen bevinden (Gu et al., 2010). Voor Vink zou dit kunnen betekenen dat bijvoorbeeld enkel de drie laagste niveaus in de rekken gebruikt worden als forward area, aangezien dit ideale picklocaties zijn. Hogere opslaglocaties, vanaf het vierde niveau, kunnen als reserve area dienen.

Het voordeel hiervan is dat de pickingoperaties vlotter kunnen verlopen omdat enkel gepickt wordt uit de meest ideale locaties. Dit is belangrijk voor Vink aangezien de snelle leveringen van Vink zorgen voor een competitief voordeel op de markt. Bovendien blijkt uit de literatuur dat hoe kleiner de forward area is, hoe kleiner de gemiddelde tijd nodig om orders te picken (de Koster, Le-Duc, & Roosbergen, 2004). De forward area, die nu bestaat uit al de opslaglocaties in hal vier, zou verkleind kunnen worden naar enkel de drie laagste liggers. Het picken van de orders kan hierdoor sneller gaan.

Aangezien de forward area kleiner zou worden, kunnen bij Vink niet al de items een picklocatie krijgen. In de literatuur wordt aangegeven dat het mogelijk is om minder populaire items enkel locaties in de reserve area toe te wijzen (Meller & Thomas, 2015). In plaats van enkel uit de forward area te picken, kunnen goederen ook uit de reserve area gepickt worden. Door het herbekijken van het forward-reserve probleem bij Vink, zouden goederenstromen mogelijk zijn zoals weergegeven in figuur 3.8 op de volgende pagina. In vergelijking met de huidige goederenstromen in het magazijn, zoals besproken in sectie 3.2.2, is een extra goederenstroom mogelijk voor de items die uit de reserve area gepickt worden.



Figuur 3.8: Mogelijke goederenstromen

3.3.2 Opslagbeleid

De geschiktheid voor Vink van de drie basissoorten opslagbeleid, namelijk vaste, willekeurige en op klassen gebaseerde opslag, wordt overlopen. Opslag van groepering per familie is niet van toepassing op Vink. Vleugels D. geeft aan dat het weinig voorkomt dat bepaalde platen vaak samen besteld worden in één order (Persoonlijke communicatie, 29 augustus 2016). Daarnaast is een volledig willekeurig opslagbeleid onmogelijk bij Vink doordat zoveel verschillende afmetingen van platen en rekken bestaan. Hierdoor kunnen lege liggers in het magazijn niet opgevuld worden met al de types van platen aangezien het mogelijk is dat bepaalde platen niet in de vrije locaties passen.

Vaste opslag kan platen toewijzen aan opslagrekken die voldoende groot zijn. Hierdoor wordt het probleem van de grote variëteit in afmetingen van platen en opslagrekken opgelost. Bovendien kunnen materiaalbehandelingskosten geminimaliseerd worden door de meest gevraagde goederen in de beste locaties te plaatsen. Een bijkomend voordeel voor Vink is dat elke opslaglocatie aangepast kan worden aan de platen die erin geplaatst worden. Dit volgt uit de opmerking in sectie 3.2.2 waarin aangehaald wordt dat het in de oorspronkelijke liggers van de opslagrekken noodzakelijk is om sommige liggers verder uit elkaar te plaatsen indien het om hoge leveringen ging. Bovendien kan ruimte bespaard worden door de liggers dicht bij elkaar te plaatsen voor palletten die minder hoog geleverd worden.

Op klassen gebaseerde opslag is mogelijk bij Vink indien rekening gehouden wordt met het feit dat platen in eenzelfde klasse, ook in dezelfde opslaglocaties passen. Op die manier kunnen de producten binnen een klasse steeds willekeurig geplaatst worden in de toegewezen rekken. Dit zorgt voor een flexibele methode voor de opslag van de platen wat de ruimtebenutting verbetert ten opzicht van een vast opslagbeleid. Bij het indelen van klassen moet in de eerste plaats dus rekening gehouden worden met de afmetingen van de items. Het spreekt voor zich dat de lengte en de breedte in rekening gebracht moeten worden, aangezien de opslagrekken verschillen van lengte en breedte. Daarnaast is de hoogte van de leveringen ook van belang, aangezien de hoogte van de leveringen en de afstanden tussen de liggers in hal vier verschillen. Dit maakt dat de hoogte een relevant aspect is om in rekening te brengen bij het indelen van klassen. Daarbij zouden de klassen ook rekening kunnen houden met de populariteit van de items, zodat populaire klassen aan de beste locaties toegekend kunnen worden. Dit kan de materiaalbehandelingskosten beperken.

3.3.3 Opslagmethode

In de huidige lay-out van hal vier is een ruimte beschikbaar aan de zijkant waar geen rekken staan. Om deze ruimte optimaal te benutten, geeft Vleugels D. aan dat de kantoorunits in die ruimte verplaatst kunnen worden (Figuur 3.5). Dit zorgt voor extra ruimte om opslaglocaties te creëren die gebruikt kunnen worden als pick- of stocklocaties. Momenteel heeft deze ruimte de functie van een reserve area waar palletten worden opgeslagen door middel van blockopslag. Het plaatsen van opslagrekken of cantilevers zou ook mogelijk zijn in deze ruimte.

Cantilevers of draagarmstellingen zijn weergegeven in figuur 3.9. Het zijn standers met horizontale draagarmen. Deze draagarmen kunnen zich zowel aan één kant als aan beide kanten van de standers bevinden. Deze methode is toepasbaar voor zowel opslag van lichte als zware goederen en wordt vaak gebruikt voor opslag van goederen die variëren in lengte, breedte en gewicht. Bovendien is het een handige methode voor de opslag van bulkmaterialen en lange materialen (Burden, 2012).



Figuur 3.9: Cantilevers

De geschiktheid voor Vink van deze drie verschillende soorten opslagmethoden, namelijk blockopslag, opslagrekken en cantilevers wordt overlopen. De beslissing om deze drie methoden te vergelijken, volgt uit gesprekken met het management van Vink. In tabel 3.1 worden vijf verschillende criteria weergegeven die belangrijk zijn voor de opslag van industriële platen bij Vink. De verschillende opslagmethoden worden getoetst aan de criteria in samenspraak met het management van Vink. Opslagmethoden die goed scoren op een criterium krijgen drie stippen, die slecht scoren één stip.

Criteria	Blockopslag	Opslagrekken	Cantilevers
1 Risico beschadiging beperken	••	•••	•••
2 Bereikbaarheid	•	•••	•••
3 Ruimtebenutting	•••	••	•••
4 Flexibiliteit	•••	•	•••
5 Kleine investering	•••	•	•

Tabel 3.1: Vergelijken van verschillende opslagmethoden

Indien platen gepickt worden van palletten in blockopslag, kan dit leiden tot beschadiging van platen. De verpakking van de palletten wordt geopend waardoor kans op beschadiging verhoogt als andere palletten erop gestapeld worden. Een bijkomende uitdaging van blockopslag bij Vink is dat niet al de types van platen op elkaar gestapeld kunnen worden. Dit hangt af van het type kunststof en van de afmetingen. Het opeenstapelen van zware platen op fragile platen kan tot beschadiging van de fragile platen leiden. Platen die variëren van afmetingen kunnen ook niet altijd op elkaar geplaatst worden. Zo kunnen lange platen niet op korte platen gestapeld worden, aangezien de palletten niet stevig op elkaar zouden staan. Indien Vink blockopslag gebruikt, is het daarom beter om steeds dezelfde types van platen opeen te stapelen.

Indien steeds dezelfde types van platen opeen gestapeld worden, is een beter bereikbaarheid van de palletten mogelijk bij blockopslag. Palletten die nodig zijn kunnen immers van boven van de stapel palletten gehaald worden. Dit is niet het geval wanneer verschillende items op elkaar geplaatst worden in blockopslag. Medewerkers die de onderste pallet nodig hebben, moeten eerst de bovenste palletten eraf halen alvorens de onderste pallet te nemen. Vervolgens moeten de bovenste palletten teruggeplaatst worden. Dit alles neemt meer tijd in beslag. Bij opslagrekken en cantilevers kunnen medewerkers palletten steeds rechtstreeks bereiken.

In vergelijking met opslagrekken en cantilevers, wint blockopslag plaats in de hoogte door palletten rechtstreeks op elkaar te stapelen. Bij opslagrekken en cantilevers is het noodzakelijk om telkens voldoende ruimte vrij te houden tussen de liggers opdat het opslaan en picken van de palletten vlot kan verlopen zonder beschadigingen. Indien de hoogte vergeleken wordt van palletten die rechtstreeks opeengestapeld worden en van palletten die in opslagrekken geplaatst worden, is het duidelijk dat blockopslag minder ruimte in de hoogte vereist voor hetzelfde aantal palletten. Indien bij blockopslag enkel dezelfde types platen opeengestapeld worden, benut blockopslag daarom de ruimte goed indien voldoende palletten in voorraad zijn van de types platen. Hierdoor kunnen immers voldoende palletten op elkaar geplaatst worden. Stel dat maar één pallet in voorraad is, zou hier geen andere pallet op geplaatst worden. Dit zou veel ruimte verspillen in de hoogte. Aangezien hal vier een hoge hal is, wordt het nadeel voor opslagrekken en cantilevers hierin beperkt. Opeengestapelde palletten zouden vaak niet de volledige hoogte van het magazijn benutten indien weinig voorraad aanwezig is. Hierdoor zou ruimte verloren gaan in de hoogte. Het plaatsen van rekken of cantilevers is bij Vink een goede manier om de hoogte van hal vier volledig te benutten.

Naast de hoogte die nodig is voor de opslag van platen kan ruimtebenutting van de verschillende opslagmethoden op een bijkomende manier beoordeeld worden. Een rij van opslagrekken is weergegeven in figuur 3.10. De liggers hebben een bepaalde lengte en worden van elkaar gescheiden door de palen die ertussen staan. Bij de opslagrekken van Vink nemen deze palen telkens 85 mm in beslag. Bovendien moet naast de paal steeds voldoende ruimte beschikbaar zijn om de palletten vlot in en uit de opslagrekken te plaatsen. Zo moeten platen met een lengte van 3050 mm in een ligger met een lengte van 3200 mm geplaatst worden om voldoende ruimte vrij te houden. Hierdoor wordt ruimte verspilt door het gebruik van opslagrekken. Draagarmen van cantilevers hebben geen begrenzing in de lengte, waardoor minder ruimte verspilt wordt (Figuur 3.9).



Figuur 3.10: Rij opslagrekken

Met betrekking tot de flexibiliteit van opslagmethoden is het gebruik van opslagrekken benadeeld. Zowel in de breedte als in de lengte zijn cantilevers flexibeler. De lengte van opslagrekken is statisch. Langere platen kunnen niet in liggers geplaatst worden waarvan de lengte te kort is. Cantilevers zijn niet begrensd in de lengte, waardoor de lengte van de platen geen probleem vormt bij de opslag. De lengte van de draagarmen van cantilevers bepalen de breedte van de platen die erin geplaatst kunnen worden. Platen die smaller zijn dan de lengte van de draagarmen kunnen er steeds in geplaatst worden. Om smallere platen in de huidige opslagrekken bij Vink te plaatsen, is het plaatsen van extra dwarsbalken noodzakelijk. Betreffende de flexibiliteit in de hoogte, kan zowel de hoogte van de liggers van opslagrekken als de hoogte van de draagarmen van cantilevers aangepast worden.

Blockopslag is flexibel aangezien deze methode geen infrastructuur vereist en dus ook geen bijkomende beperkingen in afmetingen ondervindt. Bovendien brengt block opslag geen investeringen met betrekking tot infrastructuur met zich mee.

3.4 Conclusie relevantie Vink

Enkele conclusies kunnen genomen worden uit voorgaande bevindingen over de huidige processen bij Vink en de relevante aspecten voor Vink uit de literatuur. Deze aspecten hebben betrekking op de mogelijke afdelingen, het opslagbeleid en de opslagmethoden.

Met betrekking tot afdelingen in hal vier kan het herbekijken van de forward en de reserve area de efficiëntie in magazijn verhogen. Het gaat dan om een forward area in de onderste liggers van de opslagrekken en een reserve area in de bovenste liggers. Doordat de forward area kleiner wordt en de items enkel uit ideale picklocaties gepickt worden kan het pickingproces sneller verlopen. Dit is een belangrijk aspect voor Vink aangezien hun snelle leveringen voor een competitief voordeel op de markt zorgen.

Het opslagbeleid dat toegepast wordt, kan verschillen tussen afdelingen. Zo zou een forward area vaste opslaglocaties kunnen hebben en een reserve area een opslagbeleid op basis van klassen (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007). Bij het creëren van een forward en een reserve area in dezelfde opslagrekken zou dit een goede optie zijn voor Vink. Vaste opslaglocaties in de forward area optimaliseren de pickingefficiëntie. De reden hiervan is dat het picken van items bij Vink het meest ideaal is uit niveaus twee en drie van de opslagrekken. Met een vast opslagbeleid blijven de meest populaire items steeds op deze ideale picklocaties liggen. Bovendien raken orderpickers bekend met deze picklocaties, wat de pickingefficiëntie ook ten goede komt. De stock kan op een meer flexibele manier opgeslagen worden met behulp van een op klassen gebaseerd opslagbeleid. Het indelen van items in klassen moet gebeuren op basis van de afmetingen van de items. De klassen, met gelijkaardige afmetingen, kunnen dan aan een reeks van opslaglocaties toegewezen worden waarin de platen passen.

Een op basis van klassen gebaseerd opslagbeleid kan ook toegepast worden op picklocaties in de opslagrekken van Vink. Hierbij dient, naast de afmetingen van de items, extra belang gehecht te worden aan de populariteit van de items bij het indelen van items in klassen. De meest populaire klassen moeten aan de beste opslaglocaties toegewezen worden, namelijk aan de onderste drie niveaus in de opslagrekken. Dit voorkomt dat picklocaties van populaire items zich bovenaan in de rekken bevinden.

In het opslagbeleid dat Vink momenteel toepast, wordt geen rekening gehouden met de populariteit van de items. Populaire items kunnen picklocaties hoger in de rekken hebben, wat niet ideaal is. Een belangrijk voordeel van een vast opslagbeleid, de materiaalbehandelingskosten minimaliseren, wordt niet benut. Verbetering is mogelijk door populaire items in de beste locaties te plaatsen.

Tenslotte kunnen enkele conclusies getrokken worden met betrekking tot de geschiktheid van de verschillende opslagmethoden. Zoals de situatie bij Vink momenteel is, hebben alle items een picklocatie in de opslagrekken in hal vier. Dit zorgt ervoor dat picken van platen uit de reserve area overbodig is. Om de stock op te slaan in het huidige opslagbeleid van Vink is blockopslag hierdoor

interessant. Beschadiging van de platen wordt vermeden doordat niet gepickt wordt uit de reserve area. Bovendien dienen hiervoor geen extra investeringen gemaakt te worden voor infrastructuur.

Door de variatie in afmetingen en types kunststof kan Vink bij het toepassen van blockopslag best items van dezelfde soort op elkaar stapelen. Eén stapel van palletten zal dan steeds dezelfde soort items bevatten. De ruimtebenutting van blockopslag is dan enkel optimaal als voldoende palletten van de items in voorraad zijn. Blockopslag is dus een goede methode voor de opslag van bulkmaterialen waar veel voorraad van beschikbaar is. Bovendien zijn de palletten makkelijk bereikbaar aangezien de bovenste pallet genomen kan worden.

Voor items waarvan weinig palletten in voorraad zijn, kunnen cantilevers een goede methode zijn om de stock op te slaan. Bij blockopslag zouden deze palletten immers tussen andere palletten opgestapeld worden om de ruimte beter te benutten, wat voor Vink niet ideaal is omwille van de variatie in afmetingen en soorten kunststof. Picklocaties vinden best plaats in cantilevers of opslagrekken. Hierbij zijn cantilevers flexibeler en beter voor de ruimtebenutting.

Verder in dit onderzoek wordt enkel gefocust op de huidige lay-out van vink. Het opvullen van de vrije ruimte in hal vier wordt niet verder onderzocht. Het is een interessant onderwerp voor verder onderzoek aangezien Vink opslaglocaties te kort heeft.

4 Toepassing bij Vink

In hoofdstuk 3 wordt aangegeven hoe de strategische beslissingen uit de literatuur met betrekking tot het bepalen van de verschillende afdelingen, het opslagbeleid en de opslagmethode relevant kunnen zijn voor Vink. In dit hoofdstuk wordt één toepassing concreet uitgewerkt op hal vier. Eerst en vooral dient beslist te worden welke relevante strategische beslissingen zullen toegepast worden. Vervolgens worden in dit hoofdstuk de tactische beslissingen uitgewerkt die daaruit volgen.

In dit hoofdstuk zal een toepassing van het forward- reserve probleem uitgewerkt worden waarbij de forward en reserve area zich in dezelfde rekken bevinden. Zoals aangegeven in hoofdstuk 3 zou hierdoor het pickingproces vlotter kunnen verlopen. Aangezien snelle leveringen een belangrijk aspect vormen van de service die Vink biedt, is dit van belang voor Vink.

Een beslissing over het type opslagbeleid dat zal toegepast worden in dit hoofdstuk dient ook genomen te worden. Zoals aangegeven in hoofdstuk 3 zou een vast opslagbeleid in de forward area en een op basis van klassen gebaseerd opslagbeleid in de reserve area voordelig zijn in hal vier. Indien een op klassen gebaseerd opslagbeleid uitgewerkt zou worden, is het noodzakelijk om de hoogte van de leveringen in rekening te nemen. Doordat geen data beschikbaar zijn over de hoogte van de leveringen is het minder interessant om een op basis van klassen gebaseerd opslagbeleid uit te werken in dit onderzoek. Items die tot één klasse behoren zouden immers in de praktijk van hoogte kunnen verschillen waardoor al de items niet in al de toegewezen locaties geplaatst kunnen worden. In dit hoofdstuk zal daarom het forward-reserve probleem toegepast worden met een vast opslagbeleid in beide afdelingen. Er wordt achterhaald hoeveel procent van de pickingactiviteit maximaal uit hal vier kan gebeuren, indien al de voorraad van de items in de opslagrekken gestockeerd wordt.

Ter vereenvoudiging worden in deze toepassing enkel de huidige opslagrekken in hal vier in rekening gebracht. Er dient verder dus geen beslissingen gemaakt te worden over de opslagmethode. Aangezien met de huidige opslagrekken gewerkt zal worden, worden in sectie 4.1 enkele analyses uitgevoerd om na te gaan of de opslaglocaties overeenstemmen met de platen in voorraad.

Uit de strategische beslissingen volgen enkele beslissingen op tactische niveau, namelijk het product-allocatieprobleem en het SLAP (Du et al., 2005). Eerst wordt het product-allocatieprobleem besproken in sectie 4.2. Hierbij worden items toegewezen aan de verschillende afdelingen, namelijk de forward en de reserve area. Vervolgens kan het SLAP uitgewerkt worden in sectie 4.3. Hierbij worden items toegewezen aan opslaglocaties binnen de afdelingen.

4.1 Analyses opslaglocaties en voorraad

De optimalisatie die verder in deze sectie onderzocht wordt, beschouwt de huidige opslagrekken in hal vier. Het is interessant om na te gaan of deze opslaglocaties overeenstemmen met de voorraad van Vink. Indien de afmetingen van de voorraad niet overeenstemmen met deze van de opslaglocaties, kan dit problemen geven bij het toepassen van het SLAP later in deze sectie. Zo zouden bijvoorbeeld te weinig lange opslagrekken aanwezig kunnen zijn om de hoeveelheid lange platen in voorraad te kunnen stockeren.

In een eerste algemene analyse wordt het volume dat beschikbaar is in het magazijn vergeleken met de volume van de voorraad. De grote variëteit in afmetingen van platen en opslaglocaties bij Vink maakt het echter interessanter om de analyse specifiek uit te voeren met betrekking tot de afmetingen van de platen en de opslaglocaties. Zo wordt eerst nagegaan of de lengtes van de voorraad overeenstemt met de lengtes van de beschikbare rekken. Vervolgens wordt eenzelfde analyse gedaan waarbij rekening wordt gehouden met zowel de lengtes als de breedtes van de voorraad en de opslagrekken.

4.1.1 Vergelijken volume voorraad en beschikbaar volume

Het beschikbare volume voor stockage in hal vier wordt geschat op 1891 m³. De berekening wordt gedaan door het volume per ligger te bekijken door middel van beschikbare lengte maal de breedte maal de beschikbare hoogte. Dit wordt vermenigvuldigd met het aantal liggers. In de berekening wordt rekening gehouden met het feit dat ruimte nodig is om de palletten in en uit de rekken te halen. Hiervoor wordt 10 cm aan elke zijkant in de lengte voorzien. Volgens D. Vleugels is dit genoeg om de palletten zonder beschadiging in de rekken te plaatsten. Om dit in de berekening mee te nemen, wordt een beschikbare lengte van 4000 mm geteld voor rekken met een lengte van 4200 mm. Dit omdat rekken van 4200 mm platen tot en met een lengte van 4000 mm kunnen stockeren. Voor de hoogte van de liggers in de rekken wordt 670 mm gebruikt. In de hoogte wordt acht cm ruimte vrijgehouden om de platen zonder beschadiging in en uit de rekken te verplaatsten. De hoogte van de pallet zelf mag ook niet meegenomen worden in de berekening van het beschikbare volume. Een pallet heeft een gemiddelde hoogte van 144 mm. De beschikbare hoogte voor stockage per ligger wordt hierdoor 446 mm. Bovendien zijn acht opslaglocaties beschikbaar per opslagrek.

Om het volume van de voorraad te berekenen, wordt de fysieke voorraad op drie willekeurige dagen berekend. Deze dagen zijn 1 april 2016, 15 augustus 2016 en 30 december 2016. De lengte, de breedte, de hoogte en het aantal platen worden vermenigvuldigd per type plaat en opgeteld voor al de platen. Het volume van de voorraad die fysiek beschikbaar was op de verschillende momenten is weergegeven in tabel 4.1 op de volgende pagina. Dit volume is verdeeld over gemiddeld 33000 platen en 764 verschillende items.

	Volume voorraad (m³)
01/04/2016	534
15/08/2016	636
30/12/2016	675

Tabel 4.1: Volumens voorraad

Het hoogste volume van de voorraad gemeten op één van de willekeurige dagen, nl. 675 m³, is 36% van het totale volume beschikbaar in het magazijn voor stockage. Op basis van deze analyse lijkt de voorraad in het magazijn te passen en zou de huidige lay-out goed zijn om als gegeven te beschouwen bij verdere analyses. Enkele bedenkingen kunnen gemaakt worden bij deze eerste analyse.

Ten eerste zijn voor de berekeningen van de volumes van de voorraad momentopnames gebruikt. De beperking hiervan is dat er momenten kunnen zijn waarop de fysieke voorraad groter kan zijn. Ten tweede kan verwacht worden dat het percentage gebruikte ruimte niet erg hoog kan liggen bij Vink. Dit komt door de grote variëteit in afmetingen van de items in voorraad. Het bereiken van een hoger percentage gebruikte ruimte is een extra uitdaging bij Vink omdat platen met verschillende lengtes en breedtes niet in al de rekken passen. Zo kan bijvoorbeeld een plaat van 4000 mm niet gestockeerd worden in een rek van 3200 mm. Een plaat met een lengte van 2000 mm moet in een 3200 mm rek geplaatst worden, omdat geen kleinere rekken aanwezig zijn in hal vier. Hierdoor kan mogelijk niet al het beschikbaar volume in hal vier gebruikt worden. Dit maakt het interessant om een verdere analyse te doen die focust op de afmetingen van de voorraad en de opslagrekken.

4.1.2 Vergelijken lengte voorraad en opslagrekken

De volgende analyse onderzoekt de overeenstemming tussen de lengtes van de voorraad en de lengtes van de opslagrekken. 98 opslagrekken zijn aanwezig in hal vier. Ongeveer 40%, 38 rekken, hiervan hebben een lengte van 4200 mm. De overige 60 rekken hebben een lengte van 3200 mm. Om de lengtes van de voorraad te bepalen, wordt gekeken naar de verschillende lengtes van platen die fysiek in voorraad waren op vier willekeurige data. De mogelijke lengtes van platen in hal vier variëren tussen 1000 en 4050 mm. Er worden vier intervallen opgesteld en nagegaan hoeveel procent van de platen in deze intervallen liggen. Dit kan dan vergeleken worden met het percentage van de opslagrekken waar ze bij voorkeur in gestockeerd kunnen worden. Dit alles wordt weergegeven in tabel 4.2.

De intervallen werden bepaald door rekening te houden met de verschillende lengtes van de rekken, nl. 3200 en 4200 mm. Het eerste interval is voor platen met een lengte van maximaal 2000 mm. In vergelijking met de afmetingen van de rekken gaat het om heel korte platen. De meeste platen hebben een lengte van 3000 mm tot en met 3050 mm. Deze platen worden verdeeld over intervallen twee en drie. Hierbij maken platen van 3000 mm nog deel uit van het tweede interval. Platen langer dan 3000 mm tot en met een lengte van 3050 mm behoren tot interval drie. Intervallen twee en drie zijn op die manier opgesplitst om te voorkomen dat te veel

platen in één interval zouden vallen. Deze opsplitsing geeft hierdoor een duidelijker beeld weer. Het vierde interval bevat platen, langer dan 3050 mm die niet in rekken van 3200 mm geplaatst kunnen worden en steeds opslag in rekken van 4200 mm vereisen.

Bij voorkeur zouden platen tot 3050 mm in rekken van 3200 mm geplaatst worden om zo weinig mogelijk ruimte te verspillen. Platen hebben op die manier aan beide kanten tot 7.5 cm ruimte vrij om vlotte opslag- en pickingoperaties uit te voeren. Platen tot 3050 mm in een rekken van 4200 mm stockeren zou ruimte verspillen aangezien aan de zijkanten meer ruimte over zou zijn dan noodzakelijk.

	1	2	3	4
Lengte platen	$0 < x \leq 2000$	$2000 < x \leq 3000$	$3000 < x \leq 3050$	$3050 < x \leq 4050$
Passen in rekken van:	3200 mm	3200 mm	3200 mm	4200 mm
% platen 30/08/2015	21%	39%	36%	4%
% platen 01/04/2016	21%	43%	32%	4%
% platen 15/08/2016	17%	41%	38%	4%
% platen 30/12/2016	19%	36%	41%	4%
Gemiddelde	20%	40%	36%	4%

Tabel 4.2: Percentages platen binnen intervallen m.b.t. lengtes

Uit tabel 4.2 blijkt dat de voorraad fysiek beschikbaar op de willekeurige data relatief goed overeenkomt. De gemiddelden hiervan zijn weergegeven in de onderste rij van de tabel. De eerste drie intervallen, met andere woorden gemiddeld 96% van de fysieke voorraad, worden bij voorkeur in 3200 mm rekken geplaatst. Er werd vastgesteld dat slechts 60% van de rekken uit hal vier een lengte van 3200 mm hebben. De overige 4% van de platen uit interval vier moet geplaatst worden in 4200 mm rekken. 40% van de rekken in het magazijn hebben deze lengte. Er lijken te weinig rekken van 3200 mm te zijn en een overschot aan 4200 mm rekken. Er kan opgemerkt worden dat twee korte platen uit het eerste interval naast elkaar geplaatst kunnen worden in de 4200 mm rekken. Dit wordt reeds toegepast bij Vink en zou het tekort aan 3200 mm rekken en de overschot aan 4200 mm rekken verkleinen. Dit wordt niet verder onderzocht. Bovendien kunnen korte platen ook in 4200 mm rekken geplaatst worden. Dit is echter niet optimaal voor het ruimtegebruik in het magazijn.

4.1.3 Vergelijken lengte en breedte voorraad en opslagrekken

Omdat de breedtes van opslagrekken en platen ook sterk variëren in hal vier, wordt een gelijkaardige analyse uitgevoerd waarin de lengte en de breedte samen onderzocht worden. Voordat deze analyse uitgevoerd wordt, is het noodzakelijk om eerst enkele aspecten met betrekking tot de breedte van rekken en platen bij Vink te bespreken. Tabel 4.3 geeft de breedtes van de rekken in hal vier weer met bijhorende percentages van het aantal rekken met deze breedtes.

Breedtes rekken:	Rijen:	% totaal aantal rekken:
1200 en 1300	B E F	50%
1600	A	17%
2100	C D	33%

Tabel 4.3: Percentage rekken in het magazijn met bepaalde breedtes

De verschillende breedtes van de platen in hal vier variëren tussen 52 en 2150 mm. In tabel 4.4 wordt weergegeven welke breedtes van platen bij voorkeur passen in bijhorende rekken. Hoewel het nadelig is voor het ruimtegebruik, kunnen smallere platen steeds in bredere rekken gestockeerd worden. De breedtes van de platen zijn ingedeeld in intervallen. Deze intervallen zijn bepaald op basis van de breedtes van de rekken in hal vier.

Breedte platen:	Intervallen:	Bij voorkeur gestockeerd in rekken met breedte:
$52 < x \leq 1300$	B1	1200 en 1300 mm
$1300 < x \leq 1600$	B2	1600 mm
$1560 < x \leq 2150$	B3	2100 mm

Tabel 4.4: Platen met voorkeursrekken

Nu meer informatie over de breedtes van de rekken en platen bij Vink beschikbaar is, kan verder gegaan worden met de analyse die de lengtes en de breedtes van de rekken en platen samen onderzoekt. Tabel 5.5 geeft percentages van de afmetingen van de infrastructuur en van de voorraad. Infrastructuur wijst op de afmetingen van de rekken en de voorraad wijst op de afmetingen van de fysieke voorraad op de drie willekeurige momenten in 2016. De percentages op komen relatief goed overeen, wat het betrouwbaar maakt om hierop verder te gaan.

	Lengte 3200 mm			Lengte 4200 mm		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3
Infrastructuur	30%	10%	20%	19%	7%	12%
Voorraad:						
01/04/2016	63%	16%	17%	0%	2%	2%
15/08/2016	57%	22%	17%	0%	2%	2%
30/12/2016	55%	22%	18%	0%	2%	2%
Gemiddelde	59%	20%	17%	0%	2%	2%

Tabel 4.5: Percentages rekken en voorraad met bepaalde breedte en lengte

Het ideale scenario doet zich voor als de percentages van de infrastructuur minimum gelijk zijn aan die van de voorraad. Dit zou betekenen dat meer dan voldoende opslagrekken de voorkeursafmetingen hebben, horende bij die platen in voorraad. Dit is niet het geval bij de grijs gekleurde vakken in tabel 4.5. Zoals uit de vorige analyse bleek, lijkt er een tekort aan rekken van 3200 mm. Meer specifiek kan gezegd worden dat te weinig smallere rekken van 1200, 1300 en 1600 mm lijken aanwezig te zijn.

4.1.4 Conclusie analyses opslaglocaties en voorraad

Een algemene analyse over de volumes van de beschikbare ruimte in het magazijn en de voorraad geven geen problemen aan. De beschikbare ruimte lijkt voldoende groot voor de fysieke voorraad.

Indien gekeken wordt naar de lengte van de rekken en de items blijkt een tekort van 3200 mm rekken aanwezig te zijn in het magazijn. Hoewel dit inefficiënt is voor het ruimtegebruik, passen kortere platen in de langere rekken. Zo kunnen platen van 3000 mm best in 3200 mm geplaatst worden, maar kan een 4200 mm rek ook gebruikt worden. Dit zal dus geen probleem vormen bij het toewijzen van items aan opslaglocaties. Bovendien wordt dit probleem in praktijk beperkt door het feit dat twee korte platen uit het eerste interval naast elkaar in de lange rekken van 4200 mm geplaatst kunnen worden. Ter vereenvoudiging van analyses wordt hier in deze toepassing geen rekening mee gehouden. Met betrekking tot de breedte lijken te weinig smalle rekken aanwezig te zijn in hal vier. Hoewel ook dit inefficiënt is voor het ruimtegebruik, kunnen smalle platen in bredere rekken geplaatst worden indien dwarsbalken in de liggers geplaatst worden.

Er kan geconcludeerd worden dat de afmetingen van opslagrekken in hal vier relatief goed overeenstemmen met de platen in voorraad. Hoewel het niet altijd optimaal lijkt voor de ruimtebenutting en het plaatsen van dwarsbalken noodzakelijk kan zijn, wordt op basis van deze bevindingen verwacht dat bij het uitwerken van het SLAP de items goed in de rekken zullen passen.

4.2 Product-allocatieprobleem in de forward en de reserve area

In deze sectie wordt bepaald welke items in de forward en de reserve area geplaatst zullen worden in deze toepassing. Het doel van deze toepassing is om te bepalen hoeveel procent van de pickingactiviteit uit hal vier kan gebeuren met een vast opslagbeleid, waarbij de volledige voorraad van de items in de opslagrekken geplaatst zal worden. Aangezien het gaat om de volledige voorraad van de items in de opslagrekken zal de reserve area in deze toepassing de voorraad bevatten van de items in de forward area. Bij het oplossen van het product-allocatieprobleem zullen in deze toepassing dus dezelfde items worden toegewezen aan de forward area als aan de reserve area. De beslissing over welke items toe te wijzen aan beide afdelingen kan dus samen genomen worden.

Eerste en vooral is het van belang om te weten hoeveel opslaglocaties nodig zijn per item in een vast opslagbeleid. Er zijn 784 opslaglocaties aanwezig in hal vier. Indien de items meer dan 784 opslaglocaties nodig hebben, kunnen niet al de items gestockeerd worden in de opslagrekken en dient een beslissing gemaakt te worden over welke items te stockeren in hal vier. Om de maximale pickingactiviteit mogelijk uit hal vier te bepalen, wordt gefocust op de meest populaire items. Daarom wordt in sectie 4.2.2 een analyse uitgevoerd met betrekking tot de populariteit van de items.

4.2.1 Aantal opslaglocaties nodig

In deze sectie wordt onderzocht hoeveel locaties de items nodig hebben bij het toepassen van een vast opslagbeleid. Uit de literatuur blijkt dat een vast opslagbeleid voldoende locaties moet voorzien om de maximale voorraad van de items te stockeren (de Koster, Le-Duc, & Roosbergen, 2007).

Er kan vanuit gegaan worden dat elke pallet in voorraad een opslaglocatie nodig heeft. Het maximaal aantal palletten in voorraad per item is dus gelijk aan het aantal locaties nodig in het magazijn. Het maximaal aantal palletten in voorraad moet dus achterhaald worden.

Twee moeilijkheden doen zich voor bij het bepalen van het maximaal aantal palletten in voorraad. De eerste moeilijkheid is dat geen gegevens beschikbaar zijn over het aantal palletten, maar enkel over het aantal platen in voorraad. Om dit probleem op te lossen wordt een assumptie gemaakt over het aantal platen dat op een pallet geleverd wordt. Er wordt verondersteld dat steeds 50 platen per pallet geleverd worden. Vermunicht P. geeft aan dat het aantal platen per pallet sterk verschilt per item, maar dat 50 platen per pallet een aanvaardbare assumptie is.

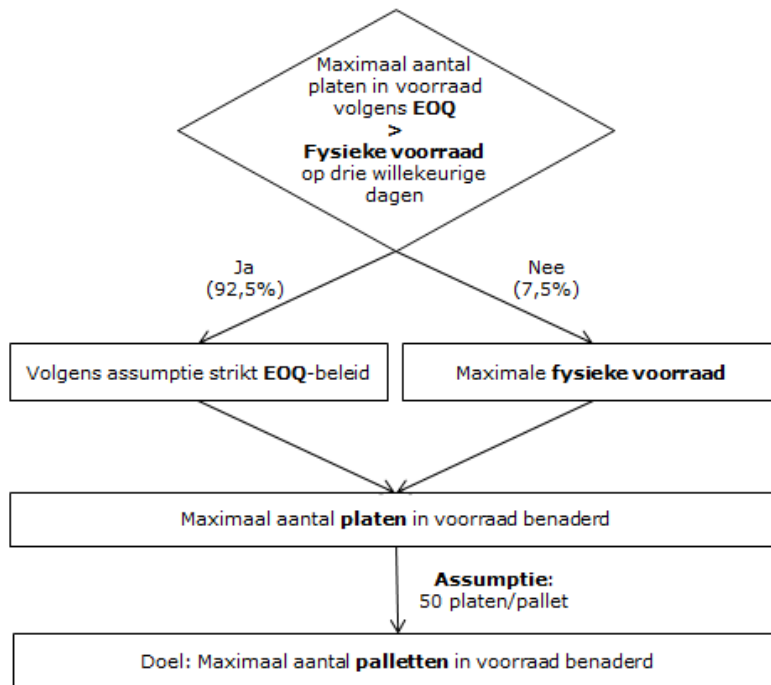
Een tweede moeilijkheid betreft het feit dat geen gegevens beschikbaar zijn over het maximaal aantal platen in voorraad. Het maximaal aantal platen in voorraad moet dus benaderd worden om daarna, met behulp van de assumptie dat 50 platen op één pallet liggen, het maximaal aantal palletten in voorraad te benaderen.

Bij de benadering van het maximaal aantal platen in voorraad wordt ondersteld dat Vink een strikt EOQ-beleid toepast. Dit houdt in dat steeds dezelfde hoeveelheid van een item aangekocht wordt zodra de voorraad in het magazijn zakt onder een bepaalde minimum voorraad (Bottani, Montanari, Ferretti, & Rinaldi, 2015). De minimum voorraad per item in het magazijn is gegeven en wordt opgeteld met het aantal aangekochte platen bij elke bestelling. Zo wordt de maximale hoeveelheid platen in het magazijn berekend per item. De assumptie van een strikte EOQ-beleid blijkt niet altijd correct, aangezien ongeveer de helft van de items niet steeds in dezelfde hoeveelheid aangekocht wordt, wat wel het geval zou zijn bij het strikt toepassen van een EOQ-beleid. Bij de berekening van de maximale voorraad volgens een strikt EOQ-beleid wordt steeds gewerkt met de hoogste aankophoeveelheid.

Door de verschillende aankophoeveelheden blijkt dat Vink het EOQ-beleid niet strikt toepast. Er wordt een extra controle uitgevoerd om na te gaan of het maximaal aantal platen in voorraad goed benaderd is door middel van de assumptie van een strikt EOQ-beleid. Het verdere verloop van deze analyse wordt weergegeven in figuur 4.1. De extra controle wordt gedaan met behulp van het aantal platen dat fysiek in voorraad was op drie willekeurige data in 2016. Indien de vorige benadering van het maximaal aantal platen volgens het strikt EOQ-beleid goed zou zijn, zou de fysieke voorraad op elk moment kleiner moeten zijn dan het bekomen resultaat.

Bij 57 van de 764 items, of 7.5% van de items, blijkt de fysieke voorraad op één van de willekeurige dagen groter dan de benaderde maximale voorraad volgens een strikt EOQ-beleid.

Voor 53 van de 57 items zijn verschillen tot maximaal 100 platen merkbaar. Voor vier items zit de EOQ-berekening er uitzonderlijk naast en zijn er verschillen tot maximaal 600 platen. Voor deze 57 items wordt de maximale voorraad benaderd met de maximale voorraad op één van de willekeurige dagen.



Figuur 4.1: Werkwijze benadering maximaal aantal palletten in voorraad

Het aantal platen maximaal in voorraad is benaderd. Met behulp van de assumptie dat 50 platen per pallet geleverd en opgeslagen worden, kan het aantal palletten maximaal in voorraad per item berekend worden. Dit aantal palletten is gelijk aan het aantal opslaglocaties, nodig bij het toepassen van een vast opslagbeleid. In bijlage 1 (Tabel A.1) wordt een tabel weergegeven waarin items en het bijhorende aantal nodige locaties weergegeven is. Zo wordt bijvoorbeeld duidelijk dat 485 items maar 1 opslaglocatie nodig hebben in het magazijn. Er zijn 1669 locaties nodig om de totale voorraad van al de items te stockeren in opslagrekken met vaste opslaglocaties. Aangezien maar 784 opslaglocaties aanwezig zijn in hal vier, dient een beslissing genomen te worden welke items te stockeren in hal vier voor deze toepassing. Hiervoor wordt gekeken naar de populariteit van de items.

4.2.2 Populariteit

Alle 764 items in hal vier hebben 1669 opslaglocaties nodig om volledig gestockeerd te worden met een vast opslagbeleid. Aangezien 784 opslaglocaties aanwezig in het magazijn, dient beslist te worden welke items op te slaan in hal vier bij het uitwerken van deze toepassing. Om de maximale pickingactiviteit mogelijk uit hal vier te bekomen, zal gefocust worden op de meest populaire items. De analyse in deze sectie onderzoekt daarom de populariteit van de items.

De populariteit van items hangt samen met het aantal keer de items besteld worden. Bij Vink is het aantal keer dat producten besteld worden ook effectief het aantal keer dat de producten gepickt worden. Dit komt doordat orderpickers bij Vink pick-by-order toepassen. Indien bijvoorbeeld batchpicking wordt toegepast, kan het aantal keer dat items besteld worden, verschillen van het aantal keer de items gepickt worden. Pickers kunnen dan meerdere orders tegelijk picken (de Koster, Le-Duc, & Roodbergen, 2007). Verschillende orders met dezelfde items kunnen tegelijk gepickt worden, waardoor items vaker besteld worden dan ze effectief gepickt worden.

Vink heeft data voorzien van al de verkooporders van 2016 voor items uit hal vier. Er wordt veronderstelt dat items uit hal vier een heel jaar door op een constante manier besteld worden en er dus geen seizoensinvloeden zijn. Volgens Vleugels D. is dit een realistische veronderstelling.

De data van verkooporders geven informatie over het aantal keer de items gepickt worden. Deze informatie kan in de eerste plaatst helpen bij het bepalen welke items in de forward area geplaatst zullen worden. In dit onderzoek worden dezelfde items ook in de reserve area geplaatst. Ten tweede is deze informatie ook belangrijk bij het toewijzen van de goederen aan de vaste opslaglocaties. Goederen die vaker gepickt worden, krijgen dan een betere locatie in het magazijn. Hier wordt op teruggekomen bij de uitwerking van het SLAP.

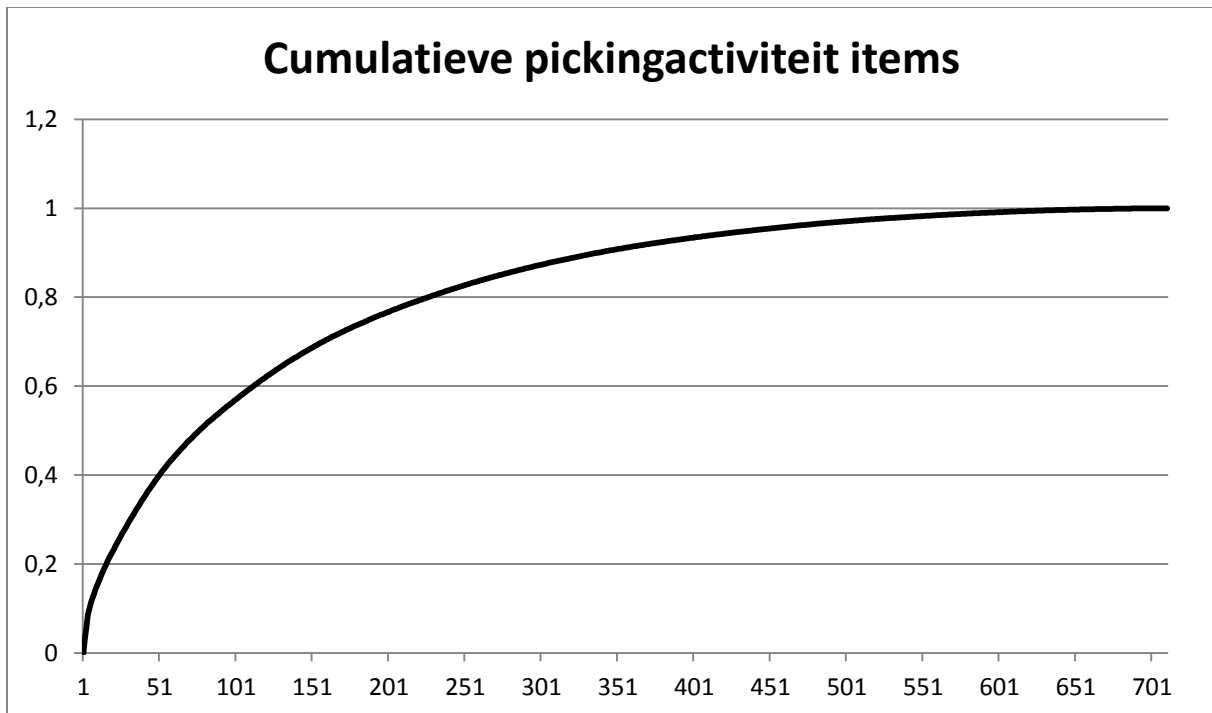
In Excel wordt een lijst gecreëerd waarvan een voorbeeld wordt weergegeven in tabel 4.6. Hierin zijn itemnummers weergegeven in de eerste kolom. In de tweede kolom wordt het aantal keer dat het item gepickt werd in 2016 weergegeven. De rijen zijn geordend in dalende volgorde van kolom twee, zodat de platen die het meest gepickt worden bovenaan in de lijst staan. Met behulp van het totaal aantal keer platen gepickt werden in hal vier in 2016, namelijk 33 341 keer, kunnen percentages berekend worden die weergeven hoeveel elke item bijdraagt tot de jaarlijkse pickingactiviteit. Dit wordt weergegeven in de derde kolom. Op basis van deze kolom worden in de vierde kolom gegevens over de cumulatieve pickingactiviteit gecreëerd. Uit de cumulatieve kolom kan afgeleid worden hoeveel items zorgen voor een bepaald percentage van de pickingactiviteit in hal vier.

Itemnr	Aantal keer gepickt (2016)	% van totale pickingactiviteit	Cumulatieve pickingactiviteit	Populariteit
0435234	1105	0,033	0,033	1
0439382	898	0,027	0,060	2
0439167	843	0,025	0,085	3
0439165	495	0,015	0,100	4
206064	455	0,014	0,114	5
0448441	360	0,011	0,125	6
0405527	307	0,009	0,134	7
0449189	300	0,009	0,143	8
0448461	296	0,009	0,152	9
305378	290	0,009	0,160	10

Tabel 4.6: Data Excel gegevens picking

Om deze gegevens duidelijker weer te geven, wordt een grafiek geplott met die cumulatieve gegevens van de pickingactiviteiten in hal vier in figuur 4.2. Deze grafiek is gebaseerd op het Pareto-principe. Dit principe houdt in dat ongeveer 20% van de moeite zorgt voor ongeveer 80% van het resultaat (Coleman, 2015). Herleid naar deze toepassing zouden 20% van de items leiden tot 80% van de picking activiteit. Als dit onderzocht wordt op het magazijn van Vink, kan uit deze

grafiek afgeleid worden dat 80% van de pickingactiviteit in hal vier ontstaat door 227 items. Aangezien 764 items aanwezig zijn in hal vier, kan gezegd worden dat 30% van de items leiden tot 80% van de pickingactiviteit.



Figuur 4.2: Cumulatieve pickingactiviteit items

Items	% items	Aantal keer picken	Picking frequentie	% pickingactiviteit
157 items	20%	t.e.m. 60 keer per jaar	gemiddeld om de 6 dagen	70%
227 items	30%	t.e.m. 40 keer per jaar	gemiddeld om de 9 dagen	80%
338 items	44%	t.e.m. 22 keer per jaar	gemiddeld om de 16 dagen	90%

Tabel 4.7: Informatie pickingactiviteit

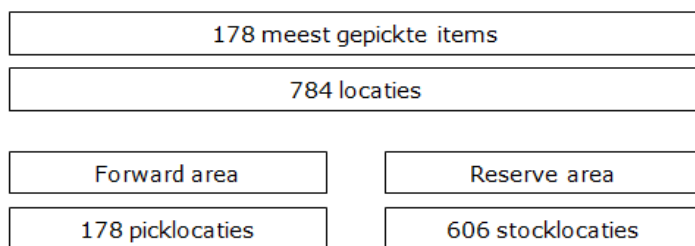
Indien Vink bijvoorbeeld 70% van de pickingactiviteit uit de forward area zou willen uitvoeren, is het noodzakelijk om 157 items een picklocatie te geven in de forward area. In tabel 5.7 worden enkele willekeurige voorbeelden aangegeven met informatie uit Excel-bestanden, omschreven in tabel 5.6. Uit tabel 4.7 kan bijvoorbeeld afgeleid worden dat 20% van de items zorgen voor 70% van de pickingactiviteit. Het gaat hierbij om 157 items die minimaal 60 keer per jaar gepickt worden, met andere woorden worden de items minimaal gemiddeld om de 6 dagen gepickt.

In dit onderzoek wordt op voorhand geen percentage bepaald van de pickingactiviteit die uit de forward area zal gebeuren of het aantal items dat in de forward area geplaatst zal worden. Het aantal van de meest populaire items dat in de opslagrekken geplaatst zal worden, is afhankelijk van het aantal opslaglocaties de items vereisen. Aangezien 784 opslaglocaties aanwezig zijn in de opslagrekken bij Vink, kunnen de meest populaire items, die samen tot 784 opslaglocaties vereisen, toegewezen worden aan de forward en de reserve area.

4.2.3 Conclusie product-allocatieprobleem

Indien de analyses uit sectie 4.2.1 en 4.2.2 gecombineerd worden, blijkt dat de 178 populairste items 784 opslaglocaties nodig hebben om volledig gestockeerd te worden. Dit zijn 23% van de items die instaan voor 73.5% van de jaarlijkse pickingactiviteit. In bijlage 1 (Tabel A.2) wordt een tabel weergegeven met de items en het bijhorende aantal opslaglocaties dat ze nodig hebben.

In figuur 4.3 is weergegeven hoeveel locaties nodig zijn om alle platen te stockeren in de forward en de reserve area indien een vaste opslagmethode gebruikt wordt. 178 items worden toegewezen aan de forward area. Er zijn dus 178 picklocaties nodig. Het aantal stocklocaties nodig in de reserve area is het totaal aantal items min één picklocatie. Een item dat bijvoorbeeld maximaal tien palletten in voorraad heeft, zal tien vaste opslaglocaties toegewezen krijgen. Hiervan is één locatie een picklocatie in de forward area en negen locaties zijn stocklocaties in de reserve area. Op die manier wordt duidelijk dat van de 784 locaties, 178 picklocaties zijn en de overige 606 stocklocaties. De toewijzing van deze items aan de nodige locaties wordt behandeld in de volgende sectie waarin het SLAP wordt uitgewerkt.



Figuur 4.3: Aantal opslaglocaties nodig in de forward en de reserve area

4.3 SLAP in de forward en de reserve area

In de vorige sectie werd het product-allocatieprobleem behandeld en werd beslist om 178 items toe te wijzen aan de forward en de reserve area. Om de volledige voorraad van deze items te stockeren met een vast opslagbeleid zijn 784 opslaglocaties nodig. Items toewijzen aan locaties is een operationele beslissing. Aangezien elk item een picklocatie nodig heeft, zullen 178 opslaglocaties nodig zijn in de forward area. De overige stock van deze items wordt opgeslagen in 606 stocklocaties in de reserve area. In deze sectie wordt het SLAP behandeld waarbij de items worden toegewezen aan opslaglocaties in de forward area en aan stocklocaties in de reserve area.

Het toewijzingsprobleem kan behandeld worden als een gemengd geheeltallig programmeringsprobleem, wat ook mixed integer programming (MIP) genoemd wordt. Er worden modellen opgesteld en opgelost met behulp van de optimalisatie software AIMMS. Het SLAP wordt benaderd op twee verschillende manieren om het forward-reserve probleem uit te werken. De eerste manier beschouwd het sequentieel toewijzen van items aan de forward area en de reserve area. Hierbij wordt een eerste model opgesteld om items toe te wijzen aan picklocaties in de forward area. Een tweede model zorgt voor de toewijzing van bijhorende stock aan stocklocaties in

de reserve area. De tweede manier bekijkt het SLAP voor de forward area en de reserve area in een geïntegreerd model.

4.3.1 Sequentiële methode SLAP

Het eerste model dat besproken wordt, wijst items toe aan picklocaties. Het tweede model wijst items toe aan de nodige stocklocaties. Al de modellen die besproken worden, werken op een gelijkaardige manier.

4.3.1.1 Model toewijzing picklocaties

Zoals reeds vermeld, kan het toewijzingsprobleem gezien worden als een gemengd geheeltallig programmeringsprobleem. Items worden gelinkt aan opslaglocaties waarbij onmogelijke combinaties van items en opslaglocaties worden uitgesloten. Onmogelijke combinaties doen zich voor wanneer afmetingen van opslaglocaties te klein zijn om de items te stockeren. Deze beperkingen worden weerspiegeld in parameter a_{ij} . De parameter a_{ij} krijgt een waarde nul als de combinatie van item en opslaglocatie onmogelijk is, wat een toewijzing uitsluit. De waarde één wordt gebruikt als de combinatie wel mogelijk is. Daarnaast worden de meest geschikte locaties voor de items gevonden op basis van verschillende elementen. Voor het eerste model zijn twee elementen van belang, namelijk de pickingefficiëntie en de ruimtebenutting. Om beide elementen in rekening te brengen, worden fictieve kosten toegekend die hoger zijn voor de minder ideale opslaglocaties of minder ideale combinaties van items en opslaglocaties.

De pickingefficiëntie is een eerste element waarmee rekening gehouden wordt bij het zoeken naar geschikte picklocaties in de forward area. Voor picklocaties is het belangrijk dat de items op de meest ideale picklocaties liggen. Ideale of minder ideale locaties weerspiegelen zich bij Vink in de verschillende niveaus van de opslaglocaties in de opslagrekken. Zoals in hoofdstuk 3 aangegeven, bevinden de meest ideale picklocaties zich op niveaus twee en drie in de opslagrekken. Niveau één is iets minder ideaal, maar kan nog dienen als een efficiënte picklocatie. Vanaf niveau vier en hoger is het steeds minder ideaal om picklocaties te voorzien. Omdat opslaglocaties op niveau twee en drie ideale picklocaties zijn, worden geen fictieve kosten toegekend aan opslaglocaties op deze niveaus. Opslaglocaties op niveau één krijgen een fictieve kost van 10 toegekend en op niveau vier een fictieve kost van 100. De fictieve kosten nemen toe met een logaritmische schaal tussen deze niveaus, omdat dit de voorkeur voor niveau twee en drie kan weerspiegelen. De fictieve kost voor opslaglocaties op niveau vijf is 500. Vanaf niveau vijf wordt de fictieve kost telkens met 500 verhoogd. Een logaritmische schaal wordt niet meer gebruikt omdat het verschil in pickingefficiëntie tussen de hogere niveaus minder groot is. In bijlage B (Tabel B.1) worden de toegekende fictieve kosten weergegeven. De fictieve kosten worden toegekend in het model door middel van parameter N_j . Op deze manier worden dus de meer en minder ideale opslaglocaties onderscheiden.

Items die het meest gepickt worden, moeten in de beste picklocaties liggen. De populariteit van de items wordt ook in rekening gebracht in het model. Dit gebeurt via parameter K_i . Deze parameter

krijgt de waarde van het aantal keer items gepickt werden in 2016 (Bijlage C). De parameter is dus groter voor meer populaire items.

Een tweede element dat opslaglocaties al dan niet geschikt maakt voor items heeft betrekking op de ruimtebenutting. De ruimtebenutting kan best optimaal zijn in de opslagrekken. Dit houdt in dat bij voorkeur kleinere platen in kleinere locaties geplaatst worden. Zo is voor items tot en met een lengte van 3050 mm een opslaglocatie met een lengte van 3200 mm meer geschikt dan een opslaglocatie van 4200 mm. Ook met betrekking tot de breedte is dit het geval. Hogere fictieve kosten voor ruimtebenutting worden toegekend aan minder geschikte combinaties van items en locaties. De manier waarop de kosten zijn bepaald wordt weergegeven in bijlage B (Tabellen B.2 tot en met B.5). In tabellen B.3 en B.4 zijn voorbeelden gegeven van afmetingen van twee mogelijke locaties en twee mogelijke items. Tabel B.5 maakt de mogelijke combinaties van deze items en locaties. Deze vier combinaties worden terug vernoemd in tabel B.2, waarin de berekeningen worden uitgevoerd. Hier wordt het verschil van lengtes en breedtes tussen items en locaties in rekening gebracht. De fictieve kosten worden toegekend in het model door middel van parameter R_{ij} .

De variabelen in het model zijn X_{ij} en Z . X_{ij} geeft de uiteindelijke toewijzing van een item aan een opslaglocatie weer. Deze variabele krijgt de waarde 1 als blijkt dat item i aan locatie j werd toegekend. De waarde nul wordt gegeven indien de combinatie niet gemaakt wordt. Z is de doelfunctiewaarde die de totale kosten weerspiegelt. De elementen van de modellen worden weergegeven.

De gebruikte indices zijn:

Index $i = 1, \dots, m$ te plaatsen items

Index $j = 1, \dots, n$ mogelijke locaties

De parameters zijn:

a_{ij} =1 als item i geplaatst kan worden in locatie j
=0 als item i niet past in locatie j

K_i aantal keer dat item i gepickt wordt

N_j fictieve kosten bij het gebruik van locatie j

R_{ij} fictieve kosten van de niet benutte ruimte indien item i in locatie j geplaatst wordt

De variabelen zijn:

X_{ij} =1 als item i wordt toegewezen aan locatie j
=0 als item i niet wordt toegewezen aan locatie j

Z Totale kost

In dit eerste model worden dus eerst de 178 items aan een picklocatie toegewezen. Het aantal te plaatsen items is 178 en het aantal mogelijke locaties is 784, aangezien 784 opslaglocaties aanwezig zijn in hal vier. Het model is een kostenminimalisatieprobleem waarvan de doelfunctie bestaat uit twee delen die de twee besproken elementen, pickingefficiëntie en ruimtebenutting, aangeven (Tabel 4.8). Het eerste deel van de doelfunctie bestaat uit de fictieve kosten die toegekend worden aan minder ideale opslaglocaties en heeft dus betrekking op pickingefficiëntie. Het tweede deel van de doelfunctie beschouwt de fictieve kost voor de niet benutte ruimte in een opslaglocatie en heeft dus betrekking op de ruimtebenutting.

Model 1:

$$\text{Minimaliseer } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n N_j * X_{ij} * K_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} * R_{ij}$$

Subject to

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} * a_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (1.1)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \leq 1 \quad \forall j \quad (1.2)$$

$$X_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, \forall j$$

Beperking (1.1) geeft weer dat elke item moet worden toegewezen aan één locatie. Beperking (1.2) zorgt ervoor dat elke locatie maximaal één item krijgt toegewezen.

Verschillende varianten van het model worden opgesteld. De varianten verschillen in het belang dat toegekend wordt aan de twee elementen van pickingefficiëntie en ruimtebenutting. Model 1 geeft gelijke gewichten aan beide elementen. Model 2 hecht bij de toewijzing van items aan opslaglocaties veel belang aan pickingefficiëntie. Hiermee wordt bedoeld dat items aan de meest ideale picklocaties worden toegekend. Model 3 stelt de ruimtebenutting als prioriteit bij de toewijzing. De drie modellen worden vergeleken en één model wordt gekozen voor verdere analyse. De beperkingen die gegeven zijn bij model 1 zijn ook van toepassing op model 2 en 3.

Model 2:

$$\text{Minimaliseer } Z = 100 * \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n N_j * X_{ij} * K_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} * R_{ij}$$

Model 3:

$$\text{Minimaliseer } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n N_j * X_{ij} * K_i + 100 * \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} * R_{ij}$$

Omschrijving	Notatie	Model 1	Model 2	Model 3
Doelfunctiewaarde	Z	15 327	15 723	1 090 500
Fictieve kosten met betrekking tot pickingefficiëntie	$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n N_j * X_{ij} * K_i$	2 200	0	17 200
Fictieve kosten met betrekking tot ruimtebenutting	$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} * R_{ij}$	13 127	15 723	10 733

Tabel 4.8: Resultaten modellen toewijzing items aan picklocaties

In tabel 4.8 worden de doelfunctiewaarden van de verschillende modellen weergegeven. Het is belangrijk om op te merken dat deze waarden niet vergeleken kunnen worden tussen de verschillende modellen. Dit komt doordat verschillende gewichten zijn toegekend aan de elementen van de doelfunctie in model 2 en 3. Deze gewichten laten de totale kosten in de doelfunctie stijgen, waardoor de totale kosten niet vergelijkbaar zijn. De fictieve kosten van beide elementen van de doelfunctie zoals aangegeven in tabel 4.8 zijn wel vergelijkbaar voor de drie modellen aangezien de gewichten van de elementen zijn weggelaten.

In model 2 wordt meer belang gehecht aan de pickingefficiëntie. In de output is duidelijk dat alle 178 items aan een ideale picklocatie worden toegewezen op niveau twee of drie in de opslagrekken. Beide niveaus in de opslagrekken zijn bijna volledig opgevuld, zowel de rekken met een lengte van 3200 als de rekken met een lengte van 4200 mm rekken. Platen korter dan 3050 mm worden ook in 4200 mm rekken geplaatst, wat niet optimaal is voor het ruimtegebruik.

Indien zoals in model 3 het tweede deel van de doelfunctie zwaarder doorweegt, blijkt dat enkele opslaglocaties op niveau één en niveau vier van 3200 mm rekken benut worden. Dit terwijl opslaglocaties van 4200 mm nog vrij zijn op niveaus twee en drie. Meer bepaald krijgen 32 items een picklocatie toegekend op niveau één en 14 items een picklocatie op niveau vier. Model 3 focust op een optimale ruimtebenutting. Deze ruimtebenutting bevat aspecten van de breedte en de lengte van platen en opslaglocaties. Met betrekking tot de lengte bijvoorbeeld, zullen platen tot 3050 mm zoveel mogelijk in 3200 mm rekken geplaatst worden. 4200 mm rekken worden vermeden.

Zoals in sectie 4.1 duidelijk wordt, hebben 96% van alle items lengtes tot en met 3050 mm. Bij voorkeur worden deze items in 3200 mm rekken geplaatst om een optimale ruimtebenutting te bekomen. Indien meer in detail gekeken wordt naar de 178 items die nu toegekend worden aan picklocaties, blijkt dat 166 items lengtes hebben tot en met 3050 mm. Deze items worden in model 3 toegekend aan opslaglocaties met een lengte van 3200 mm, aangezien model 3 veel belang hecht aan de ruimtebenutting. In tabel 4.8 is merkbaar dat de ruimtekosten in dit model het laagst liggen in vergelijking met de andere modellen. De kosten met betrekking tot pickingefficiëntie liggen het hoogst in model 3, aangezien items aan minder ideale picklocaties zijn toegewezen op niveaus één en vier.

Model 1 kent gelijke gewichten toe aan beide elementen in de doelfunctie. De output in tabel 4.8 geeft aan dat het model een middenweg is tussen de andere twee modellen. De kosten met betrekking tot pickingefficiëntie zijn hoger dan model 2 en lager dan model 3. In dit model worden items vooral toegewezen aan niveaus twee en drie in de opslagrekken, maar 22 items krijgen een picklocatie op niveau één toegekend. Met betrekking tot de ruimtebenutting scoort dit model slechter dan model 3 en beter dan model 2.

Het doel van deze modellen is om items toe te wijzen aan picklocaties. Aangezien voor picklocaties de pickingefficiëntie het meest van belang is, lijkt model 2 het beste model om items toe te wijzen aan opslaglocaties in de forward area. Om stocklocaties toe te wijzen in het volgende model zal dus verder gewerkt worden op model 2. Dit model zorgt ervoor dat enkel gepickt wordt uit de ideale picklocaties op niveaus twee en drie in de opslagrekken. In bijlage E wordt dit model uitgebreid weergegeven zoals het in AIMMS opgelost kan worden.

4.3.1.2 Model toewijzing stocklocaties

In het vorige model zijn de 178 items toegewezen aan picklocaties in de forward area. In het model dat nu besproken wordt, worden items toegewezen aan stocklocaties in de reserve area. De reserve area zal zich in dezelfde rekken bevinden als de forward area, in de overige locaties. Hierbij wordt verder gegaan op model 2. In dit model dienen nog 606 stocklocaties een plaats te krijgen in de reserve area.

De redenering in het model dat vervolgens opgebouwd wordt, is gelijkaardig met de redenering besproken in het vorige model. De doelfunctie in het vorige model bestond uit twee elementen, namelijk fictieve kosten met betrekking tot pickingefficiëntie en ruimtebenutting. In het model om de overige stock van de items toe te kennen aan locaties in de reserve area, wordt het element van pickingefficiëntie niet meer in rekening gebracht. Picken uit de reserve area is in de optimalisatie die uitgewerkt wordt in dit onderzoek niet nodig, aangezien alle 178 items een picklocatie krijgen in de forward area. Het element van ruimtebenutting blijft wel van toepassing voor de stocklocaties.

Een element dat erbij komt in de doelfunctie heeft betrekking op de afstand tussen de picklocatie en de stocklocaties van items. Aangezien picklocaties dienen bijgevuld te worden met voorraad uit de reserve area, is het van belang dat beide locaties zich niet te ver van elkaar bevinden. Twee voorbeelden van de fictieve kosten die hier aan toegekend worden, zijn weergegeven in bijlage D. In de bijlage staat de plattegrond van hal vier weergegeven. De aangeduide locatie stelt de picklocatie voor van een bepaald item. In de overige rekken zijn getallen geplaatst die fictieve kosten voorstellen. Dit zijn de fictieve kosten die toegekend worden indien de bijhorende stocklocaties aan die opslagrekken toegewezen worden. Alle opslagrekken op de plattegrond waar geen cijfers in staan, krijgen een kost van 1000 toegekend. Dit zijn de minst ideale scenario's. Het ideale scenario doet zich voor als de stocklocaties zich in dezelfde rek of in de rekken net naast de rek van de picklocatie bevinden. Hier worden de fictieve kosten op nul gezet. Verder worden stocklocaties in dezelfde rij van rekken als de picklocatie verkozen, tot maximaal vier rekken

verder dan de rek waarin de picklocatie zich bevindt. De opslaglocaties in deze rekken krijgen kosten van 5 tot en met 15 toegekend zoals wordt aangegeven in bijlage D. Bovendien wordt verondersteld dat stocklocaties kunnen toegekend worden, met een grotere fictieve kost van 100, aan opslagrekken in andere rijen dan de picklocatie. Dit is echter enkel gewenst indien de rekken zich ter hoogte van de opslagrek van de picklocatie bevinden in het magazijn. Dit wordt weergegeven in de figuren in bijlage D. De fictieve kosten die worden toegekend met betrekking tot de afstanden tussen de picklocatie, toegekend in het vorige model, en de stocklocaties worden aangegeven met parameter d_{ij} .

De modellen worden gelijkaardig opgebouwd als de modellen in de vorige sectie. De gebruikte indices i en j zijn dezelfde. De parameter N_j valt weg omdat deze betrekking had op pickingefficiëntie die niet meer in rekening wordt gebracht. Naast parameter d_{ij} wordt nog een extra parameter L_i toegevoegd. Deze parameter bevat het aantal nodige stocklocaties van een item. De waarde van deze parameter is afkomstig van de berekeningen in sectie 4.2.1 waar het aantal nodige locaties per item bepaald werd. Aangezien elk item een picklocatie krijgt toegewezen, is het aantal stocklocaties nodig per item gelijk aan het aantal nodige locaties min één. Bovendien wordt variabele Y_{ij} gebruikt in plaats van variabele X_{ij} .

De parameters zijn:

a_{ij}	=1 als item i geplaatst kan worden in locatie j =0 als item i niet past in locatie j
R_{ij}	fictieve kosten van de niet benutte ruimte indien item i in locatie j geplaatst wordt
d_{ij}	fictieve kosten van de afstand tussen de picklocatie van item i en de bijhorende stocklocatie in locatie j
L_i	het aantal nodige stocklocaties voor item i

De variabelen zijn:

Y_{ij}	=1 als item i wordt toegewezen aan locatie j =0 als item i niet wordt toegewezen aan locatie j
Z	Totale kost

Er worden twee varianten van het model opgesteld. In model 5 wordt extra gewicht toegekend aan de afstanden tussen pick- en stocklocaties, aangezien dit een belangrijk aspect is bij de toewijzing van stocklocaties. Model 4 en 5 hebben dezelfde beperkingen.

Model 4:

$$\text{Minimaliseer } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Y_{ij} * d_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Y_{ij} * R_{ij}$$

Model 5:

$$\text{Minimaliseer } Z = 100 * \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Y_{ij} * d_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Y_{ij} * R_{ij}$$

Subject to

$$\sum_{j=1}^n Y_{ij} * a_{ij} = L_i \quad \forall i \quad (1.3)$$

$$\sum_{i=1}^m Y_{ij} \leq 1 \quad \forall j \quad (1.4)$$

$$Y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, \forall j$$

Beperking (1.3) geeft weer dat elke item moet worden toegewezen aan het aantal nodige opslaglocaties. Beperking (1.4) zorgt ervoor dat elke locatie maximaal één item krijgt toegewezen.

Omschrijving	Notatie	Model 4	Model 5
Doelfunctiewaarde	Z	72 695	723 145
Fictieve kosten met betrekking tot afstand picklocatie en stocklocaties	$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Y_{ij} * d_{ij}$	6 610	6 570
Fictieve kosten met betrekking tot ruimtebenutting	$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Y_{ij} * R_{ij}$	66 085	66 145

Tabel 4.9: Resultaten modellen toewijzing items aan stocklocaties

In tabel 4.9 worden de resultaten van de verschillende modellen weergegeven. Ook hier kunnen de doelfunctiewaarden niet geïnterpreteerd worden, omwille van de extra gewichten die toegekend zijn in doelfunctie van model 5. De overige fictieve kosten kunnen wel vergeleken worden. Hoewel model 5 extra belang hecht aan de afstanden tussen pick- en stocklocaties, blijkt dit weinig verschil te geven in de output in vergelijking met model 4. Model 5 heeft iets lagere kosten met betrekking tot dit element, en iets hogere kosten met betrekking tot ruimtegebruik.

Er zijn maar kleine verschillen merkbaar tussen de prestaties van model 4 en 5. Er wordt besloten om model 5 te gebruiken om items aan stocklocaties toe te kennen, aangezien dit model iets meer belang hecht aan de afstanden tussen pick- en stocklocaties.

4.3.2 Geïntegreerde methode SLAP

De redenering van het geïntegreerd model is dezelfde als de redenering, gevolgd in sectie 4.3.1, van de sequentiële methode. Aangezien het hier om één model gaat dat zowel picklocaties als stocklocaties toekent, komen de verschillende elementen van beide modellen uit de vorige sectie samen aan bod. Deze elementen weerspiegelen zich in de doelfunctie van het geïntegreerde model en zijn de fictieve kosten met betrekking tot pickingefficiëntie, ruimtebenutting en de afstand tussen pick- en stocklocaties.

In het sequentiële model zijn gewichten toegekend aan de verschillende elementen van de doelfunctie. Zo werd model 2 verkozen voor de toewijzing van de items aan de forward area. Dit model kende meer gewicht toe aan het element van pickingefficiëntie. Model 5 werd gekozen voor de toewijzing aan de reserve area, wat meer belang hechtte aan de afstand tussen de pick- en stocklocaties. Deze gewichten worden overgenomen in het geïntegreerd model. Hierdoor kunnen doelfunctiewaarden achteraf vergeleken worden.

Om de mogelijke locaties weer te geven werd, steeds index j gebruikt. In dit model kan hiervoor ook index p gebruikt worden. De parameters en de variabelen zijn hetzelfde als bij de sequentiële methode. Ook de beperkingen hebben dezelfde betekenis.

Model 6:

Minimaliseer $Z =$

$$100 * \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n N_j * X_{ij} * K_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n R_{ij} * (X_{ij} + Y_{ij}) + 100 * \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{p=1}^n X_{ij} * Y_{ip} * d_{jp}$$

Subject to

$$\sum_{j=1}^n Y_{ij} * a_{ij} = L_i \quad \forall i$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} * a_{ij} = 1 \quad \forall i$$

$$\sum_{i=1}^m (X_{ij} + Y_{ij}) \leq 1 \quad \forall j$$

$$Y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, \forall j$$

$$X_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, \forall j$$

Model 6 is een niet-lineair programmeringsprobleem omwille van de vermenigvuldiging van X_{ij} en Y_{ip} in het laatste deel van de doelfunctie. Aangezien dit het probleem complexer maakt om een optimale oplossing te vinden, wordt het model aangepast om tot een lineair programmeringsprobleem te komen. Dit wordt gedaan door het toevoegen van een extra variabele Q_{jp} . Hierdoor wordt model 7 bekomen waarvan de beperkingen dezelfde zijn als in model 6, maar een extra beperking wordt bijgevoegd omwille van het gebruik van Q_{jp} .

Model 7:

Minimaliseer $Z =$

$$100 * \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n N_j * X_{ij} * K_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n R_{ij} * (X_{ij} + Y_{ij}) + 100 * \sum_{j=1}^m \sum_{p=1}^n Q_{jp} * d_{jp}$$

Subject to

$$\sum_{j=1}^n Y_{ij} * a_{ij} = L_i \quad \forall i$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} * a_{ij} = 1 \quad \forall i$$

$$\sum_{i=1}^m (X_{ij} + Y_{ij}) \leq 1 \quad \forall j$$

$$X_{ij} + Y_{ip} - 1 \leq Q_{jp} \quad \forall i, \forall j, \forall p$$

$$Y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, \forall j$$

$$X_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, \forall j$$

Het volledige beslissingsprobleem oplossen aan de hand van dit geïntegreerd model in AIMMS is niet mogelijk omwille van de omvang van het probleem. Het is niet mogelijk om met de gebruikte software de 784 locaties voor de 178 items toe te kennen met behulp van de geïntegreerde methode. Om aan te tonen dat dit model werkt en het vergelijken van de prestaties van de sequentiële methode en de geïntegreerde methode mogelijk te maken, wordt op beide modellen een vereenvoudigd probleem opgelost in de volgende sectie.

4.3.3 Vergelijken sequentieel en geïntegreerde methode SLAP

Aangezien het volledige beslissingsprobleem te uitgebreid is om de geïntegreerde methode op toe te passen, wordt in deze sectie een vereenvoudigd probleem beschouwd. Het vereenvoudigde probleem beschouwt een deel van de opslaglocaties in hal vier zoals aangegeven in figuur F.1 in bijlage F. Het probleem beschouwt 272 van de 784 opslaglocaties. Op een iteratieve manier is achterhaald voor hoeveel items het geïntegreerde model locaties kan toewijzen met de beschouwde software. Het geïntegreerd model kan met de beschouwde software de voorraad van de 27 meest populaire items aan de 247 nodige opslaglocaties toekennen. In bijlage F (Tabel F.1) wordt informatie weergegeven over de items die toegewezen worden in het vereenvoudigde probleem. Alle 27 items krijgen een picklocatie toegewezen en 220 bijhorende stocklocaties.

De elementen van de doelfuncties blijven dus zoals eerder besproken en ook de toegekende gewichten blijven zoals beslist in de vorige secties. De fictieve kosten worden ook op dezelfde manier bepaald als in de vorige modellen. De sequentiële methode wordt toegepast zoals omschreven in sectie 4.3.1 door het toepassen van model 2 en model 5. De geïntegreerde methode wordt toegepast zoals model 7, omschreven in sectie 4.3.2. In tabel 4.12 zijn de resultaten van het beslissingsprobleem weergegeven indien opgelost met de sequentiële methode en de geïntegreerde methode. De doelfunctiewaarde van het sequentiële model wordt bekomen door de doelfunctiewaarden van de twee aparte modellen, model 2 en model 5, op te tellen.

Omschrijving	Notatie	Sequentiële methode	Geïntegreerde methode
Doelfunctiewaarde	Z	1 488+294 286 =295 774	34 047
Fictieve kosten met betrekking tot pickingefficiëntie	$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n N_j * X_{ij} * K_i$	0	0
Fictieve kosten met betrekking tot ruimtebenutting voor picklocaties	$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} * R_{ij}$	1 488	2 600
Fictieve kosten met betrekking tot ruimtebenutting voor stocklocaties	$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Y_{ij} * R_{ij}$	23 286	23 447
Fictieve kosten met betrekking tot afstand picklocatie en stocklocaties	$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Y_{ij} * d_{ij}$	2 710	80

Tabel 4.10: Resultaten vereenvoudigd probleem beide methodes

Door de doelfunctiewaarden te vergelijken wordt duidelijk dat de geïntegreerde methode de kosten beter minimaliseert dan de sequentiële methode. Als verder naar de verschillende elementen van de doelfuncties gekeken wordt, kan afgeleid worden op welke vlakken beide methoden goed of slecht scoren ten opzicht van elkaar. Beide methode wijzen de items toe aan de meest efficiënte picklocaties, wat belangrijk is in de forward area. Met betrekking tot de ruimtebenutting presteert de sequentiële methode het beste, zowel bij de picklocaties als bij de stocklocaties.

Het grote verschil in de doelfunctiewaarden is echter afkomstig van de fictieve kosten, toegekend aan de afstand tussen de pick- en de stocklocaties. Ondanks het extra gewicht dat aan dit element toegekend wordt in de doelfunctie, zijn deze kosten hoog bij de sequentiële methode. De geïntegreerde methode, die hetzelfde gewicht krijgt toegekend aan dit element in de doelfunctie, slaagt er in om de afstanden tussen pick- en stocklocaties beter te minimaliseren. Dit is een zeer belangrijk aspect voor de toepassing in dit onderzoek, aangezien de picklocaties aangevuld worden met de voorraad uit de bijhorende stocklocaties. Kortere afstanden kunnen de materiaalbehandelingskosten verlagen.

4.3.4 Conclusie SLAP

Bij het toewijzen van items aan picklocaties in de forward area kunnen best modellen gebruikt worden die focussen op pickingefficiëntie. Bij het toewijzen van de bijhorende voorraad aan stocklocaties in de reserve area is het belangrijk om de afstand tussen de pick- en de stocklocaties te minimaliseren. Het geïntegreerde model dat besproken wordt, slaagt er beter in om deze afstanden te verkleinen. Om het SLAP uit te werken in het forward-reserve probleem dient daarom de geïntegreerde methode gebruikt te worden. Op die manier kunnen de materiaalbehandelingskosten verminderd worden.

Bij de sequentiële methode wijst het eerste model de items toe aan vaste picklocaties. Dit model kan gebruikt worden om het huidige opslagbeleid bij Vink te verbeteren, aangezien momenteel alle opslaglocaties in de opslagrekken vaste picklocaties zijn. Zoals aangegeven in hoofdstuk 3 neemt Vink de populariteit van de items niet in rekening bij het toewijzen van items aan opslaglocaties. Vink houdt wel rekening met de ruimtebenutting en de afmetingen van de platen en de rekken bij de toewijzing. Het toepassen van model 2 zou, naast deze elementen, ook rekening kunnen houden met de pickingefficiëntie. Door de meest populaire items aan de beste opslaglocaties toe te kennen, worden de materiaalbehandelingskosten verminderd.

De fictieve kosten die in de modellen van dit onderzoek toegepast worden, kunnen aangepast worden aan de praktijksituatie die onderzocht wordt. Zo kunnen bijvoorbeeld hogere kosten worden toegekend aan opslaglocaties die verder verwijderd zijn van het punt van aankomst of verzending van goederen. Dit zijn vaak minder ideale locaties aangezien de pickafstand langer is. Bovendien kunnen andere gewichten aan de verschillende elementen van kosten toegekend worden, waardoor ze al dan niet zwaarder doorwegen bij de toewijzing. Zo kan het management bijvoorbeeld kiezen om ruimtegebruik te optimaliseren of te focussen op pickingefficiëntie.

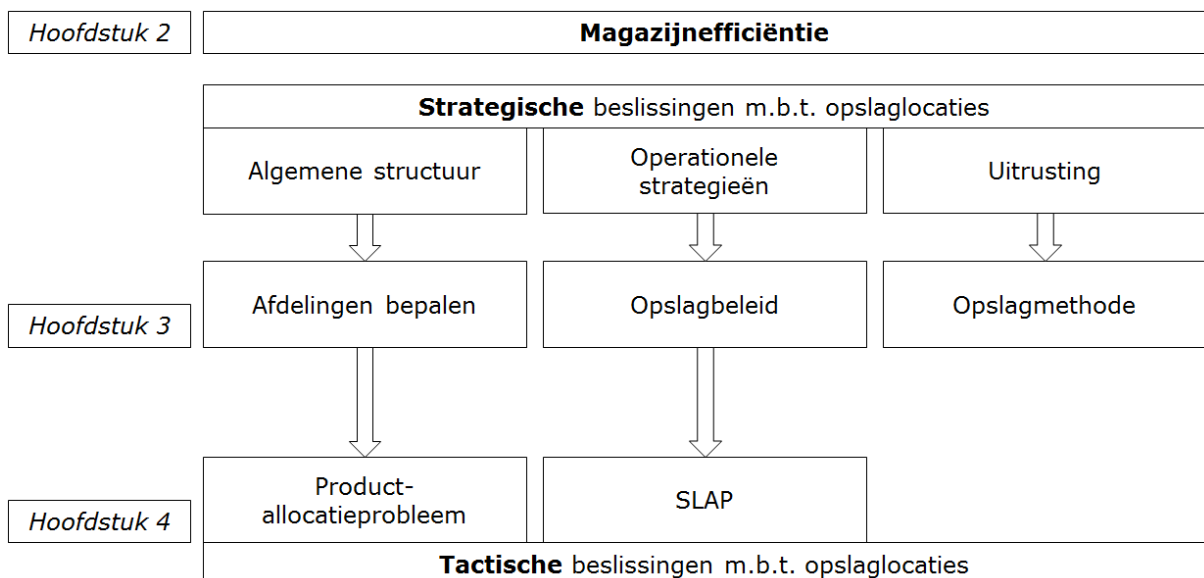
5 Algemene conclusies en kritische bemerkingen

In dit hoofdstuk worden algemene conclusies getrokken uit dit onderzoek die antwoorden geven op de algemene onderzoeksvraag. Deze conclusies beschrijven en linken de literatuurstudie in hoofdstuk 2, de relevantie voor Vink in hoofdstuk 3 en de uiteindelijke toepassing op Vink die uitgewerkt wordt in hoofdstuk 4. Daarnaast worden enkele kritische bemerkingen en mogelijke onderwerpen voor verder onderzoek aangehaald.

5.1 Algemene conclusies

Het belang van efficiënte logistieke processen in de supply chain is toegenomen door de algemene trend naar meer productvariëteit en het toepassen van het JIT principe. Magazijnen vormen een belangrijk element in de supply chain. Bovendien is het belang van magazijnen binnen een efficiënte supply chain toegenomen door de meer wereldwijd gerichte productie en de geglobaliseerde handel. Daarom is de optimalisatie van magazijnefficiëntie een belangrijk aspect om logistieke kosten te verlagen en competitief te blijven in de markt.

Uit de literatuurstudie in hoofdstuk 2 blijkt dat zowel strategische beslissingen als tactische en operationele beslissingen de magazijnefficiëntie beïnvloeden. Dit onderzoek heeft betrekking op de optimalisatie van het gebruik van opslaglocaties bij Vink en focust dus op de beslissingen met betrekking tot opslaglocaties die relevant zijn voor Vink. Deze beslissingen worden weergegeven in figuur 5.1.



Figuur 5.1: Relevante beslissingen uit de literatuur

Strategische beslissingen ter optimalisatie van opslaglocaties bij Vink hebben betrekking op reeksen van beslissingen betreffende de algemene structuur, de operationele strategieën en de uitrusting in het magazijn. Meer specifiek gaan de relevante beslissingen over het bepalen van afdelingen, het type opslagbeleid en de opslagmethode. Dit wordt omschreven in hoofdstuk 3. Enkele tactische beslissingen volgen uit deze strategische beslissingen, namelijk het product-allocatieprobleem en het SLAP. Deze tactische beslissingen worden in hoofdstuk 4 uitgewerkt in de toepassing op Vink.

Met betrekking tot het bepalen van afdelingen is het forward-reserve probleem relevant voor Vink. Door de hoge opslagrekken in het magazijn van Vink is het picken van platen uit de liggers op de hogere niveaus tijdrovend. Hierdoor kan het forward-reserve probleem, waarbij beide afdelingen zich in dezelfde opslagrekken bevinden, zorgen voor een verbetering in de magazijnefficiëntie. De liggers op de eerste drie niveaus in de opslagrekken zijn ideale picklocaties en kunnen de forward area vormen. Orders kunnen snel gepickt worden doordat de meest populaire items in de beste locaties liggen. Dit is een belangrijk aspect voor Vink aangezien hun snelle leveringen een competitief voordeel zijn op de markt. De overige liggers in de opslagrekken kunnen de reserve area vormen.

Een andere strategische beslissing die relevant is voor Vink heeft betrekking op de operationele strategieën. Met betrekking tot opslaglocaties leidt dit tot een beslissing over het type opslagbeleid dat toegepast wordt. De basissoorten zijn willekeurige, vaste en op klassen gebaseerd opslagbeleid. Het willekeurige opslagbeleid is geen optie voor Vink omwille van de grote variatie in afmetingen van de platen. Een opslag op basis van klassen is relevant voor Vink indien klassen worden ingedeeld op basis van afmetingen. Deze flexibele methode kan voor een optimale ruimtebenutting bij Vink zorgen. Dit type van opslagbeleid is in de opslagrekken van Vink interessant om bulkmaterialen te stockeren.

Een op klassen gebaseerd opslagbeleid kan ook toegepast worden voor picklocaties. Naast het indelen van de productklassen op basis van afmetingen, is het belangrijk om ook de populariteit van de items in rekening te brengen. Bij Vink worden de meest populaire klassen best aan de drie onderste niveaus in de opslagrekken toegewezen.

Een vast opslagbeleid is mogelijk voor Vink en heeft als voordeel dat de opslagrekken aangepast kunnen worden aan de items die erop geplaatst worden. Zo kunnen de hoogte van de liggers aangepast worden aan de hoogte van de leveringen. Daarnaast kunnen de liggers in bredere locaties, waar smallere platen aan toegewezen zijn, aangepast worden met dwarsbalken wat de opslag mogelijk maakt. Het nadeel van een vast opslagbeleid is dat de ruimtebenutting niet optimaal is. Het maximaal aantal opslaglocaties per item moet voorzien worden zodat de maximale voorraad van de items gestockeerd kan worden.

Een laatste strategische beslissing die relevant is voor Vink heeft betrekking op de uitrusting in het magazijn. Meer bepaald gaat het over het bepalen van een geschikte opslagmethode voor de overige ruimte in het magazijn. Er kan geconcludeerd worden dat cantilevers de beste opslagmethode zijn voor picklocaties bij Vink. Opslagrekken zijn ook mogelijk, maar cantilevers zijn

flexibeler en beter voor de ruimtebenutting. Voor de opslag van bulkmaterialen zijn zowel blockopslag als cantilevers geschikte opslagmethoden. Indien Vink blockopslag toepast, worden best enkel items van hetzelfde type op elkaar gestapeld. Dit zorgt voor een goede bereikbaarheid van de items en voorkomt beschadiging van platen door te voorkomen dat bijvoorbeeld zware materialen op fragile materialen geplaatst worden. Op die manier is blockopslag een goede methode voor de opslag van bulkmaterialen, indien voldoende palletten van de items in voorraad zijn. Hierdoor wordt de hoogte in het magazijn goed benut. Voor items die weinig palletten in voorraad hebben, is het dan beter om cantilevers te gebruiken. In cantilevers kunnen verschillende items boven elkaar geplaatst worden, zodat de hoogte van het magazijn goed benut wordt.

In hoofdstuk 4 wordt, aan de hand van de relevante strategische beslissing uit hoofdstuk 3, één toepassing op Vink verder onderzocht. De toepassing creëert een forward en een reserve area in de huidige opslagrekken van Vink en past een vast opslagbeleid toe. In hoofdstuk 4 wordt gefocust op de tactische beslissingen die volgen uit deze strategische beslissingen, namelijk het product-allocatieprobleem en het SLAP.

Om de 764 items te stockeren met een vast opslagbeleid, zijn 1669 opslaglocaties nodig. Het magazijn van Vink telt 784 opslaglocaties. In dat magazijn kunnen met het toepassen van een vast opslagbeleid de 178 meest populaire items gestockeerd worden met bijhorende voorraad. Deze items zorgen voor 73.5% van de pickingactiviteit in het magazijn.

Het SLAP wijst items toe aan opslaglocaties en kan benaderd worden als een gemengd geheeltallig programmeringsprobleem. Er worden modellen opgesteld en opgelost met behulp van de software AIMMS. Twee methodes om het SLAP uit te werken voor het forward-reserve probleem worden vergeleken. De sequentiële methode gebruikt twee modellen om de picklocaties en stocklocaties toe te wijzen aan respectievelijk de forward area en de reserve area. De geïntegreerde methode bestaat uit één model dat beide toewijzingen doet.

Platen worden enkel toegewezen aan opslaglocaties waarin ze passen. Dit is een belangrijk element voor Vink omwille van de grote variëteit in afmetingen van platen en opslaglocaties. Bovendien worden platen toegewezen aan opslaglocaties die de voorkeur krijgen met betrekking tot de ruimtebenutting. Zo worden kleinere items toegewezen aan kleinere locaties. Bij de toewijzing van items aan picklocaties worden de meest populaire items aan de beste opslaglocaties toegewezen. Bij het toewijzen van items aan stocklocaties wordt de afstand tussen de picklocaties en de bijhorende stocklocaties geminimaliseerd.

De forward area bestaat in deze toepassing uit 178 opslaglocaties op niveaus twee en drie in de opslagrekken. De overige 606 opslaglocaties zijn de reserve area. Bij het oplossen van het SLAP kan best de geïntegreerde methode gebruikt worden. Deze methode minimaliseert de afstanden tussen de picklocaties en bijhorende bulklocaties het beste. Dit is belangrijk om de materiaalbehandelingskosten te beperken, aangezien een kleinere afstand afgelegd wordt bij het aanvullen van de forward area met items uit de reserve area.

Het eerste model dat gebruikt wordt in de sequentiële methode wijst items toe aan vaste picklocaties. Aangezien de opslagrekken in het magazijn van Vink allemaal vaste picklocaties zijn, zou dit model het huidige opslagbeleid van Vink kunnen verbeteren. Bij een toewijzing met behulp van het model, zouden de meest populaire items worden toegekend aan de beste picklocaties. Dit zou de materiaalbehandelingskosten verlagen en het pickingproces sneller laten verlopen, aangezien Vink momenteel geen rekening houdt met de populariteit van de items.

De fictieve kosten die in de modellen van dit onderzoek toegepast worden, kunnen aangepast worden aan de praktijksituatie die onderzocht wordt. Zo kunnen bijvoorbeeld hogere kosten worden toegekend aan opslaglocaties die verder verwijderd zijn van het punt van aankomst of verzending van goederen. Dit zijn vaak minder ideale locaties aangezien de pickafstand langer is. Bovendien kan het belang dat gehecht wordt aan de verschillende elementen zoals bijvoorbeeld pickingefficiëntie en ruimtebenutting gewijzigd worden. Zo kan het management kiezen om ruimtegebruik te optimaliseren of te focussen op pickingefficiëntie.

5.2 Kritische bemerkingen en aanbevelingen voor verder onderzoek

In dit onderzoek zijn enkele aspecten vereenvoudigd. Zo heeft Vink naast hal vier nog andere hallen om industriële platen op te slaan. Het volledige probleem van de industriële platen bij Vink wordt dus niet aangepakt. Hoewel het probleem compacter gemaakt is, kan de werkwijze in het empirische gedeelte uitgebreid worden naar het volledige probleem.

Daarnaast is, zoals aangegeven in sectie 3.2.2, niet gewerkt met de opslagrekken zoals ze momenteel zijn bij Vink. In dit onderzoek wordt verondersteld dat de opslagrekken zo zijn als bij de opzet van het magazijn in 2013. Hoewel hier recent enkele veranderingen in aangebracht zijn, kunnen de resultaten van de toewijzing in hoofdstuk 4 toch relevant zijn. Dit komt door het vaste opslagbeleid dat toegepast wordt in deze toepassing. Hierdoor kunnen opslaglocaties aangepast worden indien nodig. Als bijvoorbeeld blijkt dat items in hoge stapels geleverd worden en niet tussen de liggers passen waaraan ze toegewezen zijn, kunnen de liggers verder uit elkaar geplaatst worden. Dit is een terechte assumptie aangezien het wijzigen van de hoogte van de liggers relatief eenvoudig is.

Enkele bijkomende vereenvoudigingen hebben betrekking op de toepassing in hoofdstuk 4. In deze toepassing is gefocust op het behalen van een maximale pickingactiviteit in hal vier waarbij de volledige voorraad van de items in de opslagrekken geplaatst wordt. Hierdoor werd de voorraad van de 178 meest populaire goederen van opslaglocaties voorzien in de opslagrekken. Voor de overige 586 items is geen oplossing uitgewerkt. Er zijn 1669 opslaglocaties nodig zijn om de gehele voorraad te stockeren met een vast opslagbeleid. Aangezien 784 opslaglocaties beschikbaar zijn in de opslagrekken, zijn 885 opslaglocaties te kort om effectief de gehele voorraad van alle items te stockeren met een vast opslagbeleid. De toepassing in hoofdstuk 4 biedt dus geen volledige uitwerking voor alle items in het magazijn. Ook het specifieke probleem van ruimtetekort bij Vink wordt niet opgelost. Dit is interessant voor verder onderzoek. Het uitwerken van blockopslag, opslagrekken of cantilevers in de vrije ruimte van hal vier is een mogelijk onderwerp hiervoor. Een

aanzet hiervoor is gegeven door het vergelijken van de geschiktheid van verschillende opslagmethoden.

Er kan bijvoorbeeld onderzocht worden hoeveel procent van de pickingactiviteit uit hal vier kan gebeuren, waarbij zowel opslagrekken als de overige vrije ruimte in hal vier in rekening gebracht worden. In bijlage A (Tabel A.2) wordt het aantal locaties weergegeven dat de 178 items, die toegewezen worden in de toepassing in hoofdstuk 4, nodig hebben in een vast opslagbeleid. Hieruit blijkt dat 10 items meer dan 10 stocklocaties nodig hebben. Meer bepaald hebben deze 10 items samen 186 stocklocaties nodig. In de toepassing in hoofdstuk 4 is deze volledige voorraad toegekend aan opslaglocaties in de opslagrekken. Het kan echter interessant zijn om items met veel voorraad op te slaan in blockopslag in de vrije ruimte van hal vier. Bij het vergelijken van de verschillende soorten opslagmethoden voor Vink in hoofdstuk 3 blijkt immers dat blockopslag een goede methode is om bulkmaterialen op te slaan waarvan veel palletten in voorraad zijn. De voorraad van bijvoorbeeld deze 10 items in blockopslag plaatsen, zou 186 opslaglocaties vrijmaken om extra items aan toe te wijzen.

Aan het opslagbeleid dat toegepast wordt in de toepassing in hoofdstuk 4 is ook een beperking verbonden. In de praktijkstudie is de methode van vaste opslaglocaties toegepast. Een op basis van klassen gebaseerd opslagbeleid zou mogelijk interessanter zijn voor Vink. Er is niet voldoende data beschikbaar om dit type opslagbeleid uit te werken in dit onderzoek. Indien data verzameld zou worden over de hoogte van de leveringen, zou dit een interessant onderwerp zijn voor verder onderzoek. Het optimaliseren van ruimtebenutting is immers een belangrijk aspect voor Vink aangezien ze een ruimtetekort hebben in het magazijn.

De hoogte van een levering bestaat uit de som van de hoogte van de pallet en de platen die daarop gestapeld zijn. Data over de hoogte van de leveringen zou bekomen kunnen worden door het aantal platen per levering van de verschillende items te achterhalen. Aangezien de hoogte van de platen en de pallet zelf gekend is, zou dit voldoende informatie geven om de hoogte van de leveringen te bepalen. Bovendien is bij het toewijzen van items aan opslaglocaties geen rekening gehouden met het feit dat in lange rekken van 4200 mm twee platen tot een lengte van 2000 mm naast elkaar geplaatst kunnen worden. Dit zou beter zijn voor de ruimtebenutting in het magazijn.

Alle analyses in dit onderzoek gebeuren met de voorraadniveaus als gegeven. Indien minder voorraad aanwezig zou zijn, verandert de toewijzing van de items aan de afdelingen en zijn andere conclusies mogelijk. Gu et al. (2007) geven drie soorten beslissingen weer die gemaakt moeten worden met betrekking tot de voorraad. De eerste beslissing gaat over hoeveel voorraad opgeslagen wordt per item. De tweede beslissing gaat over de frequentie en het tijdstip van het aanvullen van de voorraad. In dit onderzoek is niet ingegaan op deze twee beslissingen. De derde beslissing gaat over de plaats waar de items worden opgeslagen in het magazijn. Deze beslissing sluit aan bij het onderwerp van dit onderzoek. In verder onderzoek zou een meer optimale benadering voor dit magazijn mogelijk zijn indien al de soorten beslissingen herbekeken worden. Bij beslissingen over de hoeveelheid voorraad die aangehouden wordt, is het van belang om bewust te zijn van het feit dat Vink een competitief voordeel heeft in de markt omwille van de uitgebreide voorraad die steeds beschikbaar is, waardoor snelle leveringen mogelijk zijn.

In deze thesis worden verscheidene mogelijkheden weergegeven ter verbetering van de magazijnefficiëntie bij Vink. Hierbij is geen rekening gehouden met het feit dat medewerkers zich in praktijk mogelijk moeilijk aanpassen aan veranderingen in het gebruik van opslaglocaties. Zo heeft Vink momenteel items van eenzelfde type kunststof bij elkaar geplaatst, wat voor structuur in het magazijn zorgt voor de orderpickers. In dit onderzoek is hier geen rekening mee gehouden. Een wijziging in het gebruik van opslaglocaties in het magazijn vereist aanpassingsvermogen en flexibiliteit van de orderpickers.

Lijst van geraadpleegde werken

- Ballou, R.H. (1967). Improving the physical layout of merchandise in waerhouses. *Journal of marketing*, 31, 60-64.
- Berry, J.R. (1968). Elements of warehouse layout. *The International Journal of Production Research*, 7, 105-121.
- Bhaskaran, K., & Malmborg, C. J. (1990). Economic tradeoffs in warehouse reserve storage area. *Applied Mathematical Modelling*, 14, 381-385.
- Bottani, E., Ferretti, G., Montanari, R., & Rinaldi, M. (2015). Investigating the demand propagation in EOQ supply networks using a probabilistic model. *International Journal of Production Research*, 53, 1307-1324.
- Burden, G. (2012). Volkswagen group continues parts DC expansion. *MHD Supply Chain Sollutions*, 42, 34-37.
- Crişan, E., Ilieş, L., & Turdean, A.M. (2009). Warehouse performance measurement – a case study. *Annals of the University of Oradea, Economic Science Series*, 18, 307-312.
- Coleman, H. (2015). Doing Distribution Center Design Right. *Electrical Wholesaling*, 96, 24-32.
- de Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K.J. (2007). Design and control of warehouse order picking: a literature review. *European Journal of Operational Research*, 182, 481-501.
- de Vries, J., de Koster, R., & Stam, D. (2016). Aligning order picking methods, incentive systems, and regulatory focus to increase performance. *Production and Operations Management*, 25, 1363-1376.
- Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L.F. (2007). Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 177, 1-21.
- Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L.F. (2010). Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 203, 539-549.
- Grundey, D., & Rimiene, K. (2007). Logistics Centre Concept through Evolution and Definition. *Engineering Economics*, 54, 87-97.
- Heragu, S.S., Du, L., Mantel, R.J., & Schuur, P.C. (2005). Mathematical model for warehousing design and product allocation. *International Journal of Production Research*, 43, 327-338.
- Kusiak, A., Larson, T.N., & Marsh, H. (1997). A heuristic approach to warehouse layout with class-based storage. *IIE Transactions*, 29, 337-348.
- Lee, M.K., & Elsayed, E.A. (2005) Optimization of warehouse storage capacity under a dedicated storage policy. *International Journal of Production Research*, 43, 1785-1805.

- Marsh, W.H. (1979). Elements of block storage design. *International Journal of Production Research*, 17, 377-394.
- Meller, R.D., & Thomas, L.M. (2015). Developing design guidelines for a case-picking warehouse. *International Journal of Production Economics*, 170, 741-762.
- Muter, I., & Öncan, T. (2014). An exact solution approach for the order batching problem. *IIE Transactions*, 47, 728-738.
- Natanaree, S., & Sriyos, S. (2014). The application of RFID in warehouse process: case study of consumer product manufacturer in Thailand. *LogForum*, 10, 423-431.
- Rimiene, K. (2008). The design and operation of warehouse. *Economics & Management*, 652-658.
- Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., van Houtum, G.J., Mantel, R.J., & Zijm, W.H.M. (2000). Warehouse design and control Framework and literature review. *European Journal of Operational Research*, 122, 515-533.
- Tompkins, J.A. (1998). The Challenge of Warehousing. In J.A. Tompkins & J.D. Smith (Eds.), *The Warehouse Management Handbook* (pp. 1-18). North Carolina: Tompkins Press.
- van den Berg, J.P., & Zijm, W.H.M. (1999). Models for warehouse management: Classification and examples. *International Journal of Production Economics*, 59, 519-528.

Bijlagen

Bijlage A: Aantal items met aantal nodige locaties

Aantal locaties	Aantal items (van 764 items)
1	485
2	116
3	44
4	39
5	24
6	19
7	9
8	8
9	3
10	4
11	3
12	1
16	1
17	2
18	2
20	1
22	1
23	1
40	1

Tabel A.1: Aantal nodige locaties voor 764 items

Aantal locaties	Aantal items (van 178 items)
1	27
2	44
3	28
4	23
5	14
6	15
7	6
8	6
9	3
10	2
11	2
12	0
16	1
17	1
18	2
20	1
22	1
23	1
40	1

Tabel A.2: Aantal nodige locaties voor 178 items

Bijlage B: Fictieve kosten niveaus opslaglocaties en ruimtebenutting

Niveau opslaglocatie	Fictieve kost N(j)
1	10
2	0
3	0
4	100
5	500
6	1000
7	1500
8	2000

Tabel B.1: Fictieve kosten niveau met betrekking tot opslaglocaties

Verwijzing	Berekening	Fictieve kost R(i,j)
a	$[4200-4050 + 2100-1900]/10$	35
b	$[4200-3050 + 2100-1300]/10$	195
c	$[3200-4050 + 1300-1900]/10$	145
d	$[3200-3050 + 1300-1300]/10$	15

Tabel B.2: Voorbeeld berekening fictieve kosten met betrekking tot ruimtebenutting

	Locatie 1	Locatie 2
Lengte (mm)	4200	3200
Breedte (mm)	2100	1300

Tabel B.3: Voorbeeld afmetingen van locaties

	Item 1	Item 2
Lengte (mm)	4050	3050
Breedte (mm)	1900	1300

Tabel B.4: Voorbeeld afmetingen van items

	Locatie 1	Locatie 2
Item 1	a	c
Item 2	b	d

Tabel B.5: Voorbeeld combinaties van locaties en items

Bijlage C: Aantal keer gepickt

Items in volgorde populariteit	Aantal keer gepickt (2016)
1	1105
2	898
3	843
4	495
5	455
6	360
7	307
8	300
9	296
10	290
...	...
169	56
170	55
171	55
172	55
173	53
174	53
175	53
176	53
177	53
178	51

Bijlage D: Fictieve kost afstand pick- en stocklocatie

F	100	100	100												
E	100	100	100												
D	0	0	0	5	10	15									
C	100	100	100												
B	100	100	100												
A	100	100	100												

Figuur D.1: Voorbeeld 1 van fictieve kosten toegekend aan stocklocaties bij gegeven picklocatie

F										100	100	100	100	100	100	100
E											100	100	100	100	100	
D											100	100	100	100	100	
C											100	100	100	100	100	
B											100	100	100	100	100	
A								15	10	5	0	0	0	5	10	15

Figuur D.2: Voorbeeld 2 van fictieve kosten toegekend aan stocklocaties bij gegeven picklocatie

Bijlage E: Voorbeeld model AIMMS

```
Parameter a {
  IndexDomain: (i,j);
  Range: binary;
}
Parameter K {
  IndexDomain: (i);
}
Parameter R {
  IndexDomain: (i,j);
}
Constraint ItemMoet1LocatieHebben {
  IndexDomain: i;
  Definition: sum[j,X(i,j)*a(i,j)]=1;
}
Constraint LocatieMaximaal1Item {
  IndexDomain: j;
  Definition: sum[i,X(i,j)*a(i,j)]<=1;
}
MathematicalProgram LeastCostAssignment {
  Objective: TotaleKost;
  Direction: minimize;
  Constraints: AllConstraints;
  Variables: AllVariables;
  Type: MIP;
}
Variable X {
  IndexDomain: (i,j);
  Range: binary;
}
Variable TotaleKost {
  Range: free;
  Definition: 100 * sum[ (i,j), N(j) * X(i,j) * K(i) ] + sum[ (i,j), X(i,j) * R (i,j)];
}
Parameter N {
  IndexDomain: (j);
  Range: nonnegative;
}
Set Locaties {
  Index: j;
}
```

```

Set Items {
  Index: i;
}
Procedure ReadFromExcel {
  Body: {
    Spreadsheet::RetrieveSet("Toewijzing model 2.xlsx", Locaties, "A1:A812", "N(j)");

    Spreadsheet::RetrieveSet("Toewijzing model 2.xlsx", Items, "A2:A274", "K(i)");

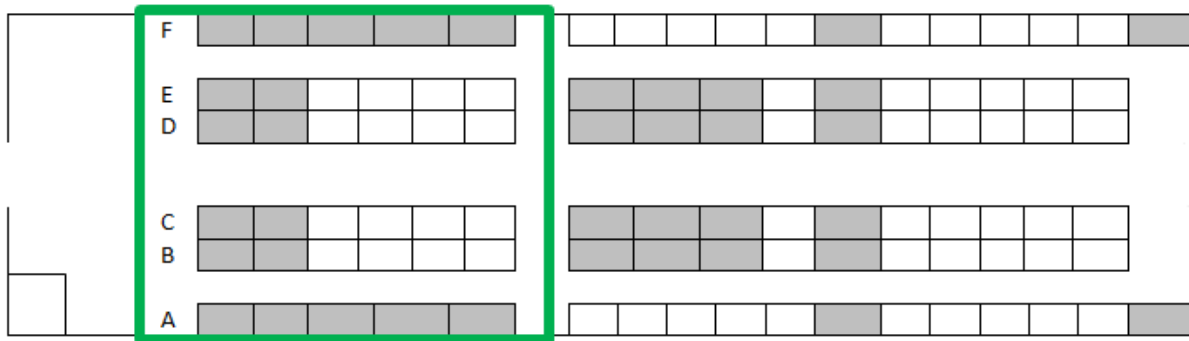
    Spreadsheet:: RetrieveTable(
    Workbook: "Toewijzing model 2.xlsx",
    Parameter: a(i,j),
    DataRange: "D5:AEI277",
    RowsRange:"C5:C277",
    ColumnsRange:"D4:AEI4",
    Sheet: "a(ij)"
    );

    Spreadsheet:: RetrieveTable(
    Workbook: "Toewijzing model 2.xlsx",
    Parameter: R(i,j),
    DataRange: "D5:AEI277",
    RowsRange:"C5:C277",
    ColumnsRange:"D4:AEI4",
    Sheet: "R(ij)"
    );

    Spreadsheet::RetrieveParameter("Toewijzing model 2.xlsx", N(j),"B1:B812", "N(j)");
    Spreadsheet::RetrieveParameter("Toewijzing model 2.xlsx", K(i), "D2:D274", "K(i)");
  }
}
Procedure MainExecution {
  Body: {
    solve LeastCostAssignment;
    if (LeastCostAssignment.ProgramStatus <> 'optimal' ) then
    empty X, TotaleKost;
    endif;
  }
}

```

Bijlage F: Informatie vereenvoudigd beslissingsprobleem



Figuur F.1: Opslagrekken vereenvoudigd beslissingsprobleem

Item volgorde populariteit	Aantal keer gepickt (2016)	Aantal locaties totaal	Aantal stocklocaties (L _i)
1	1105	19	18
2	898	18	17
3	843	22	21
4	495	7	6
5	455	10	9
6	360	7	6
7	307	17	16
8	300	6	5
9	296	6	5
10	290	4	3
11	277	8	7
12	272	4	3
13	263	4	3
14	257	11	10
15	253	6	5
16	247	6	5
17	232	5	4
18	221	3	2
19	220	40	39
20	217	6	5
21	213	2	1
22	211	7	6
23	210	8	7
24	208	6	5
25	208	5	4
26	201	4	3
27	199	6	5
		Totaal: 247 locaties	Totaal: 220 stocklocaties

Tabel F.1: Informatie items vereenvoudigd beslissingsprobleem

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:
Optimalisatie van de opslaglocaties in het magazijn van Vink

Richting: **master in de toegepaste economische wetenschappen:
handelsingenieur-operationeel management en logistiek**

Jaar: **2017**

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

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

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

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

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

Voor akkoord,

Ghoos, Ayaka

Datum: **9/06/2017**