

BEDRIJFSECONOMISCHE WETENSCHAPPEN

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

2010
2011

Masterproef

Analyse van de werking van binnenvaartterminals

Promotor :
dr. Katrien RAMAEKERS

Copromotor :
dr. An CARIS

Lotte Verdonck

*Masterproef voorgedragen tot het bekomen van de graad van master in de toegepaste
economische wetenschappen: handelsingenieur, afstudeerrichting operationeel management
en logistiek*

universiteit
hasselt

UNIVERSITEIT VAN DE TOEKOMST

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

universiteit
hasselt

UNIVERSITEIT VAN DE TOEKOMST

2 0 1 0
2 0 1 1

BEDRIJFSECONOMISCHE WETENSCHAPPEN

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

Masterproef

Analyse van de werking van binnenvaartterminals

Promotor :
dr. Katrien RAMAEKERS

Copromotor :
dr. An CARIS

Lotte Verdonck

Masterproef voorgedragen tot het bekomen van de graad van master in de toegepaste economische wetenschappen: handelsingenieur, afstudeerrichting operationeel management en logistiek

Woord vooraf

Deze masterproef vormt het sluitstuk van mijn opleiding Toegepaste Economische Wetenschappen: Handelsingenieur met afstudeerrichting Operationeel Management en Logistiek aan de Universiteit Hasselt. Bij de keuze van het onderwerp heb ik mij voornamelijk laten leiden door mijn interesse in logistieke topics en de motivatie om mij te verdiepen in het onderzoeksgebied van de overslagterminal. In de realisatie van deze masterproef werd veel tijd en energie geïnvesteerd, niet enkel door mijzelf, maar eveneens door andere personen zonder wiens medewerking de totstandkoming van deze masterproef onmogelijk zou geweest zijn. Ik zou dan ook graag van de gelegenheid gebruik willen maken om mijn oprechte dank te betuigen aan al diegenen die een bijdrage leverden aan dit werk.

In het bijzonder gaat mijn erkentelijkheid uit naar dr. K. Ramaekers – promotor van deze masterproef – en dr. A. Caris – co-promotor van deze masterproef – voor hun deskundige begeleiding, opbouwende kritiek en suggesties. Een woord van dank gaat ook uit naar de heer L. Donders, Algemeen Directeur van Haven Genk N.V., voor de waardevolle informatie die hij ter beschikking stelde en de mogelijkheden die hij bood om met Haven Genk N.V. samen te werken.

Tenslotte wil ik aan enkele mensen mijn oprechte dank betuigen voor hun bijdrage tot deze masterproef, maar vooral tot mijn studies in het algemeen. Graag wil ik mijn woord van dank richten aan mijn ouders voor hun morele en financiële steun tijdens mijn opleiding aan de Universiteit Hasselt. Zonder hen zou ik nooit geraakt zijn waar ik nu sta. Evenzo wens ik mijn familie, vrienden en in het bijzonder mijn oma W. Mertens te bedanken voor hun steun, houvast en vertrouwen doorheen mijn studentenjaren.

Verdonck Lotte

Mol, mei 2010

Samenvatting

De kwaliteit van goederenvervoer komt de laatste jaren steeds meer onder druk te staan. De enorme groei en vooral ook de dominante rol van het wegvervoer zorgen namelijk voor uiteenlopende problemen. Deze problemen leiden tot een afname in de betrouwbaarheid van goederenvervoer en een toename van de levertermijn voor klanten. Bijkomend beseft men dat de negatieve effecten van het wegvervoer de duurzaamheid van de natuur en het (leef)milieu in het gedrang brengen.

Een verschuiving van goederenvervoer over de weg naar intermodaal vervoer kan in de behoefte aan efficiënt en milieuvriendelijk vervoer voorzien. Intermodaal vervoer houdt in dat het hoofdgedeelte van het transport wordt uitgevoerd via alternatieve transportmodi als spoor, binnenvaart of zeevaart, terwijl het voor- en natransport via de weg verloopt en best zo kort mogelijk is. Terminals spelen een centrale rol in dit intermodaal vervoer, ze verzorgen namelijk de overslag van goederen tussen verschillende transportmodi. De werking van deze intermodale terminals vormt echter ook een belangrijke kostenpost van intermodaal vervoer, die de concurrentiekracht van dit type transport verzwakt ten opzichte van unimodaal wegtransport. Het is daarom essentieel dat de werking van overslagterminals zo efficiënt en effectief mogelijk georganiseerd wordt om de doorlooptijd van containers en zo de overslagkosten van de terminal te minimaliseren.

Om na te gaan hoe de overslagkosten van een containerterminal kunnen gedrukt worden, is het noodzakelijk de volledige werking ervan grondig te bestuderen. Het onderzoeken van de operationele werking van intermodale containerterminals, met een begrenzing naar binnenvaartterminals, is dan ook het hoofddoel van deze masterproef.

In een eerste deel van de masterproef, met name **Hoofdstukken twee, drie en vier**, wordt een literatuurstudie uitgevoerd naar de verschillende planningsproblemen waarmee de terminal operator in de binnenvaartterminal te maken krijgt. Het is noodzakelijk dat alle individuele planningsproblemen aangaande terminaloverslag zo efficiënt mogelijk aangepakt worden om een zo optimaal mogelijke werking van de terminal te garanderen. Wat deze planningsproblemen betreft, wordt een opsplitsing gemaakt naar algemene planningsproblemen van de terminal operator en planningsproblemen verbonden aan specifieke deelprocessen in de overslag. Bovendien

worden deze planningsproblemen behandeld op strategisch, tactisch en operationeel niveau om rekening te houden met de variërende tijdshorizon waarop de problemen betrekking hebben.

Uit de literatuurstudie kan geconcludeerd worden dat, wanneer wordt gekeken naar de oplossingsmethoden voor de algemene problemen van de terminal operator, een algemeen onderscheid kan gemaakt worden tussen het gebruik van optimalisatie technieken en het gebruik van simulatie. Voor strategische beslissingen blijkt dat simulatie de meest aangewezen oplossingsmethode is. Wat tactische planningsproblemen betreft, kan een minder duidelijk onderscheid gemaakt worden naar oplossingsmethodes. Wanneer de wetenschappelijke artikels worden vergeleken, komt hier ongeveer een 50-50 verdeling uit voor het gebruik van simulatie en optimalisatie technieken. De keuze van de oplossingsmethode zal dus afhangen van de voorkeur van de terminal operator en de specifieke kenmerken van zijn terminal. Wanneer ten slotte wordt gekeken naar de operationele planningsproblemen kan uit de literatuurstudie worden afgeleid dat hiervoor optimalisatie technieken aangewezen zijn. Wat daarentegen de planningsproblemen verbonden aan de verschillende deelprocessen in de overslag betreft, wordt op alle beslissingsniveaus hoofdzakelijk gebruik gemaakt van optimalisatie technieken. De oplossingsmethode die hier de meest prominente rol speelt, is een combinatie van twee technieken: een modellering van het probleem volgens lineair programmeren, waarna het probleem kan opgelost worden met een bepaalde heuristiek. Naast de gebruikte oplossingsmethoden voor de verschillende planningsproblemen, zijn ook de gehanteerde prestatie maatstaven om een oplossing te beoordelen van cruciaal belang. Prestatie maatstaven die vaak voorkomen in de wetenschappelijke literatuur rond planningsproblemen van de terminal operator kunnen ingedeeld worden in drie categorieën: tijd, kosten en parameters die niet onder één noemer kunnen worden samengebracht zoals benutting van resources en prioriteiten van klanten.

In een tweede deel van de masterproef, onder **Hoofdstuk vijf**, wordt vervolgens de kennis rond planningsproblemen uit de wetenschappelijke literatuur getoetst aan de praktijk en dit aan de hand van enkele bezoeken aan Haven Genk N.V.. Uit een vergelijking van theorie en praktijk blijkt dat in de praktijk niet alle planningsproblemen uit de literatuur als even relevant worden beschouwd. Sommige planningskwesities verlopen op een routinematige manier op basis van ervaring en inzicht zonder dat er veel diepgaand denkwerk of modellering aan te pas komt. Daarnaast is het duidelijk dat

binnenvaartplanning in de praktijk slechts in zeer beperkte mate wordt ondersteund door modellen en methodes uit de wetenschappelijke literatuur. Meer dan eens benadrukt de haven dat alle beslissingen die de terminal operator en zijn medewerkers dienen te nemen in een dynamische context kunnen gekaderd worden. Improviseren en continu reflecteren zijn daarom kernwoorden die Haven Genk hoog in het vaandel draagt. Naast een vergelijking tussen praktijk en wetenschappelijke literatuur wordt in dit hoofdstuk een globaal beeld gevormd van de binnenvaartplanning in deze trimodale terminal, met speciale aandacht voor documentatie, de Haven van Antwerpen en de belangrijkste rederijen. Ook wordt gekeken naar de strategische locatie van de haven en het uitgebreide gamma aan diensten aangeboden aan haar logistieke klanten.

Het laatste deel van de masterproef, beschreven in **Hoofdstukken zes en zeven**, wordt ten slotte gewijd aan de ontwikkeling en analyse van een simulatiestudie om een specifiek planningsprobleem in de Haven van Genk op te lossen, rekening houdend met opgedane kennis uit de literatuurstudie en aangepast aan de specifieke context van deze trimodale terminal. Het doel van het simulatiemodel is na te gaan of aanpassingen in scheepsgroottes en aantal gebruikte schepen voor containertransport, al dan niet een effect hebben op de efficiëntie van de terminal. Deze efficiëntie wordt gemeten bij verschillende getransporteerde containervolumes in termen van enkele belangrijke prestatieparameters zoals benuttingsgraad van resources en doorlooptijd van containers. Uit de analyse wordt geconcludeerd dat de toegepaste veranderingen in scheepsgroottes weinig of geen effect hebben op de onderzochte prestatieparameters. De aanbeveling die aan de haven kan gemaakt worden is dan ook om, bij het nemen van beslissingen over benutte scheepsgroottes, te focussen op de service - kostenverhouding verbonden aan de verschillende alternatieven. Wijzigingen in getransporteerde containervolumes (optimistisch en pessimistisch) blijken uit de analyse wel een invloed uit te oefenen op de efficiëntie van de terminal en dit enerzijds in termen van benuttingsgraden van overslagkraan en reach stackers en anderzijds in termen van het aantal benutte opslagplaatsen in de stack.

De masterproef wordt tenslotte afgesloten met enkele **conclusies** als antwoord op de centrale onderzoeksvraag en deelvragen, **tekortkomingen** van het gevoerde onderzoek en mogelijke **aanbevelingen** voor eventueel verder onderzoek.

Inhoudsopgave

Woord vooraf	I
Samenvatting	III
Inhoudsopgave	VII
Lijst van figuren	XI
Lijst van tabellen	XV
1. PROBLEEMSTELLING.....	1
1.1 Praktijkprobleem	1
1.2 Centrale onderzoeksvraag	3
1.3 Deelvragen.....	4
2. WERKING VAN DE BINNENVAARTTERMINAL	5
2.1 Deelprocessen	5
2.2 Categorieën van planningsproblemen uit de literatuur.....	6
2.3 Planningsproblemen van de terminal operator: overzicht.....	6
3. ALGEMENE PLANNINGSPROBLEMEN.....	11
3.1 Strategisch niveau.....	11
3.1.1 Terminal design	11
3.2 Tactisch niveau	15
3.2.1 Capaciteitsniveaus van materiaal en arbeid	15
3.2.2 Ontwerp van operationele routines en lay-out structuren	16
3.3 Operationeel niveau.....	20
3.3.1 Resource allocatie	20
3.3.2 Job scheduling	21
3.4 Conclusies	23
4. PLANNINGSPROBLEMEN PER DEELPROCES	27
4.1 Aankomst van het schip	27

4.1.1	Strategische planning	27
4.1.2	Operationele planning	28
4.2	Laden en lossen van het schip	30
4.2.1	Strategische planning	30
4.2.2	Tactische planning.....	32
4.2.3	Operationele planning	34
4.3	Transport van containers van schip naar stack en vice versa	35
4.3.1	Strategische planning	35
4.3.2	Tactische planning.....	38
4.3.3	Operationele planning	39
4.4	Opstapelen van containers	42
4.4.1	Strategische planning	43
4.4.2	Tactische planning.....	47
4.4.3	Operationele planning	47
4.5	Transport van containers naar andere transportmodi, inter-terminal transport.	49
4.5.1	Strategische planning	49
4.6	Conclusies	51
5.	TRIMODALE TERMINAL IN PRAKTIJK: HAVEN GENK N.V.	55
5.1	Inleiding	55
5.2	Geschiedenis en evolutie Haven Genk	56
5.3	Waarom kiezen klanten voor Haven Genk?	57
5.3.1	Strategische locatie	57
5.3.2	Trimodale logistieke diensten.....	58
5.4	Planning binnenvaart Haven Genk	61
5.4.1	Binnenvaart Haven Genk: Algemene planning.....	61
5.4.2	Belangrijke documenten van de binnenvaartplanning.....	63
5.4.3	De Haven van Antwerpen	66
5.4.4	Belangrijke rederijen	70

5.5	Tijdelijke opslag van bulkgoederen	71
5.5.1	Leverdocumenten verzonden door de klant.....	71
5.5.2	Document voor de regeling van goederentransport.....	72
5.6	Verband theorie (literatuurstudie) en praktijk (Haven Genk).....	73
5.6.1	Algemene planningsproblemen van de terminal operator.....	73
5.6.2	Planningsproblemen per deelproces.....	74
5.6.3	Algemene opmerkingen	79
6.	SIMULATIEMODEL TRIMODALE TERMINAL HAVEN GENK	81
6.1	Inleiding	81
6.2	Simulatiemodel basisscenario: huidige situatie Haven Genk.....	82
6.2.1	Structuur en werking van de binnenvaartterminal	83
6.2.2	Ontwikkeling simulatiemodel van de huidige binnenvaartterminal te Genk.....	84
6.2.3	Inputs van het simulatiemodel Haven Genk	88
6.2.4	Resources van het simulatiemodel Haven Genk.....	92
6.2.5	Outputs van het simulatiemodel Haven Genk.....	93
6.3	Basisscenario: huidige situatie Haven Genk	93
6.3.1	Optimistisch subscenario.....	94
6.3.2	Pessimistisch subscenario.....	95
6.4	Simulatie scenario A	96
6.4.1	Optimistisch subscenario.....	98
6.4.2	Pessimistisch subscenario.....	99
6.5	Simulatie scenario B	101
6.5.1	Optimistisch subscenario.....	101
6.5.2	Pessimistisch subscenario.....	103
7.	BESPREKING ANALYSE RESULTATEN SIMULATIE SCENARIO'S	105
7.1	Replicatie parameters	105
7.2	Resultaten basisscenario	106
7.2.1	Resultaten optimistisch subscenario	113

7.2.2	Resultaten pessimistisch subscenario.....	118
7.3	Resultaten scenario A	121
7.3.1	Resultaten optimistisch subscenario A.....	127
7.3.2	Resultaten pessimistisch subscenario A.....	132
7.4	Resultaten scenario B	136
7.4.1	Resultaten optimistisch subscenario B.....	141
7.4.2	Resultaten pessimistisch subscenario B.....	146
7.5	Conclusie analyse resultaten simulatiescenario's	150
8.	CONCLUSIES	153
8.1	Conclusies uit het onderzoek	153
8.2	Tekortkomingen van het gevoerde onderzoek	158
8.3	Aanbevelingen voor eventueel toekomstig onderzoek	158
	Lijst van geraadpleegde werken	161
1.	Wetenschappelijke literatuur.....	161
2.	Vulgariserende literatuur	169
3.	Boeken	169
4.	Internetbronnen.....	170
	BIJLAGEN	173

Lijst van figuren

Figuur 1: Kosten intermodaal goederentransport in functie van afgelegde afstand (aangepast van Caris, 2010).....	2
Figuur 2: Proces van overslag in de terminal (Vis en de Koster, 2003)	5
Figuur 3: Deelprocessen in de werking van de overslagterminal (Vis en de Koster, 2003)	5
Figuur 4: Bovenaanzicht container terminal lay-out (Wiese et al., 2009)	18
Figuur 5: Parallele (a) en loodrechte (b) opslagplaats lay-out (Wiese et al., 2009).....	18
Figuur 6: Conventioneel (a) en indented (b) systeem (Imai et al., 2007).....	29
Figuur 7: Laden en lossen van kleine schepen bij indented aanmeerkaai (Imai et al., 2007)	29
Figuur 8: Kaaikraan (Vis en de Koster, 2003).....	31
Figuur 9: Kaaikraan (ScienceDaily, 2007).....	31
Figuur 10: Portaalkranen (Haven Genk, 2007)	32
Figuur 11: (a) Vorkheftruck (Cargotec, 2010) en (b) Straddle carrier (Ergotec, 2010)...	36
Figuur 12: Yard truck (Beltway Companies, 2010)	36
Figuur 13: AGV (Gottwald port technology, 2010)	37
Figuur 14: Voorbeeld stack (Koninklijke Schuttevaer, 2007)	42
Figuur 15: Schematisch bovenaanzicht van de stack (Vis en de Koster, 2003).....	42
Figuur 16: (a) Reach stacker (Ronak Container & Cargo Logistics Pvt. Ltd., 2010) en (b) Yard kraan (Bromma, z.d.).....	43
Figuur 17: (a) Multi-trailer systeem (Terberg Benschop, 2010) en (b) ALV (Nguyen en Kim, 2009)	49
Figuur 18: Loco tractor (Contrail, 2009)	50
Figuur 19: Haven Genk N.V. (Provinciale Ontwikkelingsmaatschappij Limburg, 2010) ...	56
Figuur 20: Binnenvaartverbindingen Haven Genk N.V. (Haven Genk N.V., z.d.).....	57

Figuur 21: (a) Locatie Haven Genk N.V. en (b) Spoor- en wegverbindingen (Haven Genk N.V., z.d.)	57
Figuur 22: Barge terminal Haven Genk N.V. (Haven Genk, 2007)	59
Figuur 23: Spoor terminal Haven Genk N.V. (Haven Genk, 2007)	59
Figuur 24: Bulk- en stukgoederen behandeling Haven Genk N.V. (Haven Genk, 2007) ..	60
Figuur 25: Stuffing en stripping (Haven Genk, 2007)	61
Figuur 26: Havenkaart Antwerpen (Haven van Antwerpen, 2008)	67
Figuur 27: Terminals PSA in de Haven van Antwerpen (PSA Antwerp, 2010)	68
Figuur 28: ATO terminal Haven van Antwerpen (VK Group, 2008)	70
Figuur 29: Portaalkraan Haven Genk N.V. (Haven Genk, 2007)	76
Figuur 30: Hydraulische overslagkraan (Haven Genk, 2007)	76
Figuur 31: Wiellader (Haven Genk, 2007)	77
Figuur 32: Reach stacker Haven Genk N.V. (Haven Genk, 2007)	78
Figuur 33: Operationele zones en containerstromen in een maritieme containerterminal (Steenken et al., 2004)	83
Figuur 34: Verschillende stappen in transport en bewerking van container (aangepast van Steenken et al., 2004)	84
Figuur 35: Arena model losproces van importcontainers	85
Figuur 36: Arena model laadproces van exportcontainers	87
Figuur 37: Lossen van schip (Process module)	89
Figuur 38: Opslag van volle en lege importcontainers in stack (Process modules)	90
Figuur 39: Laden op andere transportmodi (Process module)	90
Figuur 40: Lossen van vrachtwagen of trein (Process module)	91
Figuur 41: Opslag van volle en lege exportcontainers in stack (Process modules)	91
Figuur 42: Laden op schip (Process module)	92
Figuur 43: Resources van het simulatiemodel	92

Figuur 44: Replicatie parameters in Arena	105
Figuur 45: Aantal uitgaande containers per week	107
Figuur 46: Gemiddeld en maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week.....	108
Figuur 47: Gemiddelde benutting overslagkraan en reach stacker per week.....	109
Figuur 48: Gemiddelde, minimale en maximale doorlooptijd container op weekniveau.	110
Figuur 49: Gemiddelde, minimale en maximale opslagtijd in stack per week: lege containers	112
Figuur 50: Gemiddelde, minimale en maximale opslagtijd in stack per week: volle containers	113
Figuur 51: Aantal uitgaande containers per week	114
Figuur 52: Gemiddeld en maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week.....	115
Figuur 53: Gemiddelde benutting overslagkraan en reach stacker per week.....	116
Figuur 54: Gemiddelde, minimale en maximale doorlooptijd container op weekniveau.	117
Figuur 55: Aantal uitgaande containers per week	118
Figuur 56: Gemiddeld en maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week.....	119
Figuur 57: Gemiddelde benutting overslagkraan en reach stacker per week.....	120
Figuur 58: Aantal uitgaande containers per week	122
Figuur 59: Gemiddeld en maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week.....	123
Figuur 60: Gemiddelde benutting overslagkraan en reach stacker per week.....	124
Figuur 61: Gemiddelde, minimale en maximale doorlooptijd container op weekniveau.	125
Figuur 62: Gemiddelde, minimale en maximale opslagtijd in stack per week: lege containers	126
Figuur 63: Gemiddelde, minimale en maximale opslagtijd in stack per week: volle containers	126
Figuur 64: Aantal uitgaande containers per week	128
Figuur 65: Gemiddeld en maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week.....	129

Figuur 66: Gemiddelde benutting overslagkraan en reach stacker per week.....	130
Figuur 67: Gemiddelde, minimale en maximale doorlooptijd container op weekniveau.	131
Figuur 68: Aantal uitgaande containers per week	133
Figuur 69: Gemiddeld en maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week.....	134
Figuur 70: Gemiddelde benutting overslagkraan en reach stacker per week.....	135
Figuur 71: Aantal uitgaande containers per week	136
Figuur 72: Gemiddeld en maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week.....	137
Figuur 73: Gemiddelde benutting overslagkraan en reach stacker per week.....	138
Figuur 74: Gemiddelde, minimale en maximale doorlooptijd container op weekniveau.	139
Figuur 75: Gemiddelde, minimale en maximale opslagtijd in stack per week: lege containers	140
Figuur 76: Gemiddelde, minimale en maximale opslagtijd in stack per week: volle containers	140
Figuur 77: Aantal uitgaande containers per week	142
Figuur 78: Gemiddeld en maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week.....	143
Figuur 79: Gemiddelde benutting overslagkraan en reach stacker per week.....	144
Figuur 80: Gemiddelde, minimale en maximale doorlooptijd container op weekniveau.	145
Figuur 81: Aantal uitgaande containers per week	147
Figuur 82: Gemiddeld en maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week.....	148
Figuur 83: Gemiddelde benutting overslagkraan en reach stacker per week.....	149

Lijst van tabellen

Tabel 1: Algemene planningsproblemen van de terminal operator	8
Tabel 2: Planningsproblemen van de terminal operator per deelproces	9
Tabel 3: Algemene indeling leverdocument bulkgoederen	71
Tabel 4: Algemene indeling transportdocument bulkgoederen	72
Tabel 5: Aankomstenpatroon importcontainers scenario A	97
Tabel 6: Aankomstenpatroon importcontainers scenario A optimistisch	98
Tabel 7: Aankomstenpatroon importcontainers scenario A pessimistisch.....	100
Tabel 8: Aankomstenpatroon importcontainers scenario B optimistisch	102
Tabel 9: Aankomstenpatroon importcontainers scenario B pessimistisch.....	103
Tabel 10: Constante procestijden vier deelprocessen	111
Tabel 11: Service - kostenverhouding simulatiescenario's.....	150

1. PROBLEEMSTELLING

1.1 Praktijkprobleem

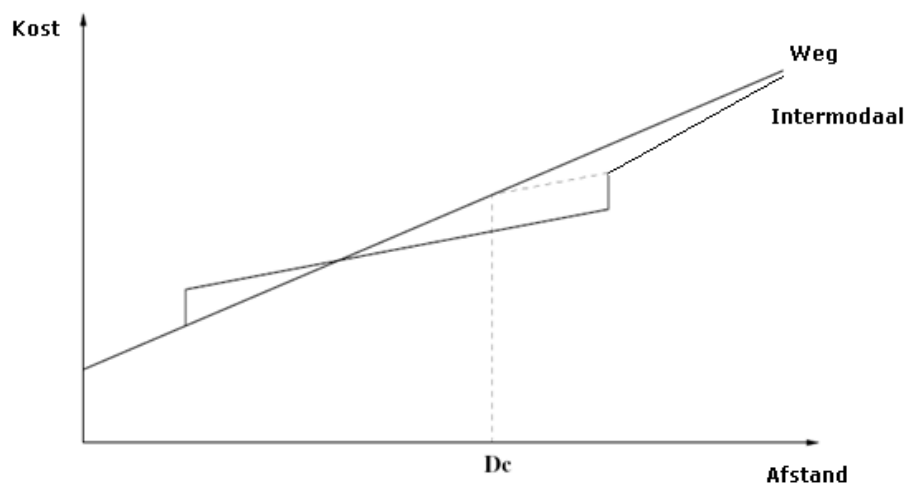
Transport van goederen en mensen is van cruciaal belang voor de economie van een land en de levenskwaliteit van zijn inwoners. Het biedt mensen toegang tot goederen, diensten, recreatie en jobs (Siggerud, 2006). De laatste jaren werden dan ook gekenmerkt door een exponentiële groei in het transport van goederen: van 1,5 miljard tonkilometers in 1970 naar 3,1 miljard tonkilometers in 2001 (Macharis, 2007). Aan de basis van deze groei ligt onder andere de globalisering van de economie. Voor dit transport werd tot nu toe hoofdzakelijk voor het wegtransport gekozen. De kwaliteit van dit goederenvervoer komt echter steeds meer onder druk te staan. De enorme groei en vooral ook de dominante rol van het wegvervoer zorgen namelijk voor uiteenlopende problemen. Ten eerste ondervindt het toenemende goederenvervoer over de weg last van de stijgende drukte op de wegen en het wegtransport draagt ook bij tot deze congestie. Hierdoor neemt de betrouwbaarheid van het vervoer af en neemt de levertermijn voor klanten toe. Bijkomend beseft men dat de negatieve effecten van dit vervoer de duurzaamheid van de natuur en het (leef)milieu in het gedrang brengen. Een verschuiving van goederenvervoer over de weg naar intermodaal vervoer kan in de behoefte aan efficiënt en milieuvriendelijk vervoer voorzien (Konings, Bontekoning en Maat, 2006).

Intermodaal transport houdt in dat goederen in dezelfde lading blijven gedurende het volledige vervoerstraject van oorsprong tot bestemming. Het hoofdgedeelte van het transport wordt uitgevoerd via alternatieve transportmodi als spoor, binnenvaart of zeevaart, terwijl het voor- en natransport verloopt via de weg en best zo kort mogelijk is. Dit intermodaal transport kent echter nog heel wat knelpunten. Dit maakt dat een werkelijke modale shift van wegtransport naar intermodaal transport nog niet volledig heeft plaatsgevonden (Macharis en Verbeke, 1999). Het intermodaal transport dient dus nog heel wat hindernissen te overwinnen, wil het kunnen concurreren tegen unimodaal wegtransport. De belangrijkste knelpunten voor intermodaal transport bevinden zich op financieel en organisatorisch vlak. Om de concurrentiekracht van intermodaal vervoer in de transportmarkt voldoende te versterken, zal er voornamelijk moeten gewerkt worden aan een verbetering in kosten en kwaliteit (Konings, Bontekoning en Maat, 2006).

Terminals spelen een centrale rol in intermodaal transport aangezien ze zorgen voor de overslag tussen verschillende transportmodi. Volgens Macharis (2000) mag een terminal als intermodaal worden beschouwd indien aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- Meer dan 50% van de behandelingen betreffen eenheidsladingen (containers, wissellaadbakken, enzovoort).
- De goederen zelf worden niet behandeld gedurende het overslagtraject.
- De terminal beschikt over de nodige infra- en superstructuur voor de overslag van een lading van één transportmodus naar een andere.

Een belangrijke kostenpost van intermodaal transport ligt bij de werking van de intermodale terminals. Het is essentieel dat deze overslagterminals zo efficiënt en effectief mogelijk werken om ervoor te zorgen dat de overslagkosten worden geminimaliseerd. Op onderstaande grafiek wordt een kostenvergelijking gemaakt tussen het unimodaal wegtransport en het intermodaal transport op basis van de afgelegde afstand. Uit deze grafiek kan afgeleid worden dat de overslag tussen verschillende transportmodi een belangrijke kostencomponent vormt voor intermodaal transport. Het is dan ook van groot belang deze overslag zo efficiënt mogelijk te laten verlopen om op die manier de kosten te drukken. Dit zou er toe kunnen leiden dat intermodaal transport een sterkere concurrentiepositie inneemt ten opzichte van wegtransport. In de grafiek is ook te zien dat intermodaal transport, in vergelijking met unimodaal wegvervoer lagere hoofdtransportkosten inhoudt, doordat dit hoofdtransport verloopt via transportmodi als binnenvaart of spoor, die een lagere variabele kost hebben (Caris, 2010).



Figuur 1: Kosten intermodaal goederentransport in functie van afgelegde afstand (aangepast van Caris, 2010)

Om na te gaan hoe de kosten van de werking van de terminal kunnen gedrukt worden, is het noodzakelijk een grondig onderzoek te doen van de volledige werking van deze intermodale terminals. Op die manier zouden verbetermogelijkheden kunnen opgespoord worden. Het onderzoek van de operationele werking van een intermodale overslagterminal is dan ook het hoofddoel van deze masterproef.

Met de resultaten van dit onderzoek zou de aantrekkelijkheid en concurrentiekracht van intermodaal vervoer versus unimodaal vervoer kunnen versterkt worden, dit omdat de prijs/kwaliteitsverhouding zou kunnen verbeterd worden aan de hand van de geïdentificeerde verbetermogelijkheden. Dit is noodzakelijk voor toekomstig duurzaam goederenvervoer gezien de toenemende problemen op het vlak van congestie, milieu en verkeersveiligheid die gepaard gaan met het huidige unimodale vervoer.

1.2 Centrale onderzoeksvraag

Uit de probleemstelling blijkt dat een grondige analyse van de werking van de intermodale terminal noodzakelijk is om de concurrentiekracht van het intermodale transportalternatief te versterken tegenover unimodaal transport. Er is nood aan een werkelijke modale shift omwille van de uiteenlopende problemen van het huidige wegvervoer. De overstap op multimodaal vervoer zou bovendien niet enkel voordelen met zich meebrengen voor de maatschappij in termen van reductie van congestie, milieuproblemen en verkeersproblemen, maar zou ook zorgen voor een betere prijs/kwaliteitsverhouding voor de verschillende actoren in de transportketen (Konings, Bontekoning en Maat, 2006; Macharis and Verbeke, 1999).

Omdat de werking van de intermodale terminal zo breed en gevarieerd is, wordt er in deze masterproef gefocust op de binnenvaartterminal die de overslag voorziet tussen weg en binnenvaart. De algemene onderzoeksvraag waarop een antwoord wordt gezocht in de masterproef, is de volgende:

Hoe kan de werking van de intermodale binnenvaartterminal gemodelleerd en geanalyseerd worden om mogelijke verbeteringen in deze werking te identificeren?

1.3 Deelvragen

De werking van de binnenvaartterminal bestaat uit verschillende subprocessen die in hun totaliteit zorgen voor een overslag tussen een binnenvaartschip en de weg en omgekeerd. Wanneer een schip of een vrachtwagen aankomt aan de terminal moeten de containers eerst gelost worden. Hiervoor kunnen verschillende materialen en infrastructures gebruikt worden, zo maakt men bij een schip bijvoorbeeld gebruik van een kaaikraan om de containers te lossen. Vervolgens worden de containers gestapeld in stacks waar ze kunnen opgeslagen worden voor een bepaalde periode. Na deze periode worden de containers dan van de stacks gehaald en door voertuigen getransfereerd naar een andere transportmodus zoals een vrachtwagen of schip. Daar kunnen ze dan opnieuw geladen worden, gebruikmakend van allerlei infrastructures. Vanaf dan kunnen de goederen hun traject verder zetten naar de eindbestemming (Vis en de Koster, 2003). Bij elk van deze deelprocessen zijn bovendien bepaalde actoren van de transportketen betrokken en maakt men gebruik van specifieke materialen en infra- en superstructures. Drie eerste deelvragen waarop een antwoord wordt gezocht in de masterproef, zijn de volgende:

- 1) *In welke specifieke deelprocessen kan de werking van de intermodale binnenvaartterminal opgedeeld worden?*
- 2) *Welke actoren spelen een rol in elk van deze deelprocessen?*
- 3) *Welke materialen of infrastructuur wordt gebruikt in elk van deze deelprocessen?*

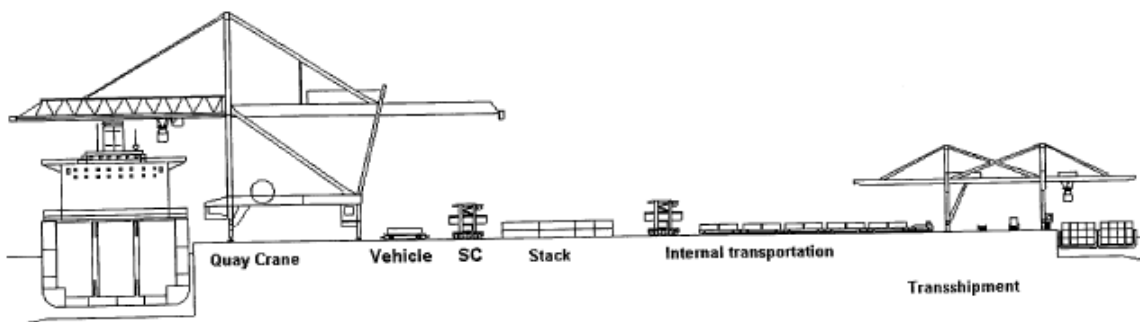
Na een antwoord te hebben gevonden op deze deelvragen, wordt verder onderzocht hoe de specifieke deelprocessen zo efficiënt mogelijk georganiseerd kunnen worden. Door een grondige theoretische en praktische analyse van elk van de deelprocessen en betrokken actoren en infrastructuur, is het misschien mogelijk opportuniteiten te identificeren om de overslagkosten te drukken. De vierde en vijfde deelvraag waarrond gewerkt zal worden in de masterproef, zijn de volgende:

- 4) *Welke factoren bepalen de efficiënte werking van de deelprocessen?*
- 5) *Kunnen eventuele verbetermogelijkheden in de werking van de binnenvaartterminal geïdentificeerd worden die de overslagkosten zouden kunnen drukken?*

2. WERKING VAN DE BINNENVAARTTERMINAL

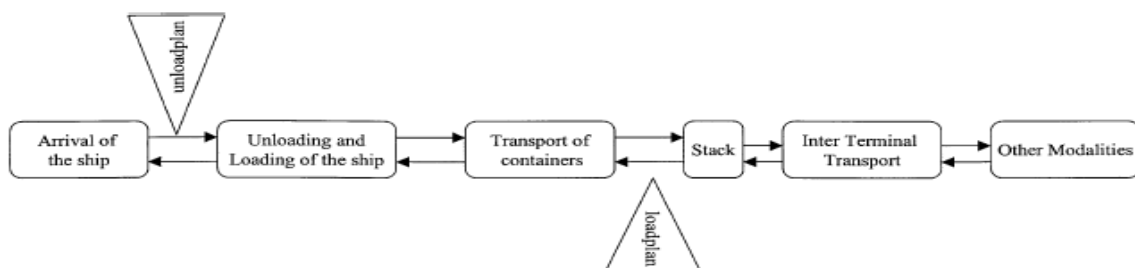
2.1 Deelprocessen

Een belangrijke functie van de intermodale terminal is het verzorgen van de overslag van containers van de ene transportmodus naar de andere. Onderstaande figuur biedt een weergave van het proces van overslag zoals dat zich in het algemeen voordoet in een binnenvaartterminal.



Figuur 2: Proces van overslag in de terminal (Vis en de Koster, 2003)

Dit proces van laden en lossen kan opgedeeld worden in verschillende subprocessen. Het eerste proces dat zich voordoet is het aanmeren van een schip aan de aanmeerkades van de terminal. Vervolgens moeten de goederencontainers gelost worden van de transportmodus gebruikmakend van een kaaikraan. Dan worden de containers getransfereerd naar stacks waar ze kunnen opgeslagen worden voor een bepaalde periode. Ten slotte worden de containers van deze stacks gehaald en door voertuigen getransfereerd naar een andere transportmodus zoals een vrachtwagen, schip of trein, waar ze dan opnieuw kunnen geladen worden om het verdere traject naar de eindgebruiker af te leggen (Vis en de Koster, 2003). Onderstaande figuur biedt opnieuw een overzicht van de overslag van containers in een terminal, maar nu schematisch opgedeeld in de verschillende subprocessen.



Figuur 3: Deelprocessen in de werking van de overslagterminal (Vis en de Koster, 2003)

2.2 Categorieën van planningsproblemen uit de literatuur

Het is noodzakelijk dat alle individuele deelprocessen van de terminaloverslag zo efficiënt mogelijk verlopen om op die manier een zo optimaal mogelijke werking van de gehele terminal te garanderen. De efficiëntie van de deelprocessen wordt in grote mate bepaald door de manier waarop wordt omgegaan met de planningsproblemen die ermee verbonden zijn.

Caris et al. (2008) maken een onderscheid tussen drie niveaus van planningsproblemen of beslissingen betreffende een efficiënte werking en coördinatie van de overslagterminal. Het *strategische niveau* betreft de lange termijn planning (tien tot twintig jaar). Bij deze planning wordt het hoogste managementniveau betrokken omdat het gaat om grote kapitaalinvesteringen over een lange tijdshorizon. Het betreft beslissingen die erg moeilijk te veranderen zijn. Op medium termijn (maanden en/of weken) spreken we over het *tactische niveau* waarbij men over een middellange termijn een efficiënte en rationele allocatie van bronnen wil bekomen. Ten slotte is er nog het *operationele niveau* op korte termijn (dagelijks en/of realtime), waarbij beslissingen worden genomen door het lokale management in een erg dynamische omgeving waar de tijdsfactor een belangrijke rol speelt. Deze drie niveaus van planningsproblemen kunnen volgens Caris et al. (2008) gecombineerd worden met vier types van beslissingsnemers die kunnen gevonden worden in een terminal. De *drayage operatoren* houden zich bezig met het voor- en natransport van vrachtwagens tussen terminals en verzenders / ontvangers. Dan zijn er de *terminal operatoren* die de overslagoperaties beheren tussen weg, spoor en/of binnenvaart. Vervolgens zijn er ook *netwerk operatoren* die verantwoordelijk zijn voor de infrastructuurplanning en organisatie van spoor of binnenvaart transport. Ten slotte zijn er nog de *intermodale operatoren* die kunnen gedefinieerd worden als de gebruikers van de intermodale infrastructuur en diensten. Zij selecteren de meest geschikte route voor verzendingen doorheen het gehele intermodale netwerk. Indien beide klassen (drie niveaus en vier types beslissingsnemers) gecombineerd worden, komen we tot een classificatie van 12 algemene categorieën van beslissingsproblemen die zich kunnen voordoen in een overslagterminal.

2.3 Planningsproblemen van de terminal operator: overzicht

Omdat de efficiënte werking van de binnenvaartterminal de kern is van deze masterproef, werd ervoor gekozen te focussen op de planningsproblemen waar de

terminal operator mee te maken krijgt. Hij moet er namelijk voor zorgen dat elk van de deelprocessen in de overslag van containers zo vlot mogelijk verloopt om op die manier de overslagkosten van de terminal te reduceren en zijn competitiviteit te verhogen.

Voor de terminal operator kan een classificatiematrix gecreëerd worden van de planningsproblemen waarmee hij te maken krijgt. Hierin kan een onderscheid gemaakt worden tussen twee grote categorieën. Voor beide werd een matrix opgesteld die kan teruggevonden worden op de volgende pagina's. Onder de eerste categorie kunnen de algemene planningsproblemen teruggevonden worden die de terminal operator dient aan te pakken op strategisch, tactisch en operationeel niveau. Wanneer de literatuur wordt bekeken die hierover schrijft, kan vastgesteld worden dat deze planningsproblemen niet specifiek voor de binnenvaartterminal behandeld worden. In het eerste deel van de literatuurstudie worden dan ook wetenschappelijke artikels beschreven waarin zowel trein- als binnenvaartterminals voorkomen. Een tweede categorie zijn de specifieke planningsproblemen voor elk deelproces van de overslag opnieuw op strategisch, tactisch en operationeel niveau. Dit deel van de literatuurstudie zal focussen op de deelprocessen en daaraan verbonden planningsproblemen specifiek voor de binnenvaartterminal. Hierbij kan wel opgemerkt worden dat de binnenvaartterminal in de literatuur vaak als analogie van de maritieme terminal wordt beschouwd. In beide terminals vinden we namelijk gelijkaardige processen en problemen terug, deze komen enkel voor op een verschillende schaal. Tussen de twee categorieën bestaat een beperkte overlap van planningsproblemen. Deze overlap zal duidelijk aangehaald worden in de loop van de literatuurstudie.

De literatuurstudie die volgt, is gebaseerd op de structuur van enkele overzichtsartikels uit de wetenschappelijke literatuur. Deze artikels bieden een eerste basis voor de classificatiematrices, die in deze masterproef verder uitgebreid worden met recente wetenschappelijke onderzoeken. Wat het eerste deel van algemene planningsproblemen van de terminal operator betreft, kan verwezen worden naar de overzichtsartikels van Caris et al. (2008) en Macharis en Bontekoning (2004). In het tweede deel werd voor de indeling in deelprocessen en de daaraan gekoppelde problemen het overzichtsartikel van Vis en De Koster (2003) gebruikt. Beide delen van de literatuurstudie werden daarna verder aangevuld met eigen onderzoekwerk en referenties uit recentere overzichtsartikels van Stahlbock en Voss (2008) en Vacca et al. (2006).

Tabel 1: Algemene planningsproblemen van de terminal operator

Tijdshorizon		
Strategisch	Tactisch	Operationeel
<p>Terminal design Ferreira en Sigut (1995) Meyer (1998) Rizzoli et al. (2002) Ballis en Golias (2004) Bontekoning (2006) Vis (2006) Ottjes et al. (2006)</p>	<p>Capaciteitsniveaus van materiaal en arbeid Kemper en Fischer (2000) Kozan (2000) Kulick en Sawyer (2001) Huynh (2005)</p> <p>Ontwerp van operationele routines en layout structuren Voges et al. (1994) Martinez et al. (2004) Wiese et al. (2009) Kim et al. (2008) Petering (2009)</p>	<p>Resource allocatie Kim en Park (2004,a) Zaffalon et al. (1998)</p> <p>Job scheduling Alicke (2002) Legato en Monaco (2004) Corry en Kozan (2006) Gambardella et al. (2001)</p>

Tabel 2: Planningsproblemen van de terminal operator per deelproces

Deelproces	Tijdshorizon		
	Strategisch	Tactisch	Operationeel
Aankomst van het schip	Bepaling aantal aanmeerkaaien Lagoudis en Platis (2009) Alattar et al. (2006)		Toewijzing schepen aan aanmeerkaaien Imai et al. (1997) Imai et al. (2001) Imai et al. (2003) Imai et al. (2007) Cordeau et al. (2005)
Laden en lossen van het schip	Type materiaal gebruikt voor laden en lossen Vis en de Koster (2003)	Bepaling aantal te gebruiken kaaikranen Vis en de Koster (2003) Daganzo (1989) Kim en Park (2004) Moccia et al. (2006) Sammarra et al. (2007) Imai et al. (2008)	Opstellen laadplan Shields (1984) Wilson et al. (1999) Wilson et al. (2000) Wilson et al. (2001) Ambrosino et al. (2004) Imai et al. (2006) Bepaling welke kraan welke containers in het schip plaatst en eruit neemt Beslissing van de kraandrijver of het laad- en losplan
Transport van containers van schip naar stack en vice versa	Type materiaal gebruikt voor transport Vis en de Koster (2003) Vis en Harika (2004) Yang et al. (2004)	Bepaling van het aantal nodige voertuigen voor containertransport Vis et al. (2001) Koo et al. (2004)	Opstellen planning voor transport van containers (routing en scheduling) Bodin en Levy (1994) Bish et al. (2001) Das et al. (2003) Lim et al. (2003) Koo et al. (2004) Briskorn et al. (2006)
Opstapelen van containers	Type materiaal gebruikt voor opstapeling Vis (2006) Bepalen van de opstapelingsstrategie Taleb-Ibrahimi et al. (1993) Chen (1999) Dekker et al. (2006) Kang et al. (2006) Bepalen van de goede stack configuratie Decastilho en Daganzo (1993) Holguín-Veras en Jara-Díaz (1999) Kim en Kim (1999,a) Lee et al. (2006)	Bepaling van het aantal nodige transferkranen voor de opstapeling Kim en Kim (1998)	Routering van straddle carriers doorheen de stack Kim en Kim (1997) Kim en Kim (1999,b) Kim en Kim (1999,c) Kim en Kim (1999,d) Planning van de volgorde waarin containers worden weggehaald van de stack Kozan en Preston (1999)
Transport van containers naar andere transportmodi, Inter-terminal transport	Selectie transportsystemen voor interterminal transport Duinkerken et al. (2006)		

3. ALGEMENE PLANNINGSPROBLEMEN

3.1 Strategisch niveau

3.1.1 Terminal design

Een belangrijk strategisch element waarover de terminal operator een beslissing dient te nemen is het ontwerp van de intermodale terminal. Beslissingen rond dit ontwerp omvatten het type en de hoeveelheid materiaal / infrastructuur aanwezig in de terminal, type en capaciteit van container opslag faciliteiten, de manier waarop handelingen worden uitgevoerd en hoe materiaal wordt gebruikt in de terminal en tenslotte de lay-out van de terminal. Het ontwerp van de intermodale terminal zal zijn weerslag hebben op de efficiëntie waarmee de verschillende deelprocessen in de overslag, besproken in Hoofdstuk 4, kunnen doorlopen worden. Wat dit ontwerp betreft, heeft de terminal operator tal van mogelijkheden. Hij kan opteren voor een eigen ontwerp aangepast aan de specifieke terminalnaden of hij kan een design uit de literatuur kiezen dat zijn prestaties reeds bewezen heeft. Ferreira en Sigut (1995) ondersteunen deze keuze van de terminal operator door een traditioneel design concept te vergelijken met een nieuwe trend. Zij proberen een antwoord te vinden op de vraag: "Welk terminal design zorgt voor betere prestaties, een conventionele weg-spoor containerterminal of het RoadRailer concept?" Een terminal volgens het RoadRailer idee maakt gebruik van trailers die zowel vervoerd kunnen worden via de weg als via het spoor. Hoewel normale trailers die via de weg vervoerd worden ook kunnen getransporteerd worden met de trein, is er een significant verschil: de bi-modale trailers van het RoadRailer concept worden niet vervoerd op treinwagons. Ze zijn voorzien van een onderstel of een as om transport via spoor te kunnen uitvoeren. Beide concepten (conventioneel versus RoadRailer) worden door de auteurs geëvalueerd aan de hand van een discrete event simulatie toegepast op verschillende scenario's. Zoals gedefinieerd door Kelton et al. (2008) wordt in een discrete event simulatie de werking van een systeem, in dit geval de terminal, voorgesteld als een chronologische volgorde van gebeurtenissen (events). Elke gebeurtenis (bijvoorbeeld: aankomst van een schip) gebeurt op een bepaald tijdstip en zorgt voor een verandering in de status van het systeem. Als prestatie maatstaf kiezen Ferreira en Sigut (1995) voor de snelheid van werken in de terminal, uitgedrukt als de gemiddelde tijd nodig om het laadproces te voltooien. Uit de simulatiestudie wordt geconcludeerd dat onder gelijke omstandigheden containers sneller worden verwerkt dan RoadRailer trailers. Bij deze conclusie mag echter niet uit het oog worden verloren dat de

vergelijking tussen beide concepten geen rekening houdt met de volledige set van kosten die men oploopt in beide gevallen. Initiële kapitaalkosten bijvoorbeeld zijn significant hoger voor conventionele containerterminals in vergelijking met RoadRailer terminals. Ook Rizzoli et al. (2002) maken gebruik van discrete event simulatie om het ontwerp van de terminal te bestuderen. Het simulatiemodel dat zij ontwikkelen kan gebruikt worden voor het nabootsen van processen (aankomst, verwerking en vertrek van terminal units zoals containers) in één enkele terminal of in een spoornetwerk dat verschillende wegspoor terminals verbindt via spoor corridors. Het doel van het simulatiemodel is tweeledig. Enerzijds kan de simulatiegebruiker de impact bestuderen van nieuwe technologieën, zoals computergestuurde management tools, en infrastructuur op de prestatie van bestaande terminals. Anderzijds kan de impact van de hoeveelheid intermodaal verkeer bestudeerd worden. Prestatieparameters die in acht worden genomen om de impact in beide experimenten na te gaan zijn verwerkingstijd van terminal units en wachttijden voor terminal units en vrachtwagens. Een andere mogelijkheid om de terminal operator bij te staan in de designbeslissing, is de vergelijking maken tussen verschillende terminalontwerpen. Ballis en Golias (2004) behandelen in deze context het aspect van terminal design in kader van een onderzoeksproject gelanceerd door de Europese commissie. Dit project heeft als doel technische en organisatorische innovaties te evalueren die de prestatie van goederentransport in de spoorsector kunnen verbeteren. Ze stellen hierbij een benadering voor die focust op een vergelijkende evaluatie van conventioneel en geavanceerd materiaal voor spoor-weg terminals. Het ontwikkelde model bestaat uit een micro-model dat alternatieve terminal designs vergelijkt en een macro-model dat de algemene aantrekkelijkheid van de intermodale transportketen analyseert. Voor de strategische ontwerpbeslissing van de terminal operator dient dus enkel gefocust te worden op het micro-model. Dit model omvat een expertsysteem, een simulatiemodel en een kostenmodule. Het expertsysteem ondersteunt terminal operatoren bij het ontwikkelen van technisch haalbare terminal designs. Het simulatiemodel kan gebruikt worden om voor deze verschillende terminaldesigns servicetijden van treinen en vrachtwagens te bepalen die dan kunnen vergeleken worden met vooraf bepaalde service criteria. Ten slotte kan de kostenmodule voor elk aanvaard terminaldesign een kosten-versus-volume curve berekenen. Uit dit micro-model blijkt dat elk terminaldesign effectief is voor een bepaalde range van cargovolumes en dat elk design beperkt wordt door capaciteitslimieten. Voor de terminal operator is het van belang dat hij het terminal design niet als een losstaand probleem bekijkt. Hij dient namelijk rekening te houden

met het intermodaal netwerk waarin de terminal zich bevindt en opereert. In deze context behandelt Meyer (1998), zoals geciteerd door Caris et al. (2008) en Macharis en Bontekoning (2004), het terminal design probleem voor een spoor-spoor terminal in een hub-and-spoke systeem. Deze terminal moet voor de uitwisseling van maximum zes treinen tegelijk kunnen zorgen. Daarnaast moet de terminal een beperkt volume spoorweg transfers kunnen uitvoeren. Meyer ontwikkelt hierbij een dynamische computersimulatie met petri-net toepassingen om de vereiste capaciteit voor kranen en interne transportsystemen te bepalen. Petri-net is een grafische methode om het gedrag van systemen waarin parallelle gebeurtenissen voorkomen, te beschrijven. Deze techniek heeft als voordeel dat het gedrag van het systeem op een zeer precieze wijze beschreven kan worden en zelfs met software gesimuleerd kan worden (Rutten, 2008). De door Meyer (1998) ontwikkelde simulatie kan bovendien het meest efficiënte aankomstenpatroon voor treinen berekenen. Bontekoning (2006) voert verder onderzoek naar terminaldesign in deze hub-and-spoke netwerken. Bij hub-and-spoke worden containers met verschillende eindbestemmingen in de beginterminal op één trein gezet. Aangekomen op de hub (het knooppunt) vindt een herverdeling plaats naar verschillende eindbestemmingen. De implementatie van hub-and-spoke netwerken in intermodaal transport wordt vaak aangeduid als een potentiële oplossing om het intermodaal marktaandeel in goederentransport te vergroten, dit omwille van de voordelen die hub-and-spoke netwerken bieden ten opzichte van unimodaal vervoer. De voornaamste voordelen, aangehaald door Bontekoning (2006), zijn schaalvoordelen, een toename van het aantal verbindingen en een hogere frequentie van transportdiensten. Op die manier kan gecompenseerd worden voor de langere transportafstanden en de overslag van intermodaal transport. Traditioneel gebeurt de overslag van treinen in een hub via shunting, een proces waarbij een trein met een bepaalde lading in een hub op een ander spoor wordt 'geschoven' om zijn traject dan verder te zetten naar de eindbestemming. Dit is echter een proces dat veel tijd vraagt. Daarom is er sinds de vroege jaren '90 een nieuw type intermodale terminal, specifiek ontworpen voor snelle overslag in knooppunten van hub-and-spoke netwerken, geïntroduceerd. Deze hub terminals kunnen het tijdsconsumerend proces van shunting vervangen. Studies betreffende deze nieuwe hub terminals suggereren dat ze efficiënter zijn dan de traditionele terminals met een shunting yard. Een systematische vergelijking die de operationele en kostenverschillen tussen shunting en deze nieuwe hub terminals weergeeft, ontbreekt echter. Het doel van Bontekoning (2006) is dan ook ten eerste na te gaan welke operationele omstandigheden gunstig zijn voor de implementatie van nieuwe hub terminals en ten tweede de

operationele prestatie van de nieuwe hub terminals te kwantificeren in vergelijking met alternatieve overslagfaciliteiten. Om deze doelen te bereiken, wordt gebruik gemaakt van simulatiemodellen. Ook Ottjes et al. (2006) houden bij het terminal design probleem rekening met de multimodale omgeving waarin de terminal opereert. Hun wetenschappelijk artikel focust op het ontwerp en de evaluatie van multi-terminal systemen zoals het havengebied van de Maasvlakte te Rotterdam. Er wordt een simulatiemodel voorgesteld dat de drie basis terminalfuncties van transport, overslag en stacking van containers omvat. Dit model wordt toegepast op bestaande en toekomstige terminals in Rotterdam. Aan de hand van verschillende experimenten kan het model vereisten bepalen voor de terminals wat betreft de kaailengte, opslagcapaciteit, het gebruikte materiaal en de transportinfrastructuur voor inter-terminal transport. De resultaten van deze studie kunnen gebruikt worden voor het verdere ontwerp van de terminals en voor een bijhorende kostenschatting. Wat terminal design betreft, kan men in de literatuur ook artikels terugvinden die slechts één deelaspect van het probleem belichten. Zo behandelt Vis (2006) specifiek de keuze van het type materiaal gebruikt voor het opslag- en ophaalproces van containers. Deze beslissing zullen we later ook terugvinden bij de opdeling in verschillende deelprocessen van de binnenvaarterminal. Op het strategisch planningsniveau bij het opslaan van containers, komt dit planningsprobleem namelijk ook aan bod. In het wetenschappelijk artikel van Vis (2006) wordt een vergelijkende studie uitgevoerd naar de prestaties van bemande straddle carriers en geautomatiseerde kranen (ASC's). Het belangrijkste verschil tussen een straddle carrier en een ASC is het feit dat een straddle carrier slechts over één enkele rij van containers in een blok met meerdere rijen van containers tegelijk kan gaan terwijl een ASC over ten hoogste zes rijen van containers kan gaan. De voornaamste prestatieparameter die in acht wordt genomen in de vergelijking is de totale reistijd die vereist is om container opslag- en ophaaljobs te voltooien voor zowel de zee- als de landzijde van de terminal. Uit een simulatiestudie wordt geconcludeerd dat ASC's hiervoor beter presteren dan straddle carriers in een stack met een spanwijdte kleiner dan negen containers. Vanaf dat punt bereiken straddle carriers een gelijkaardige prestatie. Er wordt ook een sensitiviteitsanalyse uitgevoerd naar de verschillende input parameters in de simulatie. Op die manier kan een advies worden geformuleerd aangaande de keuze voor een bepaald type materiaal gegeven de lay-out van de stack.

3.2 Tactisch niveau

3.2.1 Capaciteitsniveaus van materiaal en arbeid

De terminal operator dient ook de vereiste capaciteitsniveaus van materiaal en arbeid te bepalen voor zijn terminal. Deze beslissing kan genomen worden na het bepalen van het algemene terminal design of kan simultaan met het terminal design behandeld worden. Caris et al. (2008) en Macharis en Bontekoning (2004) refereren voor dit planningsprobleem naar een wetenschappelijk artikel van Kemper en Fischer (2000). Daarin wordt de overslag van containers in een intermodale spoor-weg terminal gemodelleerd met slechts één kraan. In deze terminal wordt een opslagplaats met een capaciteit van veertig containers gebruikt als bufferzone voor containers die moeten gelost worden van een vrachtwagen of trein, maar niet meteen opnieuw kunnen geladen worden voor verder transport. Het doel van het model is het bepalen van de service kwaliteit van de terminal in termen van wachttijden en benutting van resources. Op deze manier kan bepaald worden of het inzetten van meer materiaal of arbeid een gunstige invloed heeft op deze prestatieparameters en of de verbetering van de prestaties opweegt tegen de extra investeringen. De terminal wordt gemodelleerd aan de hand van stochastische petri-nets en de numerieke resultaten worden bekomen via berekening van de steady-state verdeling van de geassocieerde Markov keten. Een Markov-keten beschrijft een systeem dat zich door een aantal toestanden beweegt en stapsgewijs overgangen vertoont van de ene naar de andere (of dezelfde) toestand. De specifieke Markov-eigenschap houdt in dat de toekomst, gegeven het heden, niet afhangt van het verleden. Dat betekent dat als het systeem zich in een bepaalde toestand bevindt, het toekomstige gedrag van het systeem, dus de komende overgangen, slechts afhangen van de huidige toestand en niet van de weg waarlangs deze toestand tot stand is gekomen (Cursus Markov ketens, 2010). Naast operationele modellen, worden ook vaak simulatiemodellen ontworpen om de tactische beslissingen van de terminal operator te ondersteunen. Zo bestuderen Kulick en Sawyer (2001) de capaciteitsbeslissing in een intermodale terminal waar overslag van goederen gebeurt tussen treinen en vrachtwagens en vice versa via simulatie. De mogelijkheid van deze terminal om te kunnen beantwoorden aan activiteitspieken als gevolg van een hoog aantal aankomende of vertrekkende treinen is cruciaal. Er wordt daarom een simulatiemodel ontwikkeld om te onderzoeken hoe de werking van de terminal kan verbeterd worden gegeven de dynamische aard van vraag en aanbod. Aan de hand van het model kan het effect van verschillende capaciteitsniveaus van arbeid en andere resources op de doorlooptijd van

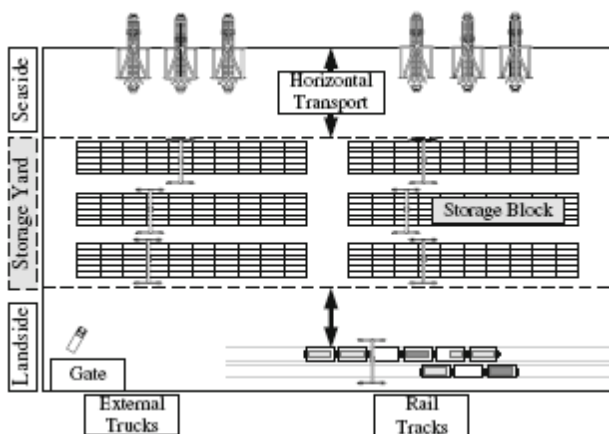
de terminal onderzocht worden. Ook Huynh (2005) maakt gebruik van simulatie om de capaciteitsbeslissingen van de terminal operator te ondersteunen. Het algemene doel dat hij wil bereiken is een reductie in de 'truck turn' tijd. Deze 'truck turn' tijd kan gedefinieerd worden als de tijd die een vrachtwagen nodig heeft om een transactie te voltooien in een intermodale terminal. Een manier om dit doel te bereiken is investeren in additionele kranen die de behandeling van containers vergemakkelijken. Huynh stelt daarom statistische modellen en simulatiemodellen voor om de relatie tussen het aantal kranen en de 'truck turn' tijd af te leiden. Op die manier kan de terminal operator bepalen of capaciteitsinvesteringen in extra kranen al dan niet de efficiëntie van de terminal positief kunnen beïnvloeden. Net zoals bij het planningsprobleem van het terminal design, kan men in de literatuur ook wetenschappelijke artikels rond capaciteitsbeslissingen terugvinden die slechts één deelaspect van het probleem belichten. Zo behandelt Kozan (2000) specifiek de tactische beslissing van de terminal operator omtrent het niveau van investeringen in materialen vereist voor de terminal. Zijn onderzoek wordt gedaan in kader van een bespreking van de factoren die een invloed hebben op de overslag efficiëntie van haventerminals. Een netwerk model wordt ontworpen om de vooruitgang van containers in een multimodale container terminal te analyseren. Het doel dat Kozan vooropstelt, is het minimaliseren van de totale doorlooptijd. Deze doorlooptijd wordt gevormd door de som van de behandelings- en reistijden van de containers vanaf het moment dat ze met een schip aankomen aan de haven tot het ogenblik dat de containers de terminal verlaten. Het ontwikkelde model kan gebruikt worden als ondersteuning bij het nemen van beslissingen aangaande materiaal investeringen.

3.2.2 Ontwerp van operationele routines en lay-out structuren

Het ontwerp van operationele routines en lay-out structuren voor de terminal is een tweede tactische beslissing die de terminal operator dient te nemen. Een wetenschappelijk artikel waarnaar Caris et al. (2008) en Macharis en Bontekoning (2004) refereren en dat het ontwerp van operationele routines in de intermodale terminal behandelt, is dat waar Voges et al. (1994) de operationele procedures van een bestaande terminal analyseren. Hierbij wordt gefocust op de drie volgende vragen: Hoe moeten dispatcher en kraanbestuurders beslissingen nemen over het uitvoeren van het overslagproces? Indien een bepaalde kraanstrategie zou resulteren in gunstige wachttijden voor vrachtwagens, kunnen de kraanbestuurders deze strategie dan implementeren zonder computer ondersteuning? Wanneer is het nuttig de strategie

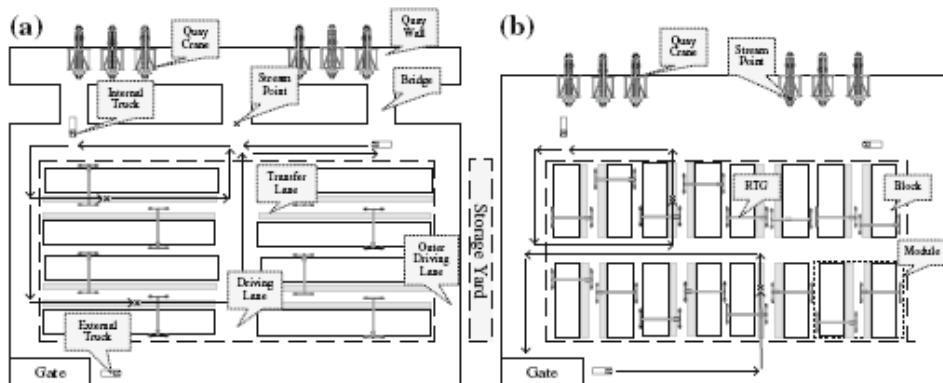
achterwege te laten en intuïtief te werken? De prestatie maatstaf die wordt gehanteerd is de gemiddelde wachttijd van vrachtwagens. Er wordt gebruik gemaakt van 'Human Integrated' simulatie (HIS) en computer simulatie op basis van een petri-net model om een antwoord te vinden op bovenstaande vragen. HIS is een simulatietechniek waarbij menselijke factoren worden geïntegreerd in een conventionele simulatiestudie. Deze menselijke factoren omvatten onder andere de mate van autonomie van de operatoren en eventuele reducties in de capaciteit van de operatoren om in te spelen op nieuwe of zieke operatoren (Neumann en Medbo, 2009). De gecombineerde benadering van HIS en petri-net simulatie houdt zowel rekening met objectieve als menselijke factoren die een invloed kunnen hebben op het overslagproces. Ook Martinez et al. (2004) bestuderen operationele routines in het overslagproces van een intermodale terminal. In de terminal beschreven in hun wetenschappelijk artikel wordt de overslag verzorgd door een portaalkraan. Een portaalkraan wordt in een terminal gebruikt om containers te verplaatsen en kan lasten hijsen en verplaatsen over de breedte en lengte van het werkveld. Bovendien kan deze verticale constructie vaak ook zelf rijden op een rail. Er worden verschillende werkwijzen voor deze portaalkraan in een spoor-spoor terminal voorgesteld. Deze beschrijven hoe de kraan de overslag van containers tussen verschillende treinen verzorgt: parallel, zig-zag, enzovoort. Deze operationele routines worden vervolgens getest onder verschillende scenario's wat betreft variërende kraankenmerken, containergroottes, aankomstpatroon van treinen, enzovoort. Er wordt een discrete event simulatie model gebouwd van een Spaanse grensterminal om deze testen uit te voeren. Op deze manier worden algemene operationele regels afgeleid over de invloed van de overslagwijzen en andere factoren op de prestatie van de terminal. De prestatieparameter waar in dit artikel op gefocust wordt, is het serviceniveau voor de klant, gereflecteerd in wachttijden voor treinen en klanten. Op basis van deze operationele regels kan de terminal operator de meest gepaste oplossing kiezen om de efficiëntie van zijn terminal te verbeteren. De auteurs kiezen ervoor om algemene regels aan te bevelen in plaats van een optimale oplossing te genereren voor elke specifieke combinatie van treinen omdat algemeenheden waarschijnlijk makkelijker te implementeren zijn in praktijk. Naast het bepalen van de operationele routines die in de terminal zullen geïmplementeerd worden, is het ontwerp van de terminal lay-out een ander belangrijk tactisch aspect dat de terminal operator dient te behandelen. Wiese et al. (2009) benadrukken dat een efficiënte lay-out van een containerterminal cruciaal is om maximum capaciteit te bereiken. Ze stellen een benadering voor, gebaseerd op integer lineair programmeren, om de lay-out van container opslagplaatsen in de terminal

zorgvuldig te plannen. Het doel van dit opslagplaats lay-out probleem is het vinden van de optimale lay-out voor de container opslagplaats in termen van minimale kosten. De auteurs concentreren zich hierbij op één specifieke lay-out klasse, namelijk de lay-out met transferlanen. Bij deze lay-out wordt typisch gebruik gemaakt van yard kranen om containers op te slaan in de stack en vrachtwagens om containers horizontaal te transporteren naar en van het schip en naar andere transportmodi die de container verder vervoeren naar zijn eindbestemming. Onderstaande figuur geeft het bovenaanzicht van de algemene container terminal lay-out zoals weergegeven door Wiese et al. (2009).



Figuur 4: Bovenaanzicht container terminal lay-out (Wiese et al., 2009)

Binnen deze lay-out klasse wordt er gefocust op parallele en loodrechte opslagplaats lay-outs met transferlanen. Bij parallele lay-outs zijn de opslagblokken ("Storage Block") evenwijdig georiënteerd ten opzichte van de kaai, terwijl de opslagblokken loodrecht ten opzichte van de kaai georiënteerd zijn bij de loodrechte lay-out, zoals aangegeven op onderstaande figuur.



Figuur 5: Parallele (a) en loodrechte (b) opslagplaats lay-out (Wiese et al., 2009)

Het opslagplaats lay-out probleem wordt in eerste instantie geformuleerd als een integer lineair programmeringsprobleem voor een gegeven blokoriëntatie (parallel of loodrecht). Het doel van dit probleem is voor de container opslagplaats het optimaal aantal lanen ("Driving Lane") te vinden en de optimale posities van die lanen voor een parallelle of loodrechte lay-out die de kosten minimaliseren. Kosten die in beschouwing worden genomen zijn de werkingskosten van yard kranen en de vervoerskosten van de vrachtwagens. Beide kostencategorieën hangen af van de lengte van de opslagblokken of, respectievelijk, van het aantal lanen. In dit eerste model wordt verondersteld dat de container opslagplaats rechthoekig is. Op die manier wordt een lineaire formulering mogelijk gemaakt. Vervolgens wordt het model aangepast zodat het probleem kan opgelost worden voor een willekeurige opslagplaatsvorm. In dit geval dient gebruik gemaakt te worden van een zoekheuristiek om een geschikte lay-out te vinden. Ook Kim et al. (2008) behandelen het lay-out probleem voor container opslagplaatsen met transferlanen. Er worden twee lay-out parameters, die sterk analoog zijn aan die van Wiese et al. (2009), in beschouwing genomen: de oriëntatie van de opslagblokken tot de kaai (parallel of loodrecht) en het aantal lanen. Het verschil met het artikel van Wiese et al. (2009) is dat de lay-out planning nu drieledig wordt beschouwd: bepalen van (1) het lay-out type van de opslagplaats (parallel of loodrecht), (2) de totale lengte van de rechthoekige opslagplaats en (3) het aantal lanen of de lengte van de opslagblokken in de opslagplaats. Om de optimale lay-out structuur voor de opslagplaats te bepalen worden voor verschillende lay-out structuren het aantal container behandelingen voor transferkranen en de verwachte reisafstand voor vrachtwagens berekend. Hieraan worden vervolgens kosten gekoppeld om zo de optimale, kostenminimaliserende lay-out structuur te bepalen. Op deze manier kan bovendien aangetoond worden dat parallelle blokoriëntaties betere resultaten opleveren dan loodrechte blokoriëntaties. Naast operationele of wiskundige modellen kan ook simulatie gebruikt worden om het tactisch probleem van de terminal lay-out structuur aan te pakken. Zo analyseert Petering (2009) in de context van het lay-outontwerp meer specifiek de invloed van verschillende breedtes van container opslagblokken op de terminal prestatie. Deze terminal prestatie wordt specifiek gemeten in termen van benutting van kranen, een parameter waarvoor maximalisatie gewenst is. Verschillende breedtes van opslagblokken worden gesimuleerd (discrete event simulatie) voor tal van opslagplaats lay-out structuren onder vier container terminal settings (verschillend qua grootte en hoeveelheid materiaal). Uit de simulatieresultaten kunnen de volgende conclusies worden getrokken. Ten eerste toont de simulatie aan dat de benutting van de kranen een concaaf verloop kent in verhouding

met de blokbreedte. Daarnaast kan geconcludeerd worden dat de optimale blokbreedte gaat van zes tot twaalf rijen afhankelijk van de grootte, vorm en doorlooptijd van de terminal. Vervolgens geven de resultaten aan dat de optimale blokbreedte afneemt naarmate meer materiaal beschikbaar is in de terminal. Het voordeel van het inzetten van meer materiaal neemt dan ook af wanneer de blokbreedte toeneemt. Ten slotte kan uit de simulatie afgeleid worden dat de algemene prestatie van de terminal verbetert wanneer de vorm van de terminal meer een vierkant aanneemt.

3.3 Operationeel niveau

3.3.1 Resource allocatie

Op het operationele, dagdagelijkse niveau zal de terminal operator ten eerste moeten beslissen hoe de beschikbare werkmiddelen van de terminal worden toegewezen aan de verschillende taken die moeten voltooid worden. In deze context presenteren Zaffalon et al. (1998) een benadering die de terminal operator kan ondersteunen bij de toewijzing van de beschikbare werkmiddelen in de intermodale terminal. Meer specifiek betreft het de beslissing van welk materiaal en welke hoeveelheid mankracht moet toegewezen worden aan een volgorde van werk shifts. De aanpak van dit resource allocatie probleem is gebaseerd op een netwerk formulering. Deze veronderstelt dat het laad- en losproces van containers kan gemodelleerd worden als een netwerk van containerstromen tussen de schepen en de terminal opslagplaats tijdens alle werk shifts. Het doel van de allocatieprocedure is het bepalen van een toewijzing van werkmiddelen voor het laden en lossen van de schepen waarbij de winst (opbrengsten – uitgaven) wordt gemaximeerd. De opbrengsten zijn proportioneel tot het aantal getransporteerde containers, terwijl de uitgaven een lineaire functie van de toegewezen resources zijn. Aangezien meer werkmiddelen meer containers kunnen transporteren, gaat het dus om het vinden van de juiste balans tussen het transporteren van containers terwijl men de kosten van de werkmiddelen probeert te reduceren. Ten slotte wordt nog een simulatie model gebruikt om de bekomen resource allocatie te valideren en evalueren. In de literatuur kunnen ook artikels over resource allocatie gevonden worden die de focus specifiek leggen op de menselijke, dan wel de materiaal resources in de terminal. Zo focussen Kim et al. (2004,a) op het efficiënt inplannen van operatoren (menselijke resources) die materiaal bedienen zoals kranen of containertransport voertuigen. Omwille van de vele beperkingen die dit probleem kent, is het vinden van een haalbare oplossing in plaats van een optimale, binnen een redelijke tijdsduur, voldoende in de praktijk. De

belangrijkste beperkingen zijn de volgende: restricties op het minimum aantal operatoren toe te wijzen aan elk tijdslot, de maximale werktijd per operator per shift, het type materiaal dat kan toegewezen worden aan elke operator en het aantal beschikbare tijdslots voor elke operator of elk soort materiaal. Het probleem wordt geformuleerd als een constraint satisfaction probleem dat bestaat uit beperkingen waaraan moet voldaan worden. Een Constraint Satisfaction Problem (CSP) wordt door Alicke (2002) gedefinieerd als een set van beperkingsvariabelen $x \in X$, hun overeenkomstige domeinen D_x en een set van beperkingen die gedefinieerd zijn op de variabelen $c(x_1, \dots, x_n)$. Een toegelaten oplossing voor het CSP wordt bekomen door een waarde toe te kennen aan elke variabele zodat geen enkele beperking overtreden wordt. Er wordt vervolgens door Kim et al. (2004,a) gebruik gemaakt van commerciële software om een haalbare oplossing voor dit probleem te zoeken. De toewijzing van materiaal en infrastructuur (materiaal resources) is een beslissing die we later zullen terugvinden bij de opdeling in verschillende deelprocessen van de binnenvaartterminal. Op het operationele planningsniveau van verschillende deelprocessen vinden we namelijk het resource allocatie probleem terug, waarbij de focus minder ligt op menselijke resources. Zo moeten bijvoorbeeld voertuigen aan containers worden toegewezen in het deelproces van containertransport of kranen aan containers bij het deelproces van laden en lossen.

3.3.2 Job scheduling

Een ander operationeel planningsprobleem voor terminal operatoren is de planning (scheduling) van terminaljobs. Aangezien de dagelijkse werking van de terminal uit een veelheid aan taken/jobs bestaat, is het van groot belang deze zorgvuldig in te plannen om een efficiënte werking van de terminal te garanderen. Gambardella et al. (2001) behandelen dit probleem samen met het resource allocatie planningsprobleem uit de vorige paragraaf. Ze splitsen het laad- en losproces in een intermodale terminal namelijk op in twee problemen die hiërarchisch opgelost worden: een resource allocatie probleem en een scheduling probleem. Eerst worden kaaikranen en yard kranen toegewezen aan een aantal werk shifts om respectievelijk containers te laden/lossen en op te slaan. Dit resource allocatieprobleem wordt geformuleerd als een gemengd integer programmeringsprobleem en opgelost aan de hand van een branch-and-bound algoritme. De prestatieparameter die in acht wordt genomen bij dit planningsprobleem is de terminalkost, beïnvloed door de benutting van de resources. Dan worden laad- en loslijsten van containers bepaald voor elke toegewezen kraan. Een tabu search algoritme wordt vervolgens gebruikt om dit schedulingsprobleem op te lossen. Hierbij is het doel de

totale tijd van het laad- en losproces te minimaliseren, aangezien economische factoren reeds werden opgenomen in de resource allocatie fase. Ten slotte wordt de algemene benadering nog gevalideerd aan de hand van een discrete event simulatie van de terminal. Een in de literatuur vaak aangehaald job scheduling probleem is het opstellen van een laadplan. Corry en Kozan (2006) focussen in deze context op het opstellen van dit laadplan voor container treinen van een intermodale terminal. Dit probleem van het opstellen van een efficiënt laadplan zal later ook voorkomen bij de opdeling in verschillende deelprocessen van de binnenvaartterminal. Daar zal dit planningsprobleem behandeld worden in de operationele paragraaf van het deelproces van laden en lossen van het schip. Corry en Kozan (2006) ontwikkelen een model om containers dynamisch (over een continue tijdshorizon omdat veel parameters onzeker zijn) toe te wijzen aan slots op een trein. De doelen van dit model zijn het minimaliseren van overtollige behandelingstijd voor de containers en het optimaliseren van de gewichtsverdeling van de trein. Daarnaast wordt ook een simulatiemodel ontwikkeld om de prestatie van dit model te beoordelen in twee verschillende omgevingen, een vereenvoudigd en een meer realistisch scenario. Uit deze analyse blijkt dat een significante reductie van overtollige behandelingstijd kan bekomen worden met een relatief kleine tegemoetkoming in de gewichtsverdeling. Een andere specifieke toepassing van job scheduling is het bepalen van de optimale overslagvolgorde van containers. Alicke (2002) behandelt dit probleem als onderdeel van een onderzoek naar het terminal concept 'mega hub'. Dit onderzoek gebeurt in het kader van de ontwikkeling van verschillende terminal concepten om de flexibiliteit van intermodaal transport te verbeteren om het zo aantrekkelijker te maken voor de klant. In een mega hub is de verbinding van containers aan wagons niet vast, waardoor shunting, een proces dat veel tijd vraagt, niet meer nodig is. Ladingseenheden worden overgeslagen tussen verschillende bloktreinen gedurende een korte stop aan de terminal. Een bloktrein is een trein waarbij alle wagons van dezelfde oorsprong naar dezelfde bestemming gaan zonder opgesplitst of onderweg opgeslagen te worden. In dit wetenschappelijk artikel rijden deze treinen volgens tijdschema's en komen ze aan in groepen van zes treinen waartussen overslag dient te gebeuren. Het operationele planningsprobleem dat specifiek in deze mega hub behandeld wordt, is het bepalen van de optimale overslagvolgorde van containers tussen de verschillende treinen. Er wordt daarom een optimalisatiemodel op basis van constraint satisfaction geformuleerd en verschillende heuristieken worden ontwikkeld om hier een oplossing voor te vinden. Het doel van het model is het minimaliseren van de maximale laatheid van alle treinen. Legato en Monaco (2004) verplaatsen de aandacht van containers, materiaal en

infrastructuur naar de menselijke kant van het job scheduling probleem in de intermodale terminal. Zij bestuderen het opstellen van de arbeidsplanning in maritieme container terminals. Belangrijke eigenschappen van dit probleem zijn de onzekerheid van de vraag naar arbeiders en tegelijkertijd de nood om een continue efficiëntie van de terminal te garanderen. Het probleem wordt daarom opgedeeld in twee fasen waarbij een lange termijn planning wordt gevolgd door een dagelijkse planning. Het doel van de eerste planning is het creëren van een aantal mogelijke werkschema's (reeksen van werkperiodes en vrije periodes over een horizon van 30 dagen) en deze toewijzen aan de werknemers zodat men aan de service vraag kan voldoen. Voor deze planning wordt een heuristisch voorgesteld als oplossingsprocedure. Eenmaal de lange termijn planningsbeslissingen genomen zijn en er bijna zekere informatie is over de vraag naar arbeiders voor elke shift van de volgende dag, kan een meer precieze toewijzing van arbeiders aan periodes bepaald worden. Voor deze dagelijkse planning wordt een integer lineair programmeringsprobleem opgesteld, dat kan opgelost worden aan de hand van een branch-and-bound algoritme. Het verschil met de lange termijnplanning is dat men nu één enkele arbeider als analyse eenheid neemt in tegenstelling tot een personeelsgroep in de lange termijn situatie. Daarnaast wordt nu ook rekening gehouden met de kosten die men oploopt wanneer een bepaalde arbeider in een bepaalde periode wordt tewerkgesteld, terwijl er geen aandacht besteed werd aan de kosten in de eerste fase.

3.4 Conclusies

Uit de, in dit hoofdstuk beschreven, wetenschappelijke artikels rond de algemene planningsproblemen van de terminal operator kunnen enkele belangrijke conclusies getrokken worden.

Wanneer wordt gekeken naar de oplossingsmethoden voor de verschillende problemen, kan op basis van de literatuur een algemeen onderscheid gemaakt worden tussen het gebruik van optimalisatie technieken en het gebruik van simulatie. Wat optimalisatie technieken betreft, worden in de literatuur tal van mogelijkheden aangehaald die een oplossing kunnen bieden voor de algemene planningsproblemen van de terminal operator. Enkele in de context van dit hoofdstuk vaak voorkomende oplossingsmethoden zijn onder andere netwerkmodellen, verschillende vormen van lineair programmeren en verscheidene heuristieken. In tegenstelling tot optimalisatie technieken, wordt simulatie

voor twee verschillende doeleinden gebruikt in de context van de planningsproblemen van de terminal operator. Ten eerste kan simulatie, net zoals de optimalisatie technieken, gebruikt worden om zo optimaal mogelijke oplossingen te vinden voor de verschillende planningsproblemen. Daarnaast kan simulatie ook gebruikt worden om oplossingen, gegenereerd door bepaalde optimalisatie technieken, te valideren onder verschillende terminal omstandigheden. De simulatiemethode die bij de planningsproblemen uit dit hoofdstuk het vaakst voorkomt, is discrete event simulatie.

Wat de twee algemene oplossingsmethoden betreft, kan uit de literatuurstudie ook afgeleid worden voor welke planningsproblemen ze het meest aangewezen zijn. Wanneer een overzicht wordt gemaakt van het aantal keer dat een optimalisatie techniek of simulatie gebruikt wordt bij elk van de algemene planningsproblemen, kan hieruit het volgende afgeleid worden. Voor de strategische beslissing rond terminal ontwerp, blijkt duidelijk dat simulatie de meest aangewezen oplossingsmethode is. Een mogelijke verklaring voor deze keuze is dat een simulatiemodel de mogelijkheid biedt een gehele terminal te modelleren. Door gebruik te maken van simulatie kan men omgaan met verschillende problemen die simultaan optreden bij het terminal ontwerp. Wat de tactische planningsproblemen rond capaciteitsniveaus en lay-out van de terminal betreffen, kan een minder duidelijk onderscheid gemaakt worden naar oplossingsmethodes. Wanneer de wetenschappelijke artikels worden vergeleken, komt hier ongeveer een 50-50 verdeling uit voor het gebruik van simulatie en optimalisatie technieken. De keuze van de techniek voor het oplossen van problemen rond capaciteitsniveaus en lay-out, zal dus afhangen van de voorkeur van de terminal operator en de specifieke kenmerken van zijn terminal. Voor de tactische beslissing van het bepalen van operationele routines wordt in de literatuur wel duidelijk gekozen voor een techniek, meer bepaald voor simulatie. Deze techniek biedt de mogelijkheid om verschillende operationele routines te testen onder verschillende terminalscenario's. Wanneer ten slotte wordt gekeken naar de operationele planningsproblemen (resource allocatie en job scheduling) kan uit de literatuurstudie worden afgeleid dat hiervoor optimalisatie technieken aangewezen zijn. Het gaat bij deze problemen steeds over het opmaken van specifieke plannen, enerzijds om beschikbare werkmiddelen toe te wijzen, anderzijds om schema's van jobs op te stellen. Voor dit soort van problemen wordt meestal gekozen voor oplossingsmethoden als netwerkmodellen, vormen van lineair programmeren en heuristieken.

Naast de gebruikte oplossingsmethoden voor de verschillende planningsproblemen, zijn ook de gehanteerde prestatemaatstaven bij deze methoden van cruciaal belang. Deze prestatemaatstaven geven namelijk aan welke factoren een belangrijke rol spelen in de efficiëntie van de overslagterminal. Op basis van deze maatstaven kan dan afgeleid worden waaraan nog moet gewerkt worden om de efficiëntie van de terminal te verbeteren. Prestatiemaatstaven die vaak voorkomen in de wetenschappelijke literatuur rond algemene planningsproblemen van de terminal operator zijn de volgende. Een eerste belangrijke categorie binnen de prestatemaatstaven is tijd. Vaak voorkomende tijdsmaatstaven in kader van dit hoofdstuk zijn: totale tijd nodig voor het laad- en losproces, servicetijden van treinen/vrachtwagens/schepen, wachttijden van treinen/vrachtwagens/schepen en totale doorlooptijd van containers (behandelingstijd + reistijd). Een tweede categorie binnen de prestatemaatstaven zijn kosten. Specifieke kosten die van belang zijn in dit hoofdstuk zijn: werkingskosten van kranen, transportkosten, container handling kosten en arbeidskosten. Een laatste prestatemaatstaf die regelmatig gehanteerd wordt bij algemene planningsproblemen van de terminal operator is de benutting van werkmiddelen (kranen, voertuigen,...).

Zoals reeds aangehaald in de inleiding van de literatuurstudie, worden de algemene planningsproblemen van de terminal operator in de wetenschappelijke literatuur niet specifiek voor de binnenvaartterminal behandeld. In dit hoofdstuk worden dan ook wetenschappelijke artikels aangehaald waarin zowel trein- als binnenvaartterminals worden besproken. Wanneer wordt gekeken naar aantallen, kan afgeleid worden dat er net iets meer artikels handelen over planningsproblemen in treinterminals dan binnenvaartterminals. Een reden hiervoor kan zijn dat onderzoek rond goederentransport oorspronkelijk voornamelijk in de Verenigde Staten werd gedaan. Aangezien in de V.S. goederentransport via spoor een prominente rol speelde, werd er ook hoofdzakelijk onderzoek naar treintransport gedaan. Omwille van de voordelen van goederentransport via binnenvaart, zijn onderzoekers echter ook deze transporttak verder gaan analyseren. Omdat dit onderzoek een recenter karakter heeft, is het duidelijk waarom de balans in wetenschappelijk onderzoek overhelst naar de treinterminals.

4. PLANNINGSPROBLEMEN PER DEELPROCES

4.1 Aankomst van het schip

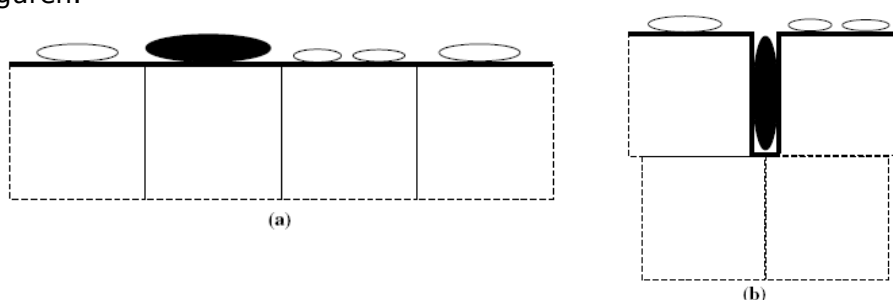
4.1.1 Strategische planning

Wanneer het geladen schip aankomt aan de terminal, dient het aan te meren aan de kaai om gelost te kunnen worden. Een van de beslissingen die de terminal operator in dit kader op strategisch niveau zal moeten nemen, is de bepaling van het aantal beschikbare aanmeerkaaien. Een afweging die dient gemaakt te worden bij deze beslissing is de investering in bijkomende aanmeerkaaien en de wachttijden van aanmerende schepen. Alattar et al. (2006) ondersteunen de strategische beslissing van het aantal aanmeerkaaien rekening houdend met deze trade-off. Ze voeren een simulatiestudie uit om wachtrijen van schepen aan de haven te bestuderen. Het doel van de studie is het reduceren van de wachttijden van deze containerschepen met minimale investeringen. Hiervoor wordt nagegaan in welke mate een toename van faciliteiten aan de haven (aanmeerkaaien en kranen) leidt tot een reductie in wachttijden. Aan de hand van vier verschillende simulatiescenario's (haven met verschillend aantal kranen en/of aanmeerkaaien) probeert men een balans te vinden in het niveau van nodige investeringen in terminalfaciliteiten en wachttijden voor de schepen. Ook Lagoudis en Platis (2009) behandelen de strategische beslissing van het aantal aanmeerkaaien, maar verbinden deze beslissing nu aan de efficiëntie van de terminal. Ze maken gebruik van wachtrijtheorie om het effect van strategische investeringen in onder andere extra aanmeerkaaien na te gaan op de efficiëntie van de overslagterminal. De auteurs passen de theorie van wachtrijen toe door de terminal te beschouwen als een systeem en de containerschepen als klanten. Vervolgens wordt nagegaan wat de operationele en financiële gevolgen zijn voor het systeem wanneer systeemparemeters zoals het aantal servers (=aantal aanmeerkaaien) veranderen. De resultaten tonen aan dat extra aanmeerkaaien effectief kunnen bijdragen aan de efficiëntie van de terminal. De prestatieparameters gebruikt om de efficiëntie van de terminal te beoordelen, zijn de tevredenheid van klanten, een gevolg van de wachttijden die ze ervaren, en het kostenniveau van de terminal operaties. De auteurs merken wel op dat de investering in onder andere extra aanmeerkaaien wel afgewogen dient te worden tegen de specifieke financiële baten die ermee kunnen behaald worden voor een specifieke terminal.

4.1.2 Operationele planning

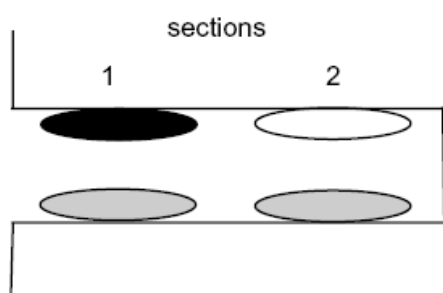
Een van de beslissingen die de terminal operator dient te nemen op het operationeel niveau in kader van de aankomst van het schip is de allocatie van containerschepen aan aanmeerkaaien. In Imai et al. (1997) wordt daarom onderzocht hoe aanmeerkaaien aan schepen dienen toegewezen te worden indien men de benutting van die aanmeerkaaien wenst te optimaliseren. Enerzijds kan een optimale aanmeerkaai toewijzing bekomen worden door het minimaliseren van de som van de tijden dat de schepen zich aan de terminal bevinden. Op deze manier blijkt dat het "First come First served" principe het meest geschikt is om schepen aan te meren aan de kaaien. Anderzijds kunnen aanmeerkaaien worden toegewezen, zonder rekening te houden met de aankomstvolgorde van de schepen, door schepen naar de kaai te sturen die het dichtst in de buurt ligt van de stack waar de containers van het schip dienen opgeslagen te worden. Als gevolg zal de terminal benutting maximaal zijn, maar schippers zullen ontevreden zijn door de langere wachttijden voor hun schepen. Er bestaat dus een afweging tussen de totale tijd dat het schip zich aan de terminal bevindt en de tevredenheid van de schippers veroorzaakt door de volgorde waarin de schepen mogen aanmeren. De auteurs formuleren een niet lineair integer programmeringsprobleem om de aanmeerkaai allocaties te vinden die de twee doelen van doorgebrachte tijd aan de terminal en ontevredenheid van de schippers te minimaliseren. In 2001 ontwikkelden Imai et al. opnieuw een integer programmeringsprobleem, op te lossen met een heuristiek, om een oplossing te vinden voor het aanmeerkaai allocatie probleem. Het verschil met het programmeringsprobleem uit 1997 is dat het nu gaat om een dynamische in plaats van een statische toewijzing. Dit betekent dat er nu ook echt werk aan de gang is in de terminal wanneer de schepen aankomen en moeten toegewezen worden aan de aanmeerkaaien. Bij het statische model daarentegen wordt verondersteld dat alle schepen al in de buurt van de terminal zijn wanneer het allocatieplan wordt opgesteld, dit garandeert dat elke aanmeerkaai-schip allocatie mogelijk is. Het statische model is dan ook beperkt in gebruik aangezien sommige schepen aankomen aan de terminal gedurende de planningshorizon. In 2003 maakten Imai et al. een uitbreiding van deze dynamische allocatieprocedure door rekening te houden met prioriteiten voor bepaalde schepen. Service prioriteit kan namelijk een belangrijk element zijn voor terminals die te maken krijgen met verschillende scheepsgroottes en verschillende cargovolumes. De auteurs passen de bestaande doelfunctie en beperkingen van het programmeringsprobleem uit 2001 aan om te kunnen omgaan met deze verschillende service prioriteiten. De resulterende procedure voor het toewijzen van aanmeerkaaien

aan schepen die rekening houdt met prioriteiten, is belangrijk voor terminal operatoren die te maken hebben met intense competitie. Het biedt hen namelijk de mogelijkheid om meer flexibel te zijn en een betere service te bieden aan hun klanten. In 2007 ontwikkelden Imai et al. een nieuwe uitbreiding van de dynamische allocatieprocedure uit 2001. Terwijl het aanmeerkaai allocatieprobleem in 2001 werd behandeld voor een conventionele terminal, wordt nu de aanpassing gemaakt naar een container terminal met 'indented' aanmeerkaaien. Het verschil tussen een conventionele en een indented aanmeerkaai is dat bij het conventionele systeem alle schepen worden geladen en gelost aan één zijde, terwijl een indented systeem schepen zeer snel kan laden en lossen omdat er aan beide zijdes van het schip kan gewerkt worden, zoals te zien is op onderstaande figuren.



Figuur 6: Conventioneel (a) en indented (b) systeem (Imai et al., 2007)

Dit indented systeem is vooral efficiënt wanneer de terminal vaak te maken krijgt met grote containerschepen. Voor kleinere schepen kan de indented configuratie een beperking vormen omdat schepen aan de binnenzijde van de indented aanmeerkaai niet kunnen vertrekken vooraleer schepen aan de buitenzijde vertrokken zijn, aangetoond op onderstaande figuur.



Figuur 7: Laden en lossen van kleine schepen bij indented aanmeerkaai (Imai et al., 2007)

Ook in het artikel van 2007 wordt het toewijzingsprobleem geformuleerd als een integer programmeringsprobleem. Het verschil met de formulering uit 2001 is dat het model nu uitgebreid is om te kunnen omgaan met indented aanmeerkaaien die containerschepen

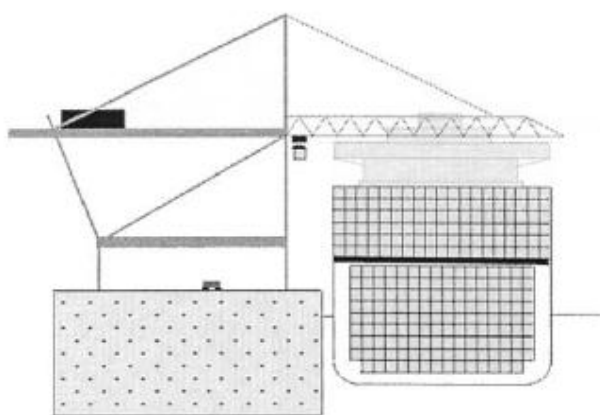
sneller kunnen bedienen. Het probleem wordt opgelost aan de hand van genetische algoritmes. De toewijzingsoplossingen worden vervolgens geëvalueerd door de indented terminal met de conventionele terminal te vergelijken via enkele numerieke experimenten. Hieruit blijkt dat, hoewel de indented terminal de mega schepen sneller kan behandelen dan de conventionele terminal, de totale service tijd voor alle schepen langer is bij de indented terminal dan bij de conventionele. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het indented systeem minder efficiënt is voor een terminal die verscheidene categorieën van schepen, gaande van enorm grote tot kleine schepen, dient te behandelen. Wat het aanmeerkai toewijzing probleem betreft, kan ook een onderscheid gemaakt worden tussen een discreet en continu geval. Cordeau et al. (2005) onderzoeken deze twee versies van het probleem. Het discrete geval houdt in dat er een eindige set van aanmeerkaien ter beschikking zijn. In het continue geval daarentegen kunnen schepen op elke plaats langs de kaai aanmeren. Het uiteindelijke doel van de toewijzingsprocedure in beide gevallen is de minimalisatie van de totale service tijd voor alle schepen vanaf de aankomst aan de terminal tot de voltooiing van alle handelingen. Voor het discrete geval worden twee modellen onderzocht: de dynamische toewijzingsprocedure van Imai et al. (2001) en een multidepot vehicle-routing probleem met tijdsvensters (MDVRPTW). In dit laatste model worden schepen gezien als klanten waarvoor een optimale route wordt bepaald naar en van aanmeerkaien die worden beschouwd als depots. Voor deze modellen wordt een oplossing gezocht aan de hand van een tabu search heuristiek. Deze heuristiek onderzoekt de oplossingsruimte door elke iteratie van de huidige oplossing naar de beste oplossing (op het niveau van service tijden) in de nabijheid te bewegen. Elke oplossing kan voorgesteld worden door een set van schip-aanmeerkai combinaties. Voor het continue geval wordt op gelijkaardige wijze een heuristiek ontwikkeld op basis van tabu search.

4.2 Laden en lossen van het schip

4.2.1 Strategische planning

Een belangrijke beslissing die de terminal operator moet nemen bij dit deelproces op het strategische niveau is welk type van materiaal zal gebruikt worden voor het laden en lossen van containers van het schip. Kaaikranen bemand door een operator worden hiervoor het meest gebruikt. Deze kaaikranen zijn uitgerust met trolleys die langs de kraanarm kunnen bewegen om de containers te transporteren van het schip naar het transport voertuig en vice versa. De containers worden opgepakt met een spreader, een

pick-up apparaat vastgemaakt aan de trolley. Deze spreader is een uitschuifbaar, metalen raam waarmee de containers worden opgetild. Aangezien er containers van verschillende lengtes bestaan (de meest gebruikelijke internationale lengtes zijn 20 en 40 voet) kan het metalen raam hydraulisch worden uitgeschoven tot de geschikte lengte wordt bereikt. De kaaikranen bewegen op rails naar de verschillende secties van de aanmeerkaai om containers van (op) de verschillende secties van het schip te nemen (zetten) (Vis en de Koster, 2003). Onderstaande figuren geven het algemeen principe van een kaaikraan weer in een vereenvoudigde en een realistische weergave.



Figuur 8: Kaaikraan (Vis en de Koster, 2003)



Figuur 9: Kaaikraan (ScienceDaily, 2007)

Daarnaast worden ook portaalkranen of gantry kranen veelvuldig gebruikt bij het laden en lossen van containers. Een portaalkraan is een verrijdbare kraan met een onderbouw in de vorm van een portaal. Bijna alle containerterminals zijn voorzien van dergelijke kranen. Ook deze kraan rijdt op vaste sporen, waardoor ze slechts één vast traject langs de kaai kan aandoen, en wordt meestal elektrisch aangestuurd. Op onderstaande figuren worden enkele portaalkranen weergegeven.



Figuur 10: Portaalkranen (Haven Genk, 2007)

4.2.2 Tactische planning

Op tactisch niveau moet de terminal operator bepalen wat het aantal kaaikranen of portaalkranen zal zijn die simultaan één schip laden/lossen. Zoals Vis en de Koster (2003) aangeven, is het belangrijk dat het laden en lossen van containers zo snel mogelijk gebeurt om de wachttijden van schepen te minimaliseren en zo te voldoen aan de vraag van de klanten. De planning van hoeveel kranen een bepaald schip zullen laden/lossen dient dus zorgvuldig opgesteld te worden. Het meest standaard kraanplanning probleem is de situatie waarin schepen op verschillende tijdstippen aankomen aan de terminal en dienen te wachten indien alle aanmeerkaaien vol zijn. Het doel van de tactische planning is in dit geval alle schepen te bedienen zodat de totale wachttijd van de schepen geminimaliseerd wordt. Daganzo (1989) beschrijft schepen in deze context aan de hand van het aantal containersecties dat ze hebben. Kranen kunnen vrij worden verplaatst van sectie naar sectie en schepen kunnen niet vertrekken tot al hun containersecties werden bediend. Eerst wordt een statisch kraan allocatie probleem behandeld waarin een aantal schepen beschikbaar zijn aan hun aanmeerkaaien bij de start van de planningshorizon en er geen andere schepen zullen aankomen gedurende deze planningshorizon. Een aantal identieke kaaikranen moeten toegewezen worden aan de secties van een schip met als doel het minimaliseren van de totale wachttijd (en dus kosten) van het schip. Dit probleem wordt geformuleerd als een gemengd integer programmeringsprobleem. De oplossing geeft aan wat het gemiddeld aantal kranen is dat gebruikt wordt op elke sectie op elk tijdstip. Vervolgens beschouwt Daganzo (1989) een dynamische kraanallocatie. Gedurende een bepaalde tijdshorizon komen schepen aan op een bepaald tijdstip en kunnen ze niet bediend worden voor dat tijdstip, dit in tegenstelling tot het statische probleem waar men schepen beschikbaar had aan de start

van de tijdshorizon. Om dit dynamische probleem op te lossen moet men de statische allocatie procedure herhalen voor schepen aan de aanmeerkaaien na de aankomst van elk van die schepen. Ook Kim en Park (2004) maken gebruik van een gemengd integer programmeringsprobleem (met gepaste beperkingen) om een planning op te stellen voor de kranen. Het doel van de procedure is opnieuw het bepalen van de volgorde van los- en laadoperaties die de kraan zal uitvoeren zodat de behandelingstijd van het schip geminimaliseerd wordt. Het verschil met Daganzo (1989) is dat hier gebruik wordt gemaakt van de branch-and-bound methode om de optimale oplossing te bekomen voor de kraanplanning. De verschillende taken van de kranen worden daarbij beschouwd als 'branches' en men gaat telkens op zoek naar de volgende tak door te kiezen voor de laagste behandelingstijd. Moccia et al. (2006) gaan nog een stap verder in het bepalen van de kraanplanning en willen niet enkel de behandelingstijd van de schepen minimaliseren, maar ook de dode tijd van de kranen. Deze dode tijd wordt veroorzaakt door het feit dat bepaalde kranen soms elkaar verhinderen aangezien ze op dezelfde sporen rollen en er toch een minimale veilige afstand dient bewaard te worden. Moccia et al. formuleren de kraanplanning opnieuw als een gemengd integer programmeringsprobleem met de bijhorende beperkingen. Een bijkomend verschil in dit artikel is dat er nu naar een oplossing gezocht wordt gebruikmakend van een branch-and-cut algoritme. Sammarra et al. (2007) gebruiken de formulering van het gemengd integer programmeringsprobleem van het artikel van Moccia et al. uit 2006 als basis om het kraanplanningsprobleem op te lossen. Het verschil in dit artikel is dat men nu gebruik maakt van het tabu search algoritme om de optimale planning te bepalen. Sammarra et al. geven bovendien aan dat het planningsprobleem in feite kan opgesplitst worden in twee subproblemen: een routing probleem en een scheduling probleem. Het routing probleem bepaalt de volgorde van taken op elke kraan, terwijl het scheduling probleem voor elke volgorde de starttijd van de taken bepaalt. Het routing probleem wordt opgelost door een tabu search heuristiek, terwijl een lokale zoektechniek (minimaliseren van de langste padlengte) wordt gebruikt voor het scheduling probleem. Imai et al. (2008) tenslotte tonen aan dat de terminal operator ook kan opteren voor een simultane oplossing van het aanmeerkaai allocatie probleem en het kraan allocatie probleem. Om deze problemen simultaan op te lossen kan het gemengd integer programmeringsprobleem ontwikkeld door Imai et al. (2001) voor het aanmeerkaai allocatie probleem uitgebreid worden met enkele beperkingen voor het kraan allocatie probleem. Het doel van deze simultane oplossingsmethode is het minimaliseren van de totale service tijd van schepen, dewelke overeenkomt met de som van wacht- en

behandelingstijden. Imai et al. (2008) stellen voor een heuristiek te gebruiken om het probleem op te lossen omwille van de complexiteit ervan.

4.2.3 Operationele planning

Het opstellen van een plan voor het laden en lossen van containers is een beslissing die de terminal operator in kader van dit deelproces moet nemen op operationeel niveau. In tegenstelling tot het proces van lossen, zit er weinig flexibiliteit in het laden van de containers. Om snelle en efficiënte overslag van containers te verzekeren, is er nood aan een goede verdeling van containers over het schip. Daarom is het belangrijk dat de terminal operator op het operationeel niveau een laadplan opstelt (Vis en de Koster, 2003). Volgens Shields (1984) zullen de containers die worden geladen, moeten voldoen aan enkele beperkingen die resulteren uit de fysieke begrenzings van het schip, de containers en de volgorde van havens die worden aangedaan door het schip. Shields stelt daarom een systeem voor dat kan helpen bij het planningsproces. Het laadplan probleem wordt opgelost met de Monte Carlo simulatietechniek. Gebruikmakend van deze techniek worden vele verschillende mogelijke laadplannen gegenereerd en de meest efficiënte wordt dan daaruit bepaald. Het meest efficiënte laadplan geeft de precieze laadvolgorde van de containers aan, naast de exacte plaats van elke container in het schip. Ook Wilson et al. (1999, 2000, 2001) bestuderen het laadprobleem. In tegenstelling tot de simulatietechniek van Shields (1984), maken zij gebruik van operationele modellen om dit probleem op te lossen. Een ander verschil is dat deze auteurs het probleem opsplitsen in twee subproblemen, namelijk het opstellen van een strategische en een tactische planning. In de strategische planning worden veralgemeende containers toegewezen aan een blok in het schip. De tactische planning beschrijft dan welke specifieke containers worden toegewezen aan specifieke locaties binnen de blokken bepaald in de eerste fase. Wilson et al. maken gebruik van het branch-and-bound algoritme om het algemene (strategische) laadplan op te stellen. Vervolgens wordt de specifieke planning bepaald aan de hand van de tabu search heuristiek. Deze heuristiek zorgt ervoor dat de plaatsing van containers iteratief kan verfijnd worden, gebruikmakend van het concept van nabijgelegen oplossingen. Prestatieparameters die de auteurs in acht nemen bij het opstellen van het laadplan zijn: aantal 'rehandles' van containers, benutting van kranen, gewichtsverdeling van containers en ruimte die een container inneemt op het schip. Ook Imai et al. (2006) nemen meerdere doelen in acht bij het opstellen van een laadplan. Stabiliteit van het schip en een minimale 'rehandling' van containers (verplaatsen van containers om andere containers op een bepaalde positie te krijgen) zijn onder andere

twee elementen die van groot belang zijn voor de efficiënte van het laden en lossen. De auteurs stellen dan ook een integer programmeringsprobleem voor waarin rekening wordt gehouden met deze twee criteria bij het opstellen van een optimaal laadplan. Ambrosino et al. (2004) pakken het probleem van het opstellen van een laadplan op nog een andere manier aan. Zij definiëren het probleem namelijk als een 'master bay plan' probleem (MBPP). Dit betekent dat men op zoek gaat naar een optimaal plan voor het laden van containers op een schip, rekening houdend met een aantal structurele en operationele beperkingen, zoals verschillende dimensies en gewichten van containers. Het doel is uiteindelijk te komen tot een laadplan met een minimale laadtijd. Om het probleem op te lossen wordt een 0/1 lineair programmeringsprobleem voorgesteld. Omdat dit in de praktijk niet eenvoudig te gebruiken is, wordt er daarnaast een heuristisch voorgesteld om een bij benadering optimaal laadplan te bepalen. Naast het opstellen van een laadplan moet op het operationeel niveau ook beslist worden welke kraan welke container op het schip plaatst en welke container eerst uit een sectie van het schip dient genomen te worden. Rond deze beslissingen werd geen specifieke literatuur geschreven aangezien het beslissingen betreft die in de praktijk meestal door de kraandrijver zelf genomen worden of bepaald worden in het laad- en/of losplan.

4.3 Transport van containers van schip naar stack en vice versa

4.3.1 Strategische planning

In het volgende deelproces moeten containers getransporteerd worden van schip naar stack om daar gedurende een bepaalde periode opgeslagen te worden. Een van de beslissingen die hierbij op het strategische niveau dient genomen te worden, betreft de keuze van het type materiaal dat de containers transporteert. Voor het transport van een container in een *bemande* terminal kunnen voertuigen als vorkheftrucks, yard trucks of straddle carriers gebruikt worden. Vorkheftrucks en straddle carriers kunnen de containers oppakken van de grond, terwijl een kraan nodig is om de container op een yard truck te plaatsen (Vis en de Koster, 2003). Onderstaande figuren tonen enkele voorbeelden van deze container transport voertuigen.

(a)



(b)



Figuur 11: (a) Vorkheftruck (Cargotec, 2010) en (b) Straddle carrier (Ergotec, 2010)



Figuur 12: Yard truck (Beltway Companies, 2010)

In een *geautomatiseerde* terminal daarentegen worden AGV's (automated guided vehicles, weergegeven op onderstaande figuur) gebruikt voor het intern transport. AGV's zijn robot voertuigen die langs een vooraf bepaald pad containers transporteren. Elektrische kabels in de grond of sensoren zorgen ervoor dat de AGV niet afwijkt van dit pad door accuraat de positie van het voertuig te controleren. De AGV heeft zelf ook infrarood sensoren aan voor- en achterkant om obstakels te detecteren. Het gebied waarin de AGV's rijden wordt meestal ingedeeld in subgebieden, elke AGV kan zo een subgebied opeisen zodat geen andere AGV in dit subgebied kan optreden om op die manier botsingen te vermijden. AGV's zijn enkel nuttig in terminals met hoge arbeidskosten omwille van de hoge initiële kapitaalkosten die eraan verbonden zijn. In terminals met lage arbeidskosten opteert men best voor de bemande voertuigen (Vis en de Koster, 2003).



Figuur 13: AGV (Gottwald port technology, 2010)

Vis en Harika (2004) maken een vergelijking tussen twee verschillende voertuigtypes die kunnen gebruikt worden in een geautomatiseerde containerterminal voor het transport van containers van schip naar stack en vice versa. Bij het ontwerp van geautomatiseerde container terminals is het op strategisch niveau namelijk van belang de keuze van het materiaal zorgvuldig te benaderen. Deze keuze voor een bepaald type materiaal wordt best ondersteund door een economische en haalbaarheidsanalyse die verschillende type voertuigen met elkaar vergelijkt. In het artikel van Vis en Harika wordt het effect onderzocht van het gebruik van AGV's en ALV's (automated lifting vehicles) op bepaalde terminalparameters aan de hand van een simulatiestudie. In de keuze van een bepaald type materiaal wordt gekeken naar het effect op prestatieparameters als lostijden van schepen, wachttijden van kaaikranen, wachttijden van de voertuigen zelf en benuttingsgraad van kaaikranen en voertuigen. Vervolgens wordt, op basis van de simulatieresultaten voor beide type voertuigen, het minimum aantal nodige AGV's en ALV's berekend die de lostijden van de schepen minimaliseren. Op die manier komt men tot het resultaat dat 38% meer AGV's moeten gebruikt worden dan ALV's in gelijkaardige terminalomstandigheden. Er wordt dus geconcludeerd dat op basis van de aankoopkost van het materiaal ALV's een goedkopere optie zijn dan AGV's. Ook Yang et al. (2004) bestuderen het effect van de gebruikte containertransport voertuigen op de efficiëntie van de geautomatiseerde container terminal. Zij gaan na hoe een toename in het gebruik van ALV's in plaats van AGV's een effect heeft op de productiviteit van de container terminal. Er wordt opnieuw gebruik gemaakt van een simulatiestudie om het besparingseffect na te gaan van ALV's als alternatief voor AGV's en dit op vlak van cyclustijd en vereist aantal voertuigen. Op deze manier wordt opnieuw gedemonstreerd dat de ALV superieur is ten opzichte van de AGV in zowel productiviteit als efficiëntie voornamelijk omdat de ALV wachttijden reduceert.

4.3.2 Tactische planning

Nadat de terminal operator een beslissing genomen heeft over het type transportsysteem dat zal gebruikt worden in de terminal, is een van de problemen op tactisch niveau het bepalen van het noodzakelijk aantal transportvoertuigen. Om deze beslissing te ondersteunen ontwikkelden Vis et al. (2001) een algoritme om het vereiste aantal AGV's te bepalen in een semi-geautomatiseerde container terminal. In dit soort van terminal worden de containers intern getransporteerd door AGV's tussen de kaaikranen en de geautomatiseerde kranen die de containers opslaan in de stack. De auteurs stellen de overslagterminal voor als een netwerk waarbij elke container wordt gezien als een knooppunt en bogen een capaciteit van één hebben wat betekent dat één AGV beide containers aan de uiteinden van de boog kan transporteren. Vervolgens wordt een minimum flow algoritme ontwikkeld met als doel het minimaal aantal vereiste AGV's te bepalen die het intern transport van containers zullen verzorgen. De prestatieparameter waarop het algoritme hoofdzakelijk focust zijn de wachttijden van containers. Dit tactisch probleem van het bepalen van het noodzakelijk aantal transportvoertuigen wordt ook behandeld door Koo et al. (2004). Zij bieden echter een uitbreiding ten opzichte van het hierboven beschreven artikel van Vis et al. (2001). Koo et al. (2004) stellen namelijk een procedure voor die niet enkel gericht is op het vinden van de minimum grootte van de vloot van transportvoertuigen, maar die simultaan ook de reisroute voor elk van die voertuigen bepaalt, rekening houdend met de transportvereisten voor de terminal binnen de planningshorizon. Het transportsysteem wordt in deze procedure als statisch beschouwd in die zin dat alle transportvereisten reeds bepaald zijn aan het begin van de planningshorizon. De procedure bestaat uit twee fasen. In fase één wordt een optimalisatiemodel ontwikkeld, rekening houdend met de containers die moeten getransporteerd worden tussen locaties en de reistijden tussen die locaties. Dit optimalisatiemodel genereert een planning voor de vloot van voertuigen met minimale reistijden. De minimale grootte van de vloot die resulteert uit deze planning kan beschouwd worden als een ondergrens op het aantal vereiste voertuigen. Vervolgens wordt een tabu search gebaseerd algoritme ontwikkeld om de vehicle routing te bekomen in de tweede fase. Uiteindelijk wordt dan de makespan (de totale tijd die nodig is om alle containertransport jobs uit te voeren) van de huidige oplossing vergeleken met een vooraf bepaalde grens voor de makespan. Indien dit niet voldoet, wordt de grootte van de vloot verhoogd met één en gaat de procedure verder tot voldaan wordt aan de makespan beperking.

4.3.3 Operationele planning

Op het operationeel niveau moet de terminal operator in deze fase van het overslagproces een planning opstellen voor het transport van containers. Er moet bepaald worden welk voertuig welke container transporteert en welke route voor die container gekozen wordt. Dit probleem kan samengevat worden onder de noemer van routing en scheduling van voertuigen. Problemen rond routing en scheduling van voertuigen kunnen volgens Bodin en Levy (1994) in het algemeen ingedeeld worden in twee klassen. Een eerste klasse zijn de point-to-point routing en scheduling problemen waarbij een vloot van voertuigen een gespecificeerde set van locaties dient te bedienen. Er zijn beperkingen aangaande volume, gewicht, lengte van de route en tijds kader. Toepassingen van deze problemen zijn onder andere de levering van goederen aan winkels en restaurants, dienstenplanning van onderhoudsarbeiders en transport van containers in terminals tussen vaste punten. Arc routing en scheduling problemen vormen een tweede klasse, in dit geval zijn het meestal straten in een regio die service vereisen. Net zoals bij de eerste klasse kunnen voertuigen ook hier beperkingen hebben aangaande volume, gewicht en lengte van de route. Bij deze problemen zijn er meestal echter minder limieten op de te bedienen service locaties. Toepassingen van deze klasse omvatten ophalen van huisvuil en leveren van kranten. In de literatuur kunnen verschillende artikels teruggevonden worden die specifiek het routing en scheduling probleem voor het transport van containers in de overslagterminal behandelen. Een eerste artikel in deze context werd geschreven door Bish et al. (2001). Zij beschouwen een container terminal waar containers worden gelost van een schip die vervolgens in een stack moeten geplaatst worden. Containers worden getransporteerd van het schip naar de stack gebruikmakend van een vloot van voertuigen, die elk één container kunnen vervoeren. Het probleem dat men probeert op te lossen is de simultane toewijzing van elk voertuig aan een container en van elke container aan een stack locatie. Het doel van de toewijzing is tweeledig. Enerzijds wenst men een minimalisatie van de totale tijd die nodig is om alle containers van het schip te lossen en anderzijds wordt er ook naar gestreefd de totale afstand, afgelegd door transportvoertuigen van de kaaikranen naar de locaties in de stack, te minimaliseren. De auteurs ontwikkelen hiervoor een heuristisch algoritme geformuleerd als een toewijzingsprobleem waarin simultaan containers worden toegewezen aan locaties en voertuigen aan containers. Een tweede artikel rond routing en scheduling in een overslagterminal is dat van Das et al. (2003). In hun artikel wordt bij het toewijzingsprobleem enkel gefocust op haventerminals waar straddle carriers gebruikt worden om containers te transporteren. De auteurs stellen een straddle

scheduling procedure voor die kan gebruikt worden door de terminal operator om het transport van containers via straddle carriers te controleren. De kern van de procedure is opnieuw een toewijzingsalgoritme dat straddle carriers op een dynamische manier (omwille van de sequentiële toewijzingsproblemen) toewijst aan trucks die containers bevatten. Gebruikmakend van deze procedure kan de terminal operator twee doelen bereiken: het reduceren van enerzijds de tijd gedurende dewelke de straddle carriers leeg rond rijden en anderzijds de wachttijd van de containers in de trucks. Ook Lim et al. (2003) beschrijven een methode om transportvoertuigen, in dit geval AGV's, toe te wijzen aan containers. De procedure in hun studie is echter verschillend van traditionele regels in die zin dat ten eerste in de toekomst wordt gekeken voor een efficiënte toewijzing van transporttaken aan voertuigen en ten tweede dat meerdere taken worden gematcht met meerdere voertuigen. Traditionele procedures bestaan er meestal in dat een transporttaak of container pas gematcht wordt met een voertuig wanneer er een vraag is naar transport of wanneer een voertuig niet gebruikt wordt. De methode die Lim et al. voorstellen daarentegen beschouwt het scheduling probleem als een toewijzingsprobleem waarin meerdere transporttaken worden gematcht met meerdere voertuigen met als doelfunctie het minimaliseren van de totale reisafstand of de totale responstijd van de voertuigen (tijd die de voertuigen nodig hebben om te reageren op een oproep van hun werkstation). De toewijzing gebeurt in dit artikel op basis van een bidding procedure. Deze procedure veronderstelt een marktsysteem waarin voertuigen zoveel mogelijk geld proberen te verdienen door transporttaken uit te voeren met de hoogst mogelijke prijs tegen de laagst mogelijke kosten, terwijl transporttaken zo weinig mogelijk proberen te betalen door voertuigen te gebruiken met de laagst mogelijke opportuniteitskosten. Deze bidding procedure resulteert in een optimale oplossing van het toewijzingsprobleem waarin kosten overeenkomen met reisafstanden of responstijden. Het is ook een toekomstgerichte manier van werken omdat zowel voertuigen worden beschouwd die op het moment aan het werk zijn als voertuigen die niet aan het werk zijn. Bovendien maakt men nu beslissingen op een many-to-many basis (meerdere transporttaken worden gematcht met meerdere voertuigen) in plaats van een one-to-many basis (transporttaak wordt gematcht met één van de beschikbare voertuigen) die teruggevonden kan worden in de traditionele procedures. Ook de procedure van Koo et al. (2004) die reeds vermeld werd bij de bepaling van het aantal transportvoertuigen (tactische planning) kan gebruikt worden om een planning op te stellen voor het transport van de containers. De methode voorgesteld door Koo et al. is er niet enkel op gericht een minimum grootte te vinden voor de vloot van

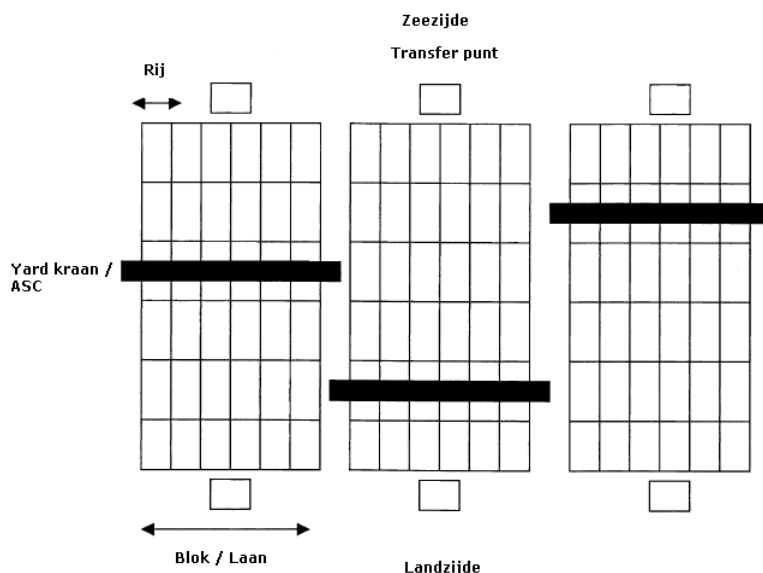
transportvoertuigen, simultaan kan ook de reisroute voor elk van die voertuigen bepaald worden. Voornamelijk de tweede fase van de procedure focust op het vehicle routing probleem. In deze fase kan, gebruikmakend van een tabu search algoritme, een optimaal transportplan (minimale makespan) bekomen worden waarin containers worden toegewezen aan beschikbare voertuigen. Een laatste wetenschappelijk artikel rond routing en scheduling is dat van Briskorn et al. (2006). Hierin wordt het transport beschouwd van kaai naar stack via AGV's in een geautomatiseerde terminal. De focus ligt opnieuw op de toewijzing van transportjobs of te transporteren containers aan AGV's. Het probleem wordt door de auteurs op twee manieren aangepakt. Eerst wordt het toewijzingsprobleem geformuleerd aan de hand van de due times van de transportjobs (tijdstip waarop de AGV moet aankomen met een container aan de stack). Voor dit probleem wordt een oplossing gezocht op twee manieren: met een Hongaars algoritme (Munkres, 1957) en met een heuristiek. De optimale oplossing houdt in dat de toewijzing gevonden wordt met minimale due time gebaseerde kosten. Ten tweede wordt gebruik gemaakt van een voorraad gebaseerde procedure om het toewijzingsprobleem op te lossen. Het basisidee hier is dat er aan elke kaaikraan een bufferzone is waar AGV's moeten wachten tot de kaaikraan hen kan bedienen van containers. Deze buffer kan gezien worden als voorraad. Volgens deze analogie zijn de kaaikranen klanten die moeten voorzien worden van goederen. De goederen komen in dit geval overeen met de AGV's. Een ladende kaaikraan vereist AGV's met containers die geladen moeten worden op het schip, terwijl een lossende kaaikraan lege AGV's vereist waarop containers geladen kunnen worden. Net zoals bij voorraadbeheer is het de bedoeling te verzekeren dat klanten niet moeten wachten op goederen, het voorraadniveau mag dus nooit nul zijn. In het geval van de containerterminal is dit laatste zeker belangrijk omdat niet enkel containers, maar ook AGV's in de voorraad zitten. Indien wachtrijen te lang worden heeft dit een negatief effect op het systeem omdat dan minder transportcapaciteit beschikbaar is. Voor deze voorraad gebaseerde procedure wordt een exact algoritme geformuleerd dat opnieuw kan opgelost worden met de Hongaarse methode om zo tot een toewijzing te komen die de totale toewijzingskosten minimaliseert. Deze totale toewijzingskosten houden onder andere rekening met de dringendheid van de transportjobs en de wachttijden van de kaaikranen.

4.4 Opstapelen van containers

De volgende deelfase in het overslagproces bestaat erin dat containers worden opgestapeld in een stack. De stack is de plaats waar import en export containers kunnen opgeslagen worden voor een bepaalde periode. Onderstaande figuren bieden een weergave van een stack in een container terminal. Deze stack kan opgedeeld worden in verschillende blokken/lanen die elk uit een aantal rijen bestaan. De hoogte van opstapeling varieert per terminal tussen twee en acht containers hoog naargelang de faciliteiten. Op het einde van elke laan bevindt zich een transferpunt. Op dit punt kan de yard kraan of ASC (automated stacking crane) de container van (op) het transportvoertuig nemen (zetten) (Vis en de Koster, 2003).



Figuur 14: Voorbeeld stack (Koninklijke Schuttevaer, 2007)



Figuur 15: Schematisch bovenaanzicht van de stack (Vis en de Koster, 2003)

4.4.1 Strategische planning

Op het strategische niveau dient de terminal operator in deze deelfase van het overslagproces te beslissen welk materiaal of welke infrastructuur hij zal gebruiken om de containers op te slaan in de stack en ze terug uit de stack te halen. Systemen zoals vorkheftrucks (Figuur 11), reach stackers (Figuur 16), yard kranen (Figuur 16) en straddle carriers (Figuur 11) kunnen hiervoor gebruikt worden.



Figuur 16: (a) Reach stacker (Ronak Container & Cargo Logistics Pvt. Ltd., 2010) en (b) Yard kraan (Bromma, z.d.)

In het kader van dit strategisch probleem voert Vis (2006) een vergelijkende studie uit naar het type materiaal dat kan gebruikt worden voor opslag en ophalen van containers in een stack. Vis maakt gebruik van een simulatiestudie om de prestatie van bemande straddle carriers en geautomatiseerde kranen (ASC's) te vergelijken. Het belangrijkste verschil tussen een straddle carrier en een ASC is het feit dat een straddle carrier slechts over één enkele rij van containers in een blok met meerdere rijen van containers tegelijk kan gaan terwijl een ASC over ten hoogste zes rijen van containers kan gaan. De voornaamste prestatieparameter die in acht wordt genomen in de vergelijking is de totale reistijd die vereist is om container opslag- en ophaaljobs te voltooien voor zowel de zee- als de landzijde van de terminal. Uit de studie wordt geconcludeerd dat ASC's hiervoor beter presteren dan straddle carriers in een stack met een spanwijdte kleiner dan negen containers. Vanaf dat punt bereiken straddle carriers een gelijkaardige prestatie. Wanneer de terminal operator een keuze gemaakt heeft over het type stacking materiaal, dient hij vervolgens na te denken over de belangrijke strategische beslissing aangaande de keuze van een efficiënte stacking strategie. Deze beslissing is noodzakelijk om te verzekeren dat de volgende deelstappen in het overslagproces effectief kunnen uitgevoerd worden. Taleb-Ibrahimi et al. (1993) geven een beschrijving van

opslagstrategieën voor export containers in maritieme terminals. Deze strategieën krijgen een bepaald prestatiecijfer op basis van de hoeveelheid nodige ruimte en het aantal vereiste handelingen. De auteurs onderzoeken de strategieën voor een gegeven hoeveelheid containerverkeer. Hierbij wordt eerst op strategisch niveau bepaald wat de minimale hoeveelheid opslagruimte is die nodig is om de strategieën te implementeren bij die hoeveelheid verkeer. Op het operationeel niveau wordt vervolgens voor de gegeven hoeveelheid containerverkeer en de hoeveelheid opslagruimte uit de vorige fase beschreven hoe het aantal handelingen kan geminimaliseerd en voorspeld worden. Ook Chen (1999) benadrukt dat opslag strategieën erg belangrijk zijn voor de effectiviteit en efficiëntie van de terminal. Dit is zo omdat de efficiëntie van de terminal in grote mate bepaald wordt door het beheer van de containers, die worden ontvangen in grote volumes en die van uiteenlopende complexiteit zijn. Chen maakt een onderscheid tussen twee strategieën voor opslagplanning. De eerste is de 'pre-marshalling' strategie. Hierbij worden de containers, wanneer ze aankomen, toegewezen aan een tijdelijke opslagplaats ongeacht hun status (schip van herkomst, schip waarop ze moeten geladen worden,...). Wanneer de terminal operatoren dan de bevestigde exportlijst van de schepen ontvangen, worden de relevante containers twaalf uur voor vertrek opgeslagen in een 'pre-marshalling' opslagplaats in de buurt van het containerschip waar ze mee geëxporteerd moeten worden. Een tweede strategie is de 'sort and store' strategie. In dit geval worden containers die ontvangen worden, toegewezen aan een opslaglocatie volgens hun status (rederij, schip van bestemming, haven van bestemming, type container, gewichtscategorie). Soms is het nodig dat containers moeten verplaatst worden om de opslagconfiguratie te reorganiseren. Een eerste reden hiervoor kan zijn dat er een tekort is aan ruimte waardoor containers eerst gemengd opgeslagen moeten worden om dan, wanneer er ruimte vrijkomt, naar de juiste opslaglocatie te gaan. Een tweede reden kan zijn dat de status van de container verandert nadat die reeds in een bepaalde container yard is opgeslagen. Wanneer wordt gekeken naar geautomatiseerde terminals, beschrijft het artikel van Dekker et al. (2006) verschillende opslagstrategieën die in dit geval van toepassing zijn. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen twee stacking algoritmes die kunnen worden toegepast op een geautomatiseerde stack. Random stacking houdt in dat er geen voorkeur is voor specifieke containerlocaties. Dit algoritme wordt gebruikt om containers gelijk te spreiden over de stack. Bij categorie stacking daarentegen worden categorieën van containers gedefinieerd op basis van het laadplan. Containers uit dezelfde categorie kunnen vrij uitgewisseld worden. De auteurs definiëren vervolgens prestatie maatstaven waarop beide stacking algoritmes worden

beoordeeld na uitvoering van enkele experimenten (verschillende terminalscenario's testen met simulatie). De volgende elementen zijn belangrijk voor de beoordeling van een strategie: aantal verplaatsingen van containers, aantal keer dat er geen locatie beschikbaar is voor een container, benuttingsgraad van de ASC's en benuttingsgraad van de verschillende locaties in de stack. Op basis van de simulatiestudie komt men tot de conclusie dat categorie stacking betere resultaten oplevert voor de verschillende maatstaven dan random stacking. Ook het gewicht van containers vormt vaak een belangrijke parameter om containers in verschillende categorieën op te delen die dan als basis gebruikt worden voor de opstapeling. De reden voor deze opstapeling op basis van gewicht is dat het makkelijker wordt zwaardere containers op het schip te laden vóór lichtere containers, wat bovendien ook belangrijk is voor het evenwicht van het schip. De gewichtsinformatie beschikbaar bij de aankomst van de containers is echter vaak slechts een schatting, waardoor containers die tot verschillende gewichtsklassen behoren soms in dezelfde stack worden opgeslagen. Dit zorgt bij het laadproces voor extra behandelingen van containers wanneer zwaardere containers zich onder lichtere bevinden in de stack. Kang et al. (2006) creëren dan ook een procedure, op basis van simulated annealing, om een opstapelingsstrategie af te leiden wanneer gewichtsinformatie niet beschikbaar of onzeker is. Simulated annealing, gedefinieerd door Goldschmidt (1992), is een zoekheuristiek gebruikt om een benadering van het globale optimum te vinden in een grote zoekruimte door een beperkt aantal overgangen, die verslechtingen van de huidige toestand inhouden, te aanvaarden. Voor een gegeven waarde van de controle parameter genereert de simulated annealing heuristiek willekeurig een naburige oplossing en aanvaardt deze met kans 1 indien het een verbetering is van de huidige toestand en anders met een kans die functie is van de mate van verslechting en van de waarde van de controleparameter. De via simulated annealing bekomen strategie wordt vervolgens door Kang et al. aan de hand van simulatie vergeleken met traditionele opstapelingsstrategieën. De resultaten van de simulatie tonen aan dat de strategie zonder gewichtsinformatie het aantal behandelingen van containers significant reduceert in vergelijking met de traditionele opstapelingsstrategieën. Een laatste beslissing die de terminal operator dient te nemen op strategisch niveau is het bepalen van een goede configuratie voor de stack van containers. In deze context merken Decastilho en Daganzo (1993) op dat er methodes nodig zijn die het aantal handelingen, vereist om een container op te halen, kunnen schatten als functie van de hoogte van de stack en de stacking strategie. Op die manier kunnen extra handelingsinspanningen bij hogere stacks afgewogen worden tegen

ruimtelijke vereisten om zo tot de best mogelijke configuratie te komen gegeven de stacking strategie. Om de containers zo efficiënt mogelijk op te stapelen in de stack is het belangrijk dat de beschikbare ruimte zo optimaal mogelijk gebruikt wordt. Holguín-Veras en Jara-Díaz (1999) bespreken daarom het probleem van de optimale allocatie van de beschikbare opslagruimte in de terminal. Ze behandelen dit planingsprobleem in de context van prioriteitssystemen, waarbij verschillende containerklassen verschillende prioriteiten hebben en dus ook een verschillend service niveau vereisen. Om deze service differentiatie tussen containers te bereiken is het van belang dat de opslagruimte wordt toegewezen aan de containers rekening houdend met hun prioriteiten. De aanpak die wordt voorgesteld, behandelt het probleem van optimale opslagruimte allocatie simultaan met het probleem van het bepalen van het prijsbeleid voor de opslagruimte. Deze economische invalshoek wordt opgenomen omdat aan een bepaalde ruimtelijke allocatie ook steeds een prijskaartje vast hangt voor de verschillende containerklassen. Aan de hand van verscheidene lineaire optimalisatieformuleringen voor de verschillende prijsstrategieën bekomt men dan de gepaste ruimtelijke allocatie gekoppeld aan een gepaste opslagprijs voor de verschillende containerklassen. Het opslagplaats allocatieprobleem kan ook in een andere, dan een economische context bekeken worden. Zo focussen Kim en Kim (1999,a) op het ontwikkelen van een methodologie voor efficiënte opslagruimte allocatie met als doel de klantenservice te verhogen door het aantal verplaatsingen van containers te minimaliseren op voorwaarde dat voldaan wordt aan de ruimtelijke vereisten van de terminal. In dit wetenschappelijk artikel wordt het probleem voor import containers met een dynamische ruimtelijke vereiste beschouwd. Op die manier wordt een formule afgeleid die de relatie beschrijft tussen de hoogte van de container stack en het aantal container verplaatsingen. Vervolgens wordt deze formule toegepast op drie verschillende aankomstpatronen van containers met de hoogte van de stack en de hoeveelheid ruimte als beslissingsvariabelen. Eerst wordt het geval waarin import containers aankomen met een constant ritme bestudeerd. Aan de hand van de formule wordt afgeleid dat de optimale hoogte van de stack gelijk is aan het totaal aantal import containers gedurende de lengte van de planningshorizon gedeeld door het totaal aantal beschikbare locaties in de stack. Ten tweede wordt verondersteld dat het aankomstritme van de containers een cyclisch patroon volgt met een periode van één week. In de derde situatie die onderzocht wordt, komen de containers op onregelmatige wijze aan bij de terminal. De tweede en derde situatie vereisen meer complexe oplossingsmethodes, waardoor geen eenduidig resultaat kan afgeleid worden voor de hoogte van de stack. Ook Lee et al. (2006) proberen een oplossing te vinden

voor het opslagplaats allocatie probleem in de overslag terminal. Het verschil met de vorige artikels zit in de doelen die hierbij worden nagestreefd. Lee et al. trachten containers zo te verplaatsen tussen de schepen en de opslagplaats dat twee doelen worden bereikt. Ten eerste wil men het aantal verplaatsingen van containers minimaliseren. Om dit doel te bereiken, wordt een consignment strategie gebruikt. Deze strategie zorgt ervoor dat containers die op hetzelfde schip moeten geladen worden in hetzelfde gebied worden opgeslagen. Daarnaast wil men de congestie van containertransport voertuigen en kranen, veroorzaakt door een hoge concentratie van activiteiten in een klein gebied van de terminal, minimaliseren. Hiervoor wordt een werkbalanceringsprotocol voorgesteld waarin ervoor wordt gezorgd dat in subblokken van de container opslagplaats niet teveel kranen en transportvoertuigen tegelijk aan het werk zijn. Op basis van deze twee doelen wordt een gemengd integer programmeringsprobleem ontwikkeld waarmee containers worden toegewezen aan subblok locaties en yard kranen aan blokken en waarbij het aantal kranen nodig om al het werk te voltooien, wordt geminimaliseerd. Een oplossing voor het probleem kan gevonden worden gebruik makend van een commercieel software pakket. Vaak zal de grootte en complexiteit van het probleem er echter voor zorgen dat deze oplossingsmethode niet leidt tot optimaliteit. De auteurs stellen daarom bijkomend twee heuristieken voor om het probleem op te lossen onder complexe scenario's.

4.4.2 Tactische planning

In dit deelproces moet de terminal operator op het tactisch niveau bepalen hoeveel kranen noodzakelijk zijn om een efficiënt opslag- en ophaalproces van containers te garanderen. In Kim en Kim (1998) wordt besproken hoe het optimaal aantal transferkranen kan bepaald worden voor import containers. Om het probleem op te lossen wordt een kostenfunctie ontwikkeld die geminimaliseerd dient te worden. Deze functie omvat de ruimtelijke kost (opslagruimte), de vaste kost van de transferkranen (investering) en de variabele kost van de transferkranen en externe trucks (gerelateerd aan de tijd nodig om containers te transfereren).

4.4.3 Operationele planning

Wanneer de terminal operator beslist heeft over het type en het aantal van de resources die gebruikt zullen worden om containers op te slaan, dient hij vervolgens op operationeel niveau de route van deze voertuigen doorheen de stack te plannen. Kim en

Kim schreven gelijkaardige artikels rond dit probleem in 1997 en 1999 (b,c). Het algemeen idee van deze drie artikels is het bepalen van een optimale route voor één transferkraan of een straddle carrier om containers op een schip te laden. Het doel van deze optimale route is het minimaliseren van de container behandelingstijd en de totale reistijd van de kraan/straddle carrier en dit door optimaal de volgorde van stack lanen te bepalen en het aantal containers dat wordt opgepakt in elke stack laan. Het probleem wordt door Kim en Kim vertaald in een netwerk model. Een kraan legt namelijk een tour af die kan voorgesteld worden als een route op een netwerk. De tour van de kraan bestaat uit subtours, die elk een opeenvolging zijn van stack lanen die worden bezocht door de kraan om zo alle containers op te pakken die samen worden geladen op een schip. Het netwerkprobleem dat dient opgelost te worden, is het vinden van een pad van de source tot de sink en het bepalen van hoeveel containers moeten opgepakt worden op elk knooppunt van de tour met als doel het minimaliseren van de reistijd. Kim en Kim formuleren dit netwerkprobleem vervolgens als een gemengd integer programmeringsprobleem. Het oplossingsalgoritme hierbij bestaat uit twee procedures. Ten eerste is er een procedure om de basis haalbare oplossingen te vinden voor het probleem van het bepalen van het aantal containers dat op elke laan moet opgepikt worden. Daarnaast is er een dynamische procedure om de route van de kraan/straddle carrier te bepalen. Kim en Kim schreven in 1999 (d) nog een wetenschappelijk artikel rond ditzelfde probleem. Het verschil met de vorige drie artikels is dat de route van de straddle carriers en het aantal containers dat dient opgepakt te worden in elke stack laan nu bepaald wordt aan de hand van een 'beam search' algoritme. Dit is een heuristisch waarbij gebruik gemaakt wordt van beslissingsbomen om het netwerkprobleem op te lossen. Vergeleken met een branch-and-bound algoritme zal een beamsearch algoritme veel sneller minder goede knooppunten elimineren. Naast de routing van kranen en straddle carriers doorheen de stack moet de terminal operator op het operationeel niveau ook een planning maken van de volgorde waarin containers worden opgehaald van de stack. Kozan en Preston (1999) demonstreren hoe deze planning kan gemaakt worden door het probleem te formuleren als een gemengd integer programmeringsprobleem. Het uiteindelijke doel van hun techniek is het minimaliseren van de tijd dat een schip zich aan de kaai bevindt voor het proces van laden en lossen. Om dit doel te bereiken, drukt de doelfunctie van het programmeringsprobleem een minimalisatie uit van de som van setup tijden (tijd nodig om containers van de stack te halen) en reistijden (tijd nodig om containers te transporteren van de stack naar het schip). Genetische algoritmes, waarbij

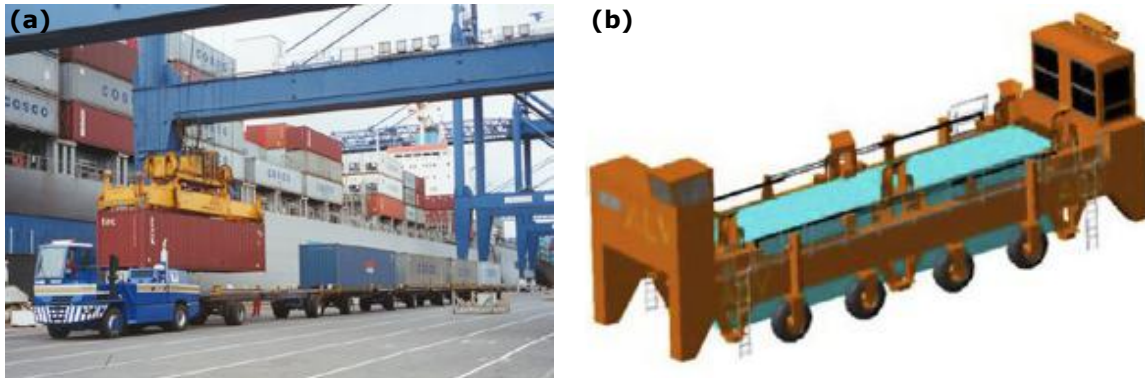
de initiële populatie bestaat uit een afstandsmatrix van verschillende opslaglocaties naar de aanmeerkaai, worden hierbij voorgesteld als oplossingsprocedure.

4.5 Transport van containers naar andere transportmodi, inter-terminal transport

Ten slotte moeten containers in de laatste fase van het overslagproces nog getransporteerd worden van de stack naar andere transportmodi als trein, weg of binnenvaart. Met de groei van terminals in het vooruitzicht zal dit inter-terminal transport erg belangrijk worden (Vis en de Koster, 2003).

4.5.1 Strategische planning

Het inter-terminal transport kan uitgevoerd worden door verschillende voertuigen zoals AGV's (automated guided vehicles, Figuur 13), multi-trailer systemen of de recente ALV's (automated lifting vehicles). De twee laatste voertuigen worden weergegeven op onderstaande figuren. De terminal operator dient een zorgvuldige afweging te maken van welke voertuigen hij voor dit inter-terminal transport zal aanwenden, aangezien het een redelijke investering betreft.



Figuur 17: (a) Multi-trailer systeem (Terberg Benschop, 2010) en (b) ALV (Nguyen en Kim, 2009)

In sommige terminals is het ook mogelijk dat containers op een trein of ander schip geplaatst worden, gebruikmakend van dezelfde infrastructuur als in het proces van laden en lossen (reach stackers, straddle carriers, verschillende soorten kranen,...). Specifiek voor het transport van containers die hun traject verder zetten via de trein, kan een loco tractor worden gebruikt. Dit is een voertuig dat zich zowel over de weg als over het spoor kan verplaatsen. Op die manier kan de loco tractor containers van de stack naar het

spoor transporteren en ook meteen de containertrein rangeren (Haven Genk, 2007; Haven Genk N.V., z.d.). Onderstaande figuren geven een voorbeeld van een loco tractor die kan gebruikt worden voor container transport.



Figuur 18: Loco tractor (Contrail, 2009)

In het kader van strategische planning bij inter-terminal transport maken Duinkerken et al. (2006) een vergelijking tussen drie transportsystemen voor het inter-terminal transport over land van containers. Een simulatiemodel wordt ontwikkeld om het inter-terminal transport te vergelijken gebruikmakend van multi-trailers, AGV's of ALV's en dit toegepast in de Maasvlakte. Het doel van de studie is een aanbeveling te geven over de effectiviteit en de efficiëntie van de drie mogelijke transportsystemen. Meer bepaald wordt bestudeerd hoeveel van deze voertuigen nodig zijn, welk prestatieniveau ze leveren en wat de geassocieerde kosten zijn voor deze specifieke case. Een belangrijke prestatie maatstaf die in acht wordt genomen om de verschillende transportsystemen te beoordelen en te vergelijken is hun mate van 'non-performance'. Deze 'non-performance' komt overeen met een situatie waarin de tijd die een transportsysteem nodig heeft om een container naar zijn bestemming (trein of schip) te brengen groter is dan de toegelaten aankomsttijd voor die container. Een andere belangrijke prestatie maatstaf is de punctualiteit van vertrek van de container via schip of trein. In dit geval komt 'non-performance' overeen met een te laat vertrek van een schip of trein als gevolg van een late levering van één of meer containers door het transportsysteem. Andere belangrijke elementen bij de beoordeling en vergelijking van de verschillende transportsystemen zijn benuttingsgraad van de transportsystemen, aantal lege ritten en wachttijden.

4.6 Conclusies

Uit de, in dit hoofdstuk beschreven, wetenschappelijke artikels rond de planningsproblemen van de terminal operator in de deelprocessen van de overslag kunnen opnieuw enkele belangrijke conclusies getrokken worden.

Wanneer de wetenschappelijke artikels worden bekeken die werden geschreven rond de planningsproblemen in de verschillende deelprocessen, kan andermaal een algemeen onderscheid gemaakt worden tussen het gebruik van optimalisatie technieken of simulatie als oplossingsmethode. Wat optimalisatie technieken betreft, worden in de literatuur tal van mogelijkheden aangehaald die een oplossing kunnen bieden voor de verschillende planningsproblemen van de terminal operator in de verschillende deelprocessen van de overslag. De in dit hoofdstuk meest voorkomende oplossingsmethoden zijn verschillende vormen van lineair programmeren (integer, gemengd,...) en verscheidene heuristische (tabu search, genetisch algoritme,...). Simulatie wordt in de literatuur in veel mindere mate aangehaald als oplossingsmethode voor planningsproblemen in de verschillende deelprocessen. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat het nu zeer specifieke planningsproblemen voor deelprocessen betreft, terwijl simulatie eerder voordelen biedt wanneer systemen in hun geheel dienen nagebootst te worden. Simulatie komt bij de planningsproblemen van de verschillende deelprocessen enkel voor op het strategisch niveau, waar het hoofdzakelijk gebruikt wordt om vergelijkende studies uit te voeren. Daarnaast kan simulatie ook steeds gebruikt worden om oplossingen, gegenereerd aan de hand van optimalisatie technieken, te valideren.

Wat de twee algemene oplossingsmethoden betreft, kan uit de literatuurstudie afgeleid worden dat optimalisatie technieken een prominente rol innemen bij het oplossen van de planningsproblemen in de verschillende deelprocessen van de overslag. Simulatie komt over alle planningsproblemen in de deelprocessen heen slechts vier keer voor. Dit komt overeen met slechts circa 8,5% indien we dit in verhouding stellen tot het totaal aantal wetenschappelijke artikels waarvan melding wordt gemaakt in dit hoofdstuk. Het is dus nuttiger om meer in detail de verscheidene optimalisatie technieken te bekijken en zo af te leiden welke specifieke technieken meer aangewezen zijn voor bepaalde planningsproblemen. Bij de aankomst van het schip dient op strategisch niveau eerst beslist te worden over het aantal aanmeerkaaien. Uit de literatuur blijkt dat een

geschikte techniek om deze beslissing te ondersteunen wachtrij theorie is. Daarnaast dienen schepen ook operationeel toegewezen te worden aan de aanmeerkaien. Om dit probleem op te lossen worden in de literatuur verschillende modelleringen volgens lineair programmeren voorgesteld, die vaak dienen opgelost te worden met een heuristiek. Bij het laden en lossen van het schip dient tactisch beslist te worden over het aantal kranen waarin moet geïnvesteerd te worden. Ook voor dit probleem worden verschillende modelleringen volgens lineair programmeren voorgesteld, die opgelost kunnen worden met een heuristiek. Dezelfde oplossingstechniek wordt opnieuw voorgesteld voor het operationeel opstellen van het laadplan. Vervolgens dienen containers getransporteerd te worden naar de stack. De tactische beslissing over het aantal voertuigen dat hiervoor moet aangekocht worden, is analoog aan de tactische infrastructuurbeslissing van het aantal kranen in het vorige deelproces en er wordt daarom ook een gelijkaardige oplossingsmethode voorgesteld. Op operationeel niveau moet dan een planning voor het intern transport opgesteld worden. Hiervoor worden in de literatuur voornamelijk toewijzingsalgoritmes gebruikt, die opnieuw opgelost kunnen worden met een heuristiek. In het volgende deelproces waarbij containers moeten opgestapeld worden in de stack, dient eerst beslist te worden over de geschikte strategie en gepaste stack configuratie. Als oplossingsmethodes worden hier voornamelijk lineair programmeren en heuristieken voorgesteld. Op tactisch niveau moet dan opnieuw beslist worden over het aantal kranen of transportvoertuigen waarin zal geïnvesteerd worden om de containers op te stapelen. Anders dan bij de analoge problemen in de vorige deelprocessen, wordt hier voorgesteld om dit probleem met kostenfuncties op te lossen. Ten slotte dient ook nog een operationele planning opgemaakt te worden aangaande de routing van de voertuigen en het ophalen van containers. Hiervoor worden verschillende modellen volgens lineair programmeren voorgesteld, die opgelost kunnen worden met een heuristiek. Concluderend kan dus gesteld worden dat de oplossingsmethode die de meest prominente rol speelt bij de planningsproblemen in de verschillende deelprocessen een combinatie is van een modellering van het probleem volgens lineair programmeren (gemengd, integer, 0/1,...) waarna het probleem dan kan opgelost worden met een bepaalde heuristiek (tabu search, genetisch algoritme,...).

Naast de gebruikte oplossingsmethoden voor de planningsproblemen van de verschillende deelprocessen, zijn ook de gehanteerde prestatie maatstaven bij deze methoden van cruciaal belang. Deze prestatie maatstaven geven namelijk aan welke factoren een belangrijke rol spelen in de efficiëntie van de overslagterminal. Op basis van

deze maatstaven kan dan afgeleid worden waaraan nog moet gewerkt worden om de efficiëntie van de terminal te verbeteren. Prestatiemaatstaven die vaak voorkomen in de wetenschappelijke literatuur rond planningsproblemen in de verschillende deelprocessen van de overslag kunnen opgedeeld worden in de categorieën tijd, kosten en andere. Een eerste belangrijke categorie binnen de prestatie maatstaven is tijd. Vaak voorkomende tijdsmaatstaven in kader van dit hoofdstuk zijn: wachttijden en servicetijden van schepen/containers, hoeveelheid dode tijd van kranen/transportvoertuigen, tijd nodig voor laden en lossen en reistijd van containertransportvoertuigen. Een tweede categorie binnen de prestatie maatstaven zijn kosten. Specifieke kosten die van belang zijn in dit hoofdstuk zijn: kosten verbonden aan wachttijden en vaste en variabele kosten van kranen/voertuigen. Enkele andere prestatie maatstaven die regelmatig aan bod komen bij de planningsproblemen van de terminal operator in de verschillende deelprocessen van overslag zijn: benutting van kaaien/kranen/voertuigen/stack locaties, service prioriteiten van schepen/containers, stabiliteit van het schip, ruimtelijke vereisten, aantal verplaatsingen van containers en reisafstand van containertransport voertuigen.

5. TRIMODALE TERMINAL IN PRAKTIJK: HAVEN GENK N.V.

5.1 Inleiding

Om de praktijk te toetsen aan de bevindingen uit de literatuurstudie, bracht ik in kader van deze masterproef enkele leerrijke bezoeken aan de Haven van Genk. In overleg met de heer Donders, algemeen directeur van Haven Genk N.V., en de toestemming van de medewerkers van de haven, kreeg ik de mogelijkheid om enkele dagen in deze trimodale terminal mee te lopen. Op die manier kwam ik in contact met de belangrijkste facetten van een overslagterminal en de planningsproblemen die zich kunnen voordoen op verschillende niveaus.

In het verdere verloop van dit hoofdstuk is het de bedoeling het bezoek aan de trimodale terminal te Genk te kaderen in de probleemstelling van deze masterproef. Door de, via observatie en getuigenissen verworven, informatie te combineren met en te toetsen aan de bevindingen uit de literatuurstudie kunnen de antwoorden op de deelvragen verfijnd worden. Een eerste paragraaf in dit hoofdstuk zal een algemeen kader bieden aan de hand van een beschrijving van de algemene geschiedenis en evolutie die de Haven van Genk doorgemaakt heeft. Daarna worden de belangrijkste pluspunten van de Haven aangehaald, meer bepaald haar locatie en het uitgebreid gamma aan diensten dat deze trimodale terminal biedt aan haar klanten. Vervolgens wordt een paragraaf gewijd aan de specifieke planning van de binnenvaart voor Haven Genk, met speciale aandacht voor documentatie, de Haven van Antwerpen en de belangrijkste rederijen. Daarna volgt een paragraaf over de opslag van bulkgoederen in de Haven van Genk, een extra dienst die wordt aangeboden aan de logistieke klanten van de haven. Ten slotte wordt in de laatste paragraaf een directe link gelegd tussen de theorie rond planningsproblemen van de terminal operator uit de wetenschappelijke literatuur en de praktijk, gestaafd door bevindingen uit de trimodale terminal te Genk. Het merendeel van de informatie uit dit hoofdstuk werd door observatie en getuigenissen in de Haven van Genk verworven. Daarnaast waren ook de website van Haven Genk N.V. (www.havengenk.be) en de in de Haven verkregen informatiebrochures een grote hulp. Bijkomende informatie over de Haven van Antwerpen, rederijen, terminals en andere achtergrondinformatie werd grotendeels via het internet verzameld.

5.2 Geschiedenis en evolutie Haven Genk

De Haven van Genk heeft zich in de loop der jaren ontwikkeld van steenkoolhaven tot trimodale terminal. Op 21 oktober 1936 werd de huidige Haven van Genk opgericht als S.A. du Port Charbonnier de Genck die ontstond uit de samenwerking tussen de Limburgse steenkoolmijnen en de Belgische staat. De verwerving van het aandeelhouderschap in de kolenhaven door Groep Machiels, ALZ en Sidmar in juni 1997 betekende een keerpunt in de ontwikkeling van de haven. Het doel van de haven werd uitgebreid van enkel overslag van steenkool, stuk- en bulkgoederen naar een uitgebreid logistiek dienstenpakket dat een overslagmogelijkheid voor containers creëerde. Vanaf 1998 werd daarom een masterplan uitgedokterd betreffende de bouw van een ook aan het spoor aangesloten trimodale (water-spoor-weg) containerterminal. In 1999 werd de bouw van dit multimodaal logistiek platform gestart. Belangrijke momenten in de evolutie van de Haven van Genk naar een ware logistieke draaischijf waren de rechtstreekse binnenvaartverbinding richting Antwerpen in 2000 en richting Rotterdam in 2002, de rechtstreekse spoorverbinding naar Italië in 2001, de modernisering van de spoorinfrastructuur en de uitbreiding van de op- en overslagcapaciteit voor intermodaal vervoer in 2003 en 2004. Daarnaast werd het logistiek pakket van de Haven van Genk nog vervolledigd door ondersteunende waardetoevoegende activiteiten aan te bieden zoals stuffing en stripping. Onderstaande figuur biedt een blik op het overslagterminal gedeelte van de Haven van Genk. (Haven Genk N.V., z.d.; Haven Genk, 2007)



Figuur 19: Haven Genk N.V. (Provinciale Ontwikkelingsmaatschappij Limburg, 2010)

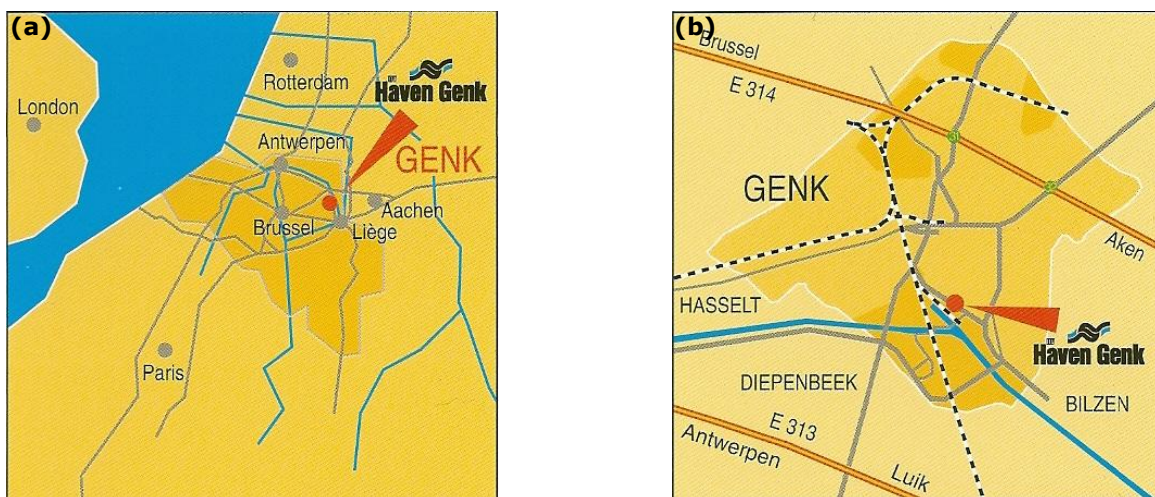
5.3 Waarom kiezen klanten voor Haven Genk?

5.3.1 Strategische locatie

Dankzij haar strategische ligging (aangegeven op onderstaande figuren) op vlak van binnenvaart-, spoor- en wegverbindingen met enkele belangrijke nationale en internationale logistieke kernen bezit de Haven van Genk tal van troeven om te beantwoorden aan de noden en wensen van haar klanten.



Figuur 20: Binnenvaartverbindingen Haven Genk N.V. (Haven Genk N.V., z.d.)



Figuur 21: (a) Locatie Haven Genk N.V. en (b) Spoor- en wegverbindingen (Haven Genk N.V., z.d.)

5.3.2 Trimodale logistieke diensten

De Haven biedt haar logistieke klanten een ruim aanbod aan diensten op vlak van de drie transportmodi binnenvaart, spoor en weg. Daarnaast hebben klanten de mogelijkheid om zowel gecontaineriseerde vracht, bulk- als stukgoederen te transporteren via de trimodale terminal te Genk. Naast de traditionele transportfuncties, biedt de Haven ook nog enkele extra diensten zoals stuffing, stripping en forwarding aan haar klanten aan, deze diensten zullen in de volgende paragrafen besproken worden. Deze paragrafen zijn gebaseerd op de folder Haven Genk N.V. (z.d.) en de website van de haven www.havengenk.be.

Het **barge onderdeel van de terminal**, waarvan enkele beelden te zien zijn op onderstaande figuren, heeft een overslagcapaciteit van circa 60000 TEU per jaar en verzorgt verscheidene belangrijke functies / activiteiten. Ten eerste worden goederen vervoerd per binnenschip tussen de Haven van Genk en de zeehavens van Antwerpen en Rotterdam. Vervolgens treedt de Haven van Genk op als Extended Gateway voor Antwerpen. Traditioneel wordt een haven en het havengebied als een toegangspoort tot een bepaalde regio beschouwd. Deze toegangspoort of 'gateway' is een erg belangrijke schakel in de ganse logistieke keten. Bij het concept van een 'extended gateway' wordt niet enkel de haven als de toegangspoort beschouwd, maar wordt ook het hinterland betrokken in het ganse logistieke proces. Men wil als het ware het gebied van de gateway vergroten door logistieke zones in het hinterland beter te verbinden met de gateway. Door een goede verbinding tussen de gateway en bepaalde logistieke en/of industriële clusters in het hinterland kan de haven extra diensten aanbieden (Provincie Antwerpen, 2009). Ten derde maakt de binnenvaart terminal deur tot deur aanleveringen en ophalingen mogelijk. Ten slotte worden ook douaneactiviteiten zoals het opmaken van documenten uitgevoerd voor de binnenvaart.

Wat de supra- en infrastructuur betreft, heeft de barge terminal de volgende kenmerken. De kaailengte bedraagt 1000 meter en de terminaloppervlakte 7 hectare. Er zijn twee portaalkranen aanwezig met een capaciteit van 50 ton en daarnaast beschikt de terminal over vijf reach stackers met een capaciteit van 40 ton.



Figuur 22: Barge terminal Haven Genk N.V. (Haven Genk, 2007)

Het **spoor onderdeel van de terminal**, waarvan weer enkele beelden te zien zijn op onderstaande figuren, heeft opnieuw een overslagcapaciteit van circa 60000 TEU per jaar en verzorgt verschillende belangrijke functies / activiteiten. Ten eerste zorgt de spoor terminal voor de behandeling van shuttletreinen met containers, wissellaadkisten en trailers. Hierbij horen ook af en toe ad hoc zendingen met conventionele wagons. Ten tweede worden in dit deel van de terminal treinwagons gerangeerd, gebruikmakend van een loco tractor. Vanuit de spoor terminal in Genk zijn er dagelijkse diensten van en naar Noord-Italië, meer bepaald naar Busto, Novara en Verona. In de toekomst plant men ook diensten te voorzien naar Duitsland en Oost-Europa. Net zoals bij de barge terminal maakt de spoor terminal deur tot deur aanleveringen en ophalingen mogelijk en worden er ook douaneactiviteiten uitgevoerd.

Wat de supra- en infrastructuur betreft, heeft de spoor terminal de volgende kenmerken. De spoorlengte bedraagt 7 meter en de terminaloppervlakte 5 hectare. Er zijn vijf reach stackers aanwezig met piggy back en daarnaast beschikt deze terminal ook over 2 loco tractors en 1 terminal trekker voor de tractie van containers op het spoor.



Figuur 23: Spoor terminal Haven Genk N.V. (Haven Genk, 2007)

De haven van Genk biedt naast containeroverslag ook logistieke oplossingen voor **bulk- en stukgoederen** per zee- en binnenschip, spoor en vrachtwagen. Zowel grote industrieën als KMO's kunnen beroep doen op de trimodale terminal van Genk voor

opslag en overslag, voor het vervullen van douaneformaliteiten, voor opslag in douane-entrepot en andere diverse havenactiviteiten voor de meest verscheidene goederen, van stukgoed tot bulk. Enkele van deze activiteiten worden getoond op onderstaande figuren. De belangrijkste activiteiten in deze categorie zijn de volgende. Ten eerste kan de overslag worden verzorgd van bulk- en stukgoederen. Daarnaast kunnen deze goederen ook opgeslagen worden in de haven in openlucht of magazijn. Daartoe beschikt de Haven over 8000 m² overdekte opslagcapaciteit en 10000 m² openlucht opslagcapaciteit. Vervolgens kunnen ladingen ook geconditioneerd en gewogen/gemeten worden in de Haven van Genk. De haven beschikt ook over een volledig uitgeruste kolenterminal die momenteel exclusief functioneert voor de aanpalende elektriciteitscentrale (Dedicated Kolenterminal). Ten slotte is de Haven van Genk uitgerust om goederen met uitzonderlijk gewicht of omvang te laden/lossen in/uit lichter, spoorwagon, vrachtwagen of container.

Wat de infrastructuur betreft, beschikt de terminal over de volgende uitrusting voor de behandeling van bulk- en stukgoederen: drie mobiele overslagkranen voor bulk, drie wielladers, één zeefinstallatie, drie weegbruggen voor vrachtwagens, acht heftrucks en twee compacte wielladers (Bobcat).



Figuur 24: Bulk- en stukgoederen behandeling Haven Genk N.V. (Haven Genk, 2007)

In het verlengde van haar activiteiten als trimodale terminal biedt de Haven van Genk aan haar klanten ook enkele **extra diensten** aan. Zo kunnen klanten ervoor opteren het stoffen en/of strippen van containers aan de haven over te laten. Dit houdt in dat de haven met behulp van het nodige materiaal goederen op een professionele manier in/uit een container plaatst/haalt, zoals ook getoond wordt op onderstaande figuren. Deze activiteit beperkt zich niet enkel tot palettengoed of kisten, maar ook big bags, staalrollen en -platen, natuursteenblokken, enzovoort kunnen gestufd/gestripd worden. Bovendien zorgt de Haven van Genk voor de verzegeling van de container en staat ze in voor de bijbehorende administratie.



Figuur 25: Stuffing en stripping (Haven Genk, 2007)

Sinds 2006 heeft de Haven van Genk ook een volwaardige Forwarding afdeling opgericht voor zowel import als export. Deze dienstverlening bestaat uit het organiseren van de zeevracht, de afhandeling van de formaliteiten t.o.v. rederij of collega expediteur, de afhandeling van de formaliteiten t.o.v. douane en BTW, het regelen van voor- of natransport, enzovoort. De Haven van Genk heeft verder ook een wegtransportafdeling die het voor- en natransport voor de klant uitvoert. Op die manier hoeft de klant zich niet met de organisatie van dit transport bezig te houden en worden de containers bij hem afgeleverd op containerchassis volgens de door hem gestelde specificaties. Tenslotte hebben verscheidene rederijen ervoor gekozen om voorraden van lege containers op de Haven van Genk ter beschikking te houden voor hun klanten. Daartoe heeft de haven gezorgd voor een volledig uitgeruste containerwasplaats en containerherstel faciliteiten.

5.4 Planning binnenvaart Haven Genk

5.4.1 Binnenvaart Haven Genk: Algemene planning

Wat binnenvaart betreft, wordt vanuit de Haven van Genk hoofdzakelijk op de Haven van Antwerpen gevaren. Via haar barge terminal transporteert de haven dagelijks containers via een vaste lijndienst van maandag tot en met zaterdag, goed voor in totaal drie afvaarten en drie aankomsten per week in de Haven van Antwerpen (en dus ook in Genk). Voor dit transport wordt in de eerste plaats gebruik gemaakt van de Samoreus, een schip van vierentwintig TEU dat eigendom is van de haven zelf. Indien dit eigen schip volledig vol geladen is, dient de haven op zoek te gaan naar andere schepen om de overige containers te transporteren. Een eerste optie die bekeken wordt om de overige containers te transporteren naar hun bestemming, is het schip Skyline, eigendom van Eurotrans. De Haven van Genk heeft met deze maatschappij vaste afspraken gemaakt (o.a. wat prijs betreft) waardoor deze optie steeds voorrang krijgt. Een tweede mogelijkheid is een aanvraag te doen bij "makelaars" als Danser of General Bulk. Deze maatschappijen zoeken geschikte schepen voor het volume aan containers dat de Haven

van Genk doorgeeft en berekent vervolgens een prijs per container of een prijs per oppervlakte ingenomen op het schip.

De eenheid die standaard gebruikt wordt om de capaciteit van een containerschip aan te duiden is de TEU. TEU staat voor 'Twenty feet equivalent unit'. Het is de standaardafmeting van containers. Een standaard container is twintig voet lang, terwijl een grote container veertig voet meet. Een container van veertig voet komt dus overeen met twee TEU.

De binnenvaartplanning die de Haven van Genk opmaakt, is in de eerste plaats sterk klantgedreven. Stel dat een klant vraagt om een bepaalde vracht van plaats X naar zijn bedrijf te vervoeren, dan gaan de planners eerst op zoek naar de meest geschikte rederij om dit transport te verzorgen. Bij de vergelijking van rederijen wordt gekeken naar prestatieparameters als transittijd of prijs, afhankelijk van het serviceniveau gewenst door de klant (Moet alles snel gaan of net goedkoop zijn?).

Naast de klantfocus in de eerste stap, zijn de volgende stappen in de binnenvaartplanning sterk afhankelijk van de Haven van Antwerpen, meer bepaald van de beslissingen van de specifieke terminal operatoren die de verschillende kaaien in deze haven beheren. De Haven van Genk dient in de volgende stap namelijk een planning op te maken die beschrijft welke containers waar (aan welke kaai) en wanneer dienen geladen en gelost te worden. Hiervoor moeten de planners aparte afspraken maken voor het laden/lossen van containers met de terminal operatoren en hun specifieke kaaien via de overkoepelende website van de Haven van Antwerpen. Het is vereist dat een aanvraag op dag A wordt ingediend, indien de Haven van Genk een specifiek aantal containers wil laden/lossen in een bepaalde zone van kaaien in Antwerpen op een bepaald tijdstip op dag C. De terminal operatoren in de Haven van Antwerpen hebben uiteindelijk het laatste woord, aangezien zij beslissen of een aanvraag goedgekeurd wordt en of de Haven van Genk al dan niet op de gewenste tijdstippen kan laden/lossen aan een specifieke kaai. Prestatiemaatstaven die de Haven van Genk hanteert bij het doorgeven van gewenste kaaien en uren voor laden/lossen van containers in het elektronisch systeem van de Haven van Antwerpen zijn de volgende. Ten eerste dient opnieuw rekening gehouden te worden met de vereisten van de klant, het is steeds noodzakelijk dat containers binnen de opgegeven termijn worden geladen/gelost. Ten tweede opteert de Haven van Genk ervoor om kaaien, waar geladen/gelost moet worden,

te groeperen. Het is namelijk kostenvoordelig (vooral in functie van wachttijden) om zo weinig mogelijk kaaien aan te doen en zoveel mogelijk volume te laden/lossen in één keer.

Opvallend voor de binnenvaartplanning in de Haven van Genk is de integratie en communicatie tussen alle systeemonderdelen en medewerkers. Omdat elke medewerker een specifieke taak in de planning toebedeeld krijgt, is het belangrijk dat alle systeemonderdelen geïntegreerd zijn en met elkaar kunnen communiceren opdat iedereen steeds kan beschikken over up-to-date en realtime planningsgegevens.

5.4.2 Belangrijke documenten van de binnenvaartplanning

In de volgende alinea's worden kort de onderdelen van enkele documenten beschreven die een centrale rol spelen in de communicatie en de werking van de binnenvaartplanning onder alle medewerkers van de Haven van Genk. In bijlage kunnen enkele copys van de originele documenten worden teruggevonden (Bijlagen 1 t.e.m. 7).

Het **schippers manifest** omvat de dagelijkse planning van de schipper. De belangrijkste elementen uit het document zijn de volgende:

Datum & uur van afspraak	Kaainummer waar men dient aan te meren	Aantal te lossen containers + specificaties	Aantal te laden containers + specificaties
-----------------------------	--	---	--

Uit getuigenissen van medewerkers van de Haven van Genk blijkt dat schippers, in tegenstelling tot wat de literatuur aangeeft, veel eigen beslissingsbevoegdheid en verantwoordelijkheid hebben. De primaire maatstaf waarmee ze rekening houden bij het nemen van beslissingen betreffende de vracht die ze dienen te laden/lossen is de wachttijd. Daarnaast dient de schipper ook steeds de stabiliteit van het schip in acht te nemen. De schipper moet ervoor zorgen dat de containers *in de loop van de dag* aan de haven van bestemming geladen/gelost worden. Indien de schipper niet aan de eisen van de klant kan voldoen, draait de haven uiteindelijk op voor de kosten. Het is dus van groot belang dat de Haven van Genk een zorgvuldige binnenvaartplanning opmaakt. De volgorde van laden/lossen aangegeven op het schippersmanifest houdt ook rekening met het aantal containers dat nog op het schip aanwezig is. Zo kan de schipper als eerste taak geen containers gaan laden indien het schip nog volledig vol is.

Het **barge manifest outgoing** is een document dat bestemd is voor schipper en haven. Dit document geeft specifieke informatie over de containers die getransporteerd worden met een bepaald schip vanuit de Haven van Genk naar de Haven van Antwerpen.

De belangrijkste elementen uit het document zijn de volgende:

Pos.	Container	Type	F/E	Gross (kgs)	Delivery reference	Booking	To motorvessel / Port of discharge
------	-----------	------	-----	-------------	--------------------	---------	------------------------------------

De afkorting Pos. verwijst naar Positie. De vermelding TRUCK in deze kolom geeft aan dat een container binnengekomen is via vrachtwagen om verder vervoerd te worden per schip naar de Haven van Antwerpen. De kolom Container geeft het containernummer aan. De containergrootte wordt aangegeven in de kolom Type. Hier komen drie belangrijke categorieën voor. Een eerste mogelijkheid is 40HC, wat duidt op een 40 High Cube container. High-cube containers hebben een gelijkaardige structuur als standaard containers, maar zijn hoger. In vergelijking met een standaard container kunnen er dus ook heel wat meer goederen in opgeslagen worden. Het getal 40 duidt op de lengte van 40 voet, wat overeenkomt met ongeveer 12 meter. Een tweede optie is 20DV of 20 Dry Van. Dit is een standaard container met een lengte van ongeveer 6 meter en een laadcapaciteit van circa 21800 kg. Een derde mogelijkheid is 40DV, 40 Dry Van. Dit is opnieuw een standaard container maar nu met een lengte van ongeveer 12 meter en een laadcapaciteit van circa 26700 kg. De afmetingen van deze container verschillen licht met de 40 HC container. Het voornaamste verschil is de inhoud van de 40HC van 76,3 m³ ten opzichte van een inhoud van 67,3 m³ bij de 40 DV container (K-Tainer Leasing B.V. & Trading B.V., 2011). F/E geeft aan of het gaat om een volle of lege container. In de kolom Gross (kgs) dient het totaal gewicht van de container aangeduid te worden in kilogram (lading- en containergewicht). De Delivery reference komt overeen met de containerreferentie die door de klant wordt doorgegeven, terwijl Booking verwijst naar het intern boekingsnummer van de container. Tenslotte wordt in de kolom To motorvessel / Port of discharge verwezen naar het zeeschip waarop de containers dienen geladen te worden en de uiteindelijke haven van bestemming waar ze opnieuw gelost moeten worden. De containers worden op dit document bijkomend ook ingedeeld volgens de kaai waar ze moeten geladen/gelost worden.

Het **barge manifest incoming** is opnieuw een document dat bestemd is voor schipper en haven. Dit document geeft specifieke informatie over de containers die getransporteerd worden met een bepaald schip nu vanuit de Haven van Antwerpen naar de Haven van Genk. De belangrijkste elementen uit het document zijn de volgende:

Container	Type	F/E	Gross (kgs)	Pickup reference	Booking	Document remarks	Loading/discharge date/time
-----------	------	-----	-------------	------------------	---------	------------------	-----------------------------

Een element dat verschillend is met het vorige planningsdocument is de Pickup reference. Dit nummer is analoog aan de Delivery reference uit het vorige document en komt overeen met de containerreferentie die door de klant wordt doorgegeven. De kolom Document remarks geeft aan welke documenten onlosmakelijk verbonden zijn aan de container. Een voorbeeld hiervan is een T1 document dat wordt opgemaakt voor goederen die onder douanetoezicht zijn gesteld (TNT Holding B.V., 2008). De datum en het uur waarop de container dient geladen/gelost te worden in de Haven van Genk dient tenslotte aangeduid te worden in de kolom Loading/discharge date/time. Opnieuw worden de containers bijkomend ingedeeld volgens de kaai waar ze moeten geladen/gelost worden in de Haven van Genk. Daarnaast wordt ook aangegeven van welke kaai in de Haven van Antwerpen ze afkomstig zijn.

Het **crane manifest** geeft een overzicht van de containers die aanwezig zijn op een bepaald schip. Op basis van dit document kan de schipper zelf beslissingen nemen over hoe de containers zullen gepositioneerd worden op zijn schip. Hij maakt daarvoor zelf een laadplan op waarbij hij rekening houdt met de volgorde waarin containers dienen gelost (en andere containers geladen) te worden in de haven van Antwerpen en de algemene stabiliteit van zijn schip. De belangrijkste elementen uit het document zijn de volgende:

Boeking	Terminal	Container	Type	Bruto (kg)	Positie	Opmerkingen
---------	----------	-----------	------	------------	---------	-------------

De kolom Boeking verwijst naar het intern boekingnummer van de container. In de kolom Terminal dient aangegeven te worden op welke kaai de containers dienen gelost te worden in de Haven van Antwerpen. De Opmerkingen in de laatste kolom hebben betrekking op documenten gekoppeld aan containers.

De **pickup notice** is een document dat per mail naar een specifieke kaai wordt verzonden om deze op de hoogte te brengen van containers die daar geladen zullen

worden op een bepaalde datum en tijdstip. Het document geeft meer specifiek de rederij, het type, F/E, gewicht en referentienummer aan van de containers die geladen zullen worden. Indien er documenten aan de containers verbonden zijn, wordt dit ook vermeld.

De **discharge list** is een document, analoog aan de pickup notice, dat per mail naar een specifieke kaai wordt verzonden om deze op de hoogte te brengen van containers die daar gelost zullen worden op een bepaalde datum en tijdstip. Het document geeft meer specifiek de rederij, het type, F/E, gewicht en referentienummer aan van de containers die gelost zullen worden.

Het document **te laden/lossen containers** ten slotte wordt van de kaai in de haven van Antwerpen naar de haven van Genk verzonden en beschrijft wat daar effectief geladen/gelost is. Hierbij is het erg belangrijk dat de referentie die bij een container wordt aangegeven, overeenkomt met het containernummer. Indien deze koppeling verkeerd loopt, kan dit namelijk leiden tot enorm veel kosten omdat containers dan kunnen afwijken van hun traject.

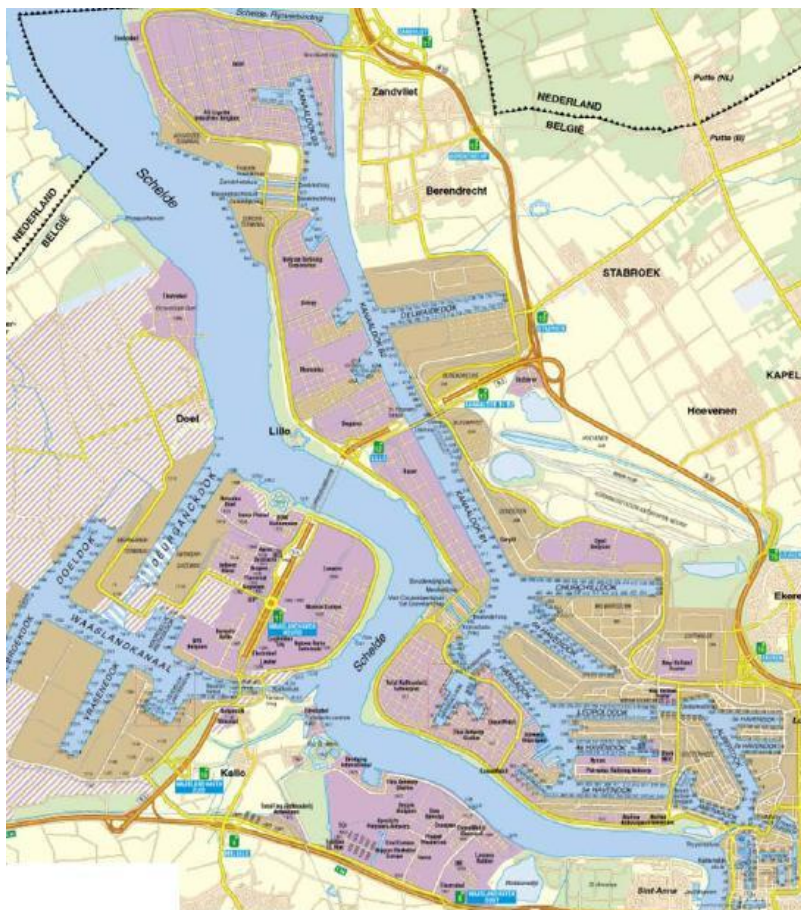
5.4.3 De Haven van Antwerpen

Aangezien de Haven van Genk voor de binnenvaart voornamelijk afvaarten naar de Haven van Antwerpen verzorgt en sterk afhankelijk is van de terminal operatoren in deze haven voor haar binnenvaartplanning, is het nuttig enkele belangrijke elementen van deze haven te bespreken.

De Haven van Antwerpen vormt een belangrijke toegangspoort tot Europa. In 2010 werd in deze haven naar verwachting 178 miljoen ton goederen behandeld, een stijging van 13% in vergelijking met 2009. Antwerpen is op het vlak van internationaal maritiem transport de tweede haven van Europa en de zevende van de wereld. De centrale ligging in Noordwest-Europa maakt van Antwerpen een gegeerde locatie door haar uitstekende verbinding met de belangrijkste Europese industriële en consumentencentra. De haven is echter veel meer dan een los- en laadplaats: goederen worden er ook opgeslagen, herverpakt, verdeeld en klaargemaakt voor transport naar hun eindbestemming (Haven van Antwerpen, 2008).

Ook voor de Haven van Genk vormt de Haven van Antwerpen een belangrijke partner voor het binnenvaarttransport. Het traject Genk-Antwerpen-Genk wordt wekelijks 3 keer

afgelegd. Centrale elementen voor dit goedertransport via binnenvaart zijn de kaaien waaraan de schepen in de Haven van Antwerpen dienen aan te meren en de terminals en hun operatoren die de betrokken containers behandelen. Onderstaande figuur biedt een overzicht van de Haven van Antwerpen en haar belangrijkste kaaien.



Figuur 26: Havenkaart Antwerpen (Haven van Antwerpen, 2008)

Enkele maatschappijen die een verscheidenheid aan terminals en kaaien bezitten in de Haven van Antwerpen en waar ook de Haven van Genk mee in contact komt in het kader van de binnenvaartplanning van haar containertransport zijn PSA en ATO. Beide terminal operatoren worden kort beschreven in volgende paragrafen. Deze zijn hoofdzakelijk gebaseerd op informatie van de websites van de terminal operatoren.

Terminal operator PSA

De grootste containerterminal operator in de Haven van Antwerpen is PSA, wat staat voor Port of Singapore Authority. Onderstaande figuur biedt een overzicht van de terminals in de Haven van Antwerpen die door PSA beheerd worden.



Figuur 27: Terminals PSA in de Haven van Antwerpen (PSA Antwerp, 2010)

Hessenatie en Noord Natie, twee gevestigde waarden in de wereld van de havenbedrijven fuseerden in 2002. Deze twee bedrijven die elk konden steunen op jarenlange ervaring werden samen één van de belangrijkste spelers in de Haven van Antwerpen. Onmiddellijk na de fusie werd de nieuwe onderneming overgenomen door PSA International, één van de grootste havengroepen ter wereld, met thuisbasis in Singapore. De missie van PSA International is om prominent aanwezig te zijn in havens die van groot belang zijn voor de internationale handel. PSA International is in totaal actief in 28 havenprojecten, verspreid over 16 landen in Azië, Europa en de Verenigde Staten. De havengroep PSA behoort tot de absolute wereldtop in containerbehandeling. Het Belgische PSA Antwerp, de grootste investering van PSA buiten Singapore, behandelde 6,1 miljoen TEU in 2009. PSA Antwerp vormt dan ook het tweede grootste project van de PSA-groep. PSA Antwerp baat vier containerterminals en één multipurpose terminal uit in de Haven van Antwerpen. Drie van deze terminals bevinden zich vóór de sluisen: de Europa, de Deurganck en de Noordzee Terminal. De twee andere terminals zijn gelokaliseerd achter de sluisen: de multipurpose Churchill Terminal en de MSC Home Terminal (50/50 joint venture met rederij MSC). Ruim 80% van de containers die via de Haven van Antwerpen worden getransporteerd, komt in contact met één van deze terminals. Naast containerbehandeling zorgt PSA ook voor stukgoedbehandeling (o.a. behandeling van ijzer en staal). PSA Antwerp kan steunen op de ervaring en expertise van ongeveer

3.000 personeelsleden. Dankzij hun inzet en motivatie en het gamma aan activiteiten aangeboden door alle terminals draagt ook PSA Antwerp in belangrijke mate bij tot het concretiseren van de slagzin van de groep 'PSA, The World's Port of Call' (PSA Antwerp, 2010).

Terminal operator ATO

Een tweede, in vergelijking met PSA veel kleinere, terminal operator is ATO, een acroniem voor Associated Terminal Operators. Dit bedrijf is een N.V. bestaande uit de aandeelhouders Boortmalt (50%) en Inter Ferry Boats (50%). Boortmalt is de gekende Belgische mouterij, die behoort tot de Franse holding Epis-centre, terwijl IFB een dochtermaatschappij is van de Belgische spoorwegen, die actief is als spoorvervoerder en terminaloperator. De samenwerking als ATO biedt beide partijen enkele belangrijke voordelen. Wat Boortmalt betreft, biedt ATO de directe mogelijkheid om hun volumes te vervoeren over het water binnen de Haven van Antwerpen via de eigen terminal. Voor IFB vormt ATO een toegevoegde waarde op haar spooractiviteiten op de aangrenzende spoorterminal Zomerweg.

ATO is gelegen aan kaai 364 en heeft een totale oppervlakte van 95.058 m², onderstaande figuur biedt een beeld van de ATO terminal in de Haven van Antwerpen. De drie kernactiviteiten van deze terminal omvatten het laden en lossen van containers via binnenvaart, het aanbieden van een leeg containerdepot met alle behorende activiteiten (herstellen, schoonmaken, enzovoort van containers) en het laden en lossen van containers via spoor. Ook stuffing en stripping activiteiten worden door deze terminal verzorgd in haar magazijn op het terminalterrein. Dankzij 160 meter kaailengte en 5 meter diepgang kunnen er ook de huidige grootste binnenvaartschepen van 500 TEU behandeld worden. ATO werd effectief operationeel op 2 april 2007 en behandelde al snel +/- 1.500 binnenvaartcontainers en +/- 4.000 depotcontainers per maand. Omdat de terminal beschikt over ervaren en gemotiveerde werknemers en een verscheidenheid aan activiteiten aanbiedt, hebben enkele prominente rederijen al snel van ATO hun erkende depot gemaakt. ATO mag hierdoor als een toegevoegde waarde voor de Haven van Antwerpen worden gezien (ATO, z.d.)



Figuur 28: ATO terminal Haven van Antwerpen (VK Group, 2008)

5.4.4 Belangrijke rederijen

Rederijen verzorgen een (regelmatige) lijn of dienst van/naar bepaalde bestemmingen, waarbij de schepen die ze hiervoor gebruiken hun eigendom zijn of ingehuurd worden. De belangrijkste rederijen die Belgische wateren aandoen en waar de Haven van Genk mee in contact komt voor haar containertransport, zijn de volgende. Enkele voornamelijk Europese rederijen met hoofdzetel in Europa zijn de Mediterranean Shipping Company N.V. (MSC) uit Genève, de Duitse rederijen Hamburg Süd en Hapag-Lloyd, de Italiaanse Atlantic Container Line (ACL) en de van oorsprong Franse rederij CMA-CGM. Een aantal prominente Aziatische rederijen zijn de Orient Overseas Container Line (OOCL), de American President Lines (APL) die toebehoort aan de Neptune Orient Lines (NOL) uit Singapore, de Chinese rederijen China Shipping Container Lines Company (CSCL) (met Belgische vertegenwoordiging China Shipping Agency Belgium) en de China Ocean Shipping (Group) Company (COSCO), de Evergreen Marine Corp (EMC) met hoofdzetel in Taiwan (met Belgische vertegenwoordiging Evergreen Belgium Shipping Agency) en ten slotte de Japanse rederijen K-Line, Nippon Yusen Kaisha (NYK) en Mitsui O.S.K. Lines (MOL). Enkele andere rederijen die tot de logistieke wereldtop behoren zijn onder andere de Arabische rederij United Arab Shipping Company (UASC) en de Chileense Compañía Sud Americana Vapores (CSAV), de grootste rederij in Latijns-Amerika.

De meeste van deze rederijen kenden een enorme groei van kleine conventionele schip operator tot aanbieder van wereldwijd maritiem en oceaanschiptransport. De missie van al deze rederijen is het aanbieden van individuele, geïntegreerde logistieke oplossingen van topkwaliteit aangepast aan de noden van de klant. Om deze missie te verwezenlijken beschikken de meeste van deze organisaties over een aanzienlijke vloot en voorraad van

containers met verschillende groottes en specificaties. Daarnaast werken sommigen van deze rederijen ook samen met andere logistieke partners om 'door-to-door' services aan te bieden aan hun logistieke klanten. Om te beantwoorden aan de uiteenlopende geografische transportbehoeften van hun klanten bieden al deze rederijen bovendien hun transportdiensten aan via een omvangrijk netwerk dat tal van zeehavens en service locaties op verschillende continenten bevat. Op die manier kan transport verzorgd worden tussen verschillende uithoeken van de wereld. Naast container- en bulktransport bieden enkele van deze rederijen ook gespecialiseerde diensten aan zoals transport van ongewoon grote vrachten en zwaar materiaal (Stopford, 2009).

5.5 Tijdelijke opslag van bulkgoederen

Wat bulkgoederen betreft, biedt de Haven van Genk haar klanten de mogelijkheid deze tijdelijk op te slaan in plaatselijke magazijnen. De haven beschikt hiervoor over verschillende grote opslagplaatsen, overdekt en openlucht. Op die manier kunnen de bulkgoederen met de gewenste frequentie en in de vereiste hoeveelheden bij de klant geleverd worden. De klant verzendt daarom op gepaste tijdstippen een document waarin gespecificeerd wordt welke goederen, opgeslagen in de Haven van Genk, hij geleverd wil hebben. Voor de levering van deze goederen dient de Haven van Genk vervolgens transport te voorzien, meestal onder de vorm van vrachtwagens. Hiertoe dient de verantwoordelijke medewerker het nodige aantal voertuigen te bestellen bij de gewenste transportmaatschappijen. In de volgende paragrafen wordt kort de documentatie beschreven die hiermee gepaard gaat. Copies van de originele documenten kunnen teruggevonden worden in bijlage (Bijlagen 8 en 9).

5.5.1 Leverdocumenten verzonden door de klant

Deze documenten bieden een gedetailleerd overzicht van de goederen, opgeslagen in de Haven van Genk, die de klant wenst te ontvangen. Een voorbeeld van zulk document is de beschrijving van de levering van specifieke propties 'Charge Chrome', opgeslagen in de haven, bij de klant ArcelorMittal. Belangrijke elementen van het document zijn de volgende.

Tabel 3: Algemene indeling leverdocument bulkgoederen

Name Barge	Schip waarmee de bulkgoederen aankomen in de Haven van Genk
------------	---

Material	Specificeert over welk materiaal het gaat
Supplier	Leverancier van het materiaal
Ordernumber	Bestelnummer bij leverancier
Delivery number	Levernummer, belangrijk voor de haven
Weight	Gewicht van de te leveren goederen
Date	Datum en uur van transport
Transport by: Haven Genk	Specificeert dat het transport van de goederen moet geregeld worden door de Haven van Genk
Unloading place	Specificeert in welke box de goederen dienen gelost te worden bij de klant

5.5.2 Document voor de regeling van goederentransport

Dit document betreft de bestelling van vrachtwagens nodig om de door de klant gewenste hoeveelheden bulkgoederen op de gepaste tijdstippen van de haven naar het bedrijf van de klant te transporteren. Er wordt specifieke informatie gegeven over de levering zodat de transportmaatschappij geschikte transportvoertuigen kan inzetten. Belangrijke elementen van het document zijn de volgende.

Tabel 4: Algemene indeling transportdocument bulkgoederen

Betreft levering	Geeft aan bij welk bedrijf de goederen dienen geleverd te worden
Naam schip	Geeft aan via welk schip de goederen bij Haven Genk aangekomen zijn
Gewicht	Gewicht van de levering
Materiaal	Specificeert over welk materiaal het gaat
Laaddatum + plaats	Specificeert de datum, het uur en de plaats van laden
Leveringsplaats	Specificeert waar bij de klant de goederen dienen gelost te worden (met eventuele vermelding dat dit eerst aan de portier dient nagevraagd te worden)
Leveringsnummer	Levernummer, belangrijk voor de haven

5.6 Verband theorie (literatuurstudie) en praktijk (Haven Genk)

In dit hoofdstuk wordt de link gelegd tussen de bevindingen uit de wetenschappelijke literatuur betreffende het omgaan met planningsproblemen van de terminal operator en hoe deze problemen in de praktijk aangepakt worden in een overslagterminal. Door de overlap te bepalen tussen de oplossingsmethoden en prestatieparameters uit de literatuur en die gebruikt in de praktijk, kunnen eventuele kenniskloven of optimale oplossingsmodellen gedefinieerd worden. De toepassing van deze optimale methoden zou dan kunnen leiden tot een erg efficiënte werking van de binnenvaartterminal in termen van belangrijke prestatieparameters.

5.6.1 Algemene planningsproblemen van de terminal operator

Terminal design en lay-out

De lay-out en het design van de terminal evolueert in de praktijk op basis van projecten. Hierbij dient steeds rekening gehouden te worden met de beschikbare ruimte. Wanneer het design en de lay-out van de overslagterminal van Meerhout (WCT terminal) vergeleken worden met die van Genk, kan gesteld worden dat het terminal design in Genk een ander planningsprobleem vormt. Dit is te wijten aan het feit dat de Haven van Genk op een meer beperkte oppervlakte dan de terminal van Meerhout verschillende taken dient uit te voeren, zoals containertransport, transport van bulkgoederen en stuffing en stripping. De lay-out en het design van de terminal van Genk zal dan ook minder rechtlijnig aangepakt kunnen worden dan beslissingen die de terminal van Meerhout dient te nemen betreffende het aantal gangen tussen containers, de breedte van deze gangen, enzovoort.

Wanneer met de literatuur wordt vergeleken, kan daarom gesteld worden dat de modellen en prestatieparameters gedefinieerd in wetenschappelijke artikels meer geschikt zijn voor terminals die zich uitsluitend met containeroverslag bezighouden. Voor terminals zoals die van Genk, die een brede waaier aan activiteiten uitvoeren, zal het design en de lay-out van de terminal sterk afhankelijk zijn van projecten, beschikbare ruimte en intuïtie van de terminal operator.

Capaciteitsniveaus

Wanneer de getuigenissen uit de praktijk worden samengevat, blijkt dat de prestatieparameter, waar hoofdzakelijk op wordt gefocust bij de beslissing over het capaciteitsniveau van de terminal, het verwerkte containervolume van de terminal is. Er wordt continu in de gaten gehouden of men over voldoende capaciteit beschikt om de gevraagde volumes te transporteren. Pas indien de opbrengst van het met eigen middelen transporteren van goederen opweegt tegen extra investeringen, zal worden overgegaan tot de beslissing extra infrastructuur aan te kopen. Deze stelling kan gestaafd worden met de vaststelling dat de Haven van Genk de laatste jaren haar vloot heeft verkleind naar slechts één eigen schip, de *Samoreus*, als gevolg van een sterke afname in de volumes van binnenvaarttransport.

Indien wordt gekeken naar de bevindingen uit de praktijk blijkt dus dat het gebruik van de vooropgestelde modellen in wetenschappelijke literatuur sterk afhankelijk is van de evolutie van getransporteerde volumes. Pas wanneer de terminal een zodanige toename in volume ervaart die extra investeringen kan rechtvaardigen, kunnen theoretische modellen worden gebruikt om de specificaties van die investeringen te bepalen.

5.6.2 Planningsproblemen per deelproces

Enkele algemene bevindingen die in de praktijk terugkwamen bij de aanpak van de planningsproblemen per deelproces waren de volgende. Ten eerste zijn alle elementen in binnenvaartplanning, van aankomst van het schip tot transport naar andere transportmodi, sterk klantgedreven. Het is de klant die het serviceniveau bepaalt en zo de belangrijke prestatieparameters waar de haven rekening mee dient te houden. Daarom is het van groot belang duidelijke afspraken te maken met klanten betreffende alle elementen die bij binnenvaartplanning komen kijken (bv. kosten verbonden aan wachttijden, maximaal toelaatbare wachttijden, due time van containers, enzovoort). Ten tweede is, zoals reeds aangehaald in een vorige paragraaf, de Haven van Genk sterk afhankelijk van de Haven van Antwerpen voor haar binnenvaartplanning. De Antwerpse Haven heeft steeds het laatste woord wat kaai en tijdstip van aanmeren betreft. Tot slot werd uit de praktijk duidelijk dat, zoals in de wetenschappelijke literatuur reeds werd aangehaald, wachttijd een cruciale prestatieparameter is in alle deelprocessen van de overslag. Het is dan ook van groot belang alle deelprocessen zo optimaal mogelijk te

organiseren om deze wachttijden en de kosten die eraan verbonden zijn tot een minimum te reduceren.

5.6.2.1 Aankomst van het schip

Operationeel

Wat de toewijzing van schepen aan aanmeerkaaien betreft, kan verwezen worden naar de Haven van Antwerpen. Aangezien de Haven van Genk slechts over één kaai beschikt, is dit planningsprobleem hier namelijk niet aan de orde. De Haven van Genk dient in deze context in eerste instantie contact op te nemen met de juiste terminal operatoren in de Antwerpse haven op basis van de vraag van de klant. Via een overkoepelend computer informatiesysteem worden aparte afspraken gemaakt met deze terminal operatoren voor het laden/lossen van goederen aan een specifieke kaai. De beslissing van het kaainummer wordt hoofdzakelijk gebaseerd op de rederij. Elk kaainummer is dan weer gekoppeld aan een specifieke terminal operator. Daarnaast wordt ook rekening gehouden met de volgorde waarin de verschillende containers geladen/gelost worden van het schip om zo wachttijden te minimaliseren. Het is uiteindelijk de Haven van Antwerpen en meer bepaald de daar actieve terminal operatoren die beslissen of een afspraak wordt toegekend of niet, waarna Haven Genk de planning van elk specifiek schip kan opmaken.

Bij vergelijking met de literatuur betreffende de toewijzing van schepen aan aanmeerkaaien, kan geconcludeerd worden dat er enkele belangrijke overeenkomsten zijn tussen theorie en praktijk. Ten eerste wordt wachttijd als een belangrijke prestatieparameter beschouwd. Zowel in theoretische modellen als bij de praktische toewijzing van schepen wordt er vaak naar gestreefd het schip zo weinig mogelijk tijd te laten doorbrengen aan de kaai en alle containers zo snel mogelijk te laden/lossen. Daarnaast is de toewijzing van het schip aan een kaai ook sterk klantgedreven. Deze klantgedrevenheid wordt in de literatuur uitgedrukt in service prioriteiten, terwijl in de Haven van Genk hoofdzakelijk wordt gekeken naar de tijd die men krijgt van de klant om de containers te laden/lossen. Een element dat in de Haven van Genk werd aangehaald, maar niet in wetenschappelijke artikels voorkomt, is het feit dat vaak wordt gekeken naar de rederij waarmee de containers worden getransporteerd om ze toe te wijzen aan een bepaalde kaai.

5.6.2.2 Laden en lossen van het schip

Strategisch

Voor het proces van laden en lossen heeft de Haven van Genk keuze tussen drie infrastructuuropties. Ten eerste beschikt de haven over twee portaalkranen, deze worden weergegeven op onderstaande figuur. Deze kranen zitten op vaste sporen en worden hoofdzakelijk gebruikt bij het laden en lossen van containers.



Figuur 29: Portaalkraan Haven Genk N.V. (Haven Genk, 2007)

Daarnaast zijn er in de haven drie hydraulische kranen aanwezig, waarvan een voorbeeld wordt getoond op onderstaande figuur. Het voordeel van deze kranen is dat ze op een willekeurige plaats kunnen geïnstalleerd worden en dat ze veel wendbaarder zijn dan de portaalkraan. In Genk worden deze kranen hoofdzakelijk ingezet om bulkgoederen te laden en lossen.



Figuur 30: Hydraulische overslagkraan (Haven Genk, 2007)

Ten slotte beschikt de haven nog over drie bulldozers of wielladers, die net zoals de hydraulische kranen voornamelijk worden ingezet voor het laden en lossen van bulkgoederen. Onderstaande figuur toont het gebruik van een wiellader in de haven.



Figuur 31: Wiellader (Haven Genk, 2007)

Zoals reeds aangehaald bij het planningsprobleem van de capaciteitsniveaus, zullen infrastructuurbeslissingen in de praktijk hoofdzakelijk gestuurd worden door te transporteren volumes. Modellen en oplossingsmethodes uit de theorie worden pas nuttig wanneer de terminal operator op basis van transportvolumes kan besluiten dat extra infrastructuur vereist is om aan de klantenvraag te kunnen blijven voldoen.

Operationeel

Het container laadplan wordt in de haven opgesteld op basis van de volgorde waarin containers moeten geladen en gelost worden. Indien het schip bijvoorbeeld volledig volgeladen vertrekt, zal er eerst ergens moeten gelost worden alvorens nieuwe containers kunnen geladen worden. De opstelling van het laadplan wordt daarnaast sterk beïnvloed door de tijdstippen en kaaien die een schip krijgt toegewezen door de Haven van Antwerpen. De specifieke locatie van de containers op het schip (laadplan per schip) is een beslissing die, in tegenstelling tot wat in de wetenschappelijke literatuur gesteld wordt, dient genomen te worden door de schipper zelf. Voor het opstellen van het laadplan voor zijn schip houdt de schipper rekening met verschillende parameters. Ten eerste zal de schipper steeds aandacht besteden aan de stabiliteit van het schip, het is van groot belang het gewicht van de containers evenredig te verdelen om een vlot transport te garanderen. Daarnaast dient de schipper de volgorde waarin containers moeten geladen/gelost worden en hun kaai van bestemming in acht te nemen. Ten slotte moet hij ook de vuistregel toepassen dat containers van 40 voet steeds bovenaan geplaatst dienen te worden, om een minimaal aantal rehandles van containers te garanderen.

5.6.2.3 Transport van containers van schip naar stack en vice versa

Strategisch

Voor het intern containertransport wordt in de Haven van Genk gebruik gemaakt van reach stackers, zoals weergegeven op Figuur 32. Deze kunnen containers tot vijf hoog opstapelen. Bij de vraag waarom geen gebruik gemaakt wordt van straddle carriers in de haven, werd geantwoord dat deze voornamelijk gebruikt worden in havens met grotere transportvolumes zoals de Antwerpse Haven. De reden hiervoor is dat containers met straddle carriers slechts twee hoog worden opgestapeld en zo kunnen het aantal 'rehandles' van containers wordt geminimaliseerd. Straddle carriers zijn daarom economisch gunstiger in een haven met grotere containervolumes.



Figuur 32: Reach stacker Haven Genk N.V. (Haven Genk, 2007)

Operationeel

Net zoals in de wetenschappelijke literatuur meermaals wordt benadrukt, is tijd een primaire parameter bij het opstellen van een planning voor laden, lossen en het daarop volgende intern transport van containers. De medewerkers in Haven Genk getuigen dat het belangrijk is dat alles zo snel mogelijk gebeurt om zo alles, binnen de met de klant afgesproken prijs, in orde te krijgen en er ook zelf nog winst aan over te houden. Indien de planning niet zorgvuldig wordt opgesteld, zullen wachttijden en dus ook kosten oplopen, waardoor de winst voor de haven afneemt. Andere parameters waarvan melding wordt gemaakt in de literatuur (benutting van voertuigen, afgelegde afstand) werden als minder relevant beschouwd in de Haven van Genk.

5.6.2.4 Opstapelen van containers

Strategisch

De primaire parameters die Haven Genk hanteert om containers te ordenen in de stack zijn de kenmerken van de containers. Containers worden geordend per bestemming of per kaai waar ze dienen gelost te worden of per rederij waarmee ze getransporteerd worden. Het doel van deze stacking strategie is het aantal handelingen bij het laden van deze containers te minimaliseren. Dit doel kan ook teruggevonden worden in de wetenschappelijke literatuur rond stacking.

5.6.3 Algemene opmerkingen

De reden waarom niet alle planningsproblemen uit de literatuurstudie opnieuw worden aangehaald in deze vergelijkende paragraaf 5.6, is dat ze niet allemaal als even relevant worden beschouwd door de medewerkers van Haven Genk. Sommige planningskwesaties verlopen in de haven gewoon automatisch zonder dat er veel diepgaand denkwerk of modellering aan vooraf gaat. Deze planningsproblemen worden dan ook niet echt als problemen beschouwd. Een voorbeeld van zulk routineus aangepakt 'planningsprobleem' is de operationele routing van de containertransport voertuigen. Deze routing is een beslissing die door de operatoren van de voertuigen op het moment zelf genomen wordt op basis van hun ervaring en intuïtie.

Uit de getuigenissen en observatie in Haven Genk N.V. werd al heel snel duidelijk dat binnenvaartplanning in de praktijk slechts in zeer beperkte mate wordt ondersteund door modellen en methodes uit de wetenschappelijke literatuur. Meer dan eens werd benadrukt dat alle beslissingen die de terminal operator en zijn medewerkers dienen te nemen steeds in een dynamische context kunnen gekaderd worden. Het is daarom moeilijk zaken vast te pinnen in theoretische modellen. In deze modellen is het namelijk niet haalbaar om rekening te houden met alle mogelijke externe en interne situaties waarin de haven kan verzeild raken, zoals onverwachte weersveranderingen, vertragingen van schepen omwille van allerhande redenen, menselijke fouten, enzovoort. Improviseren en continu reflecteren zijn daarom kernwoorden die de Haven van Genk hoog in het vaandel draagt.

6. SIMULATIEMODEL TRIMODALE TERMINAL HAVEN GENK

6.1 Inleiding

Uit de combinatie van de bevindingen uit de literatuurstudie betreffende de planningsproblemen in een overslagterminal en de observaties tijdens het bezoek aan de Haven van Genk, een trimodale terminal in de praktijk, kan geconcludeerd worden dat het essentieel is de verschillende planningsproblemen in de overslagterminal zorgvuldig aan te pakken om een efficiënte werking en zo minimale overslagkosten voor de ganse terminal te garanderen. Wat de aanpak van deze planningsproblemen betreft, kunnen in de wetenschappelijke literatuur tal van procedures en benaderingen als oplossing gevonden worden. Een in de context van containerterminals vaak gebruikte techniek is simulatie. Zoals aangegeven door Ceyskens (2007) wordt simulatie door Hassan (1993) gedefinieerd als een wetenschappelijke methodologie om een complexe omgeving te bestuderen. Het betreft een techniek die een model van een reëel systeem kan ontwikkelen en nabootsen om zo de werking van dit systeem te analyseren zonder het reële systeem te onderbreken. Simulatie biedt ook de mogelijkheid om bepaalde parameters selectief te wijzigen om zo verschillende alternatieven uit te proberen zonder dat de reële omgeving hierdoor beïnvloed wordt.

Het simuleren van containerterminals is een handige methode om de verschillende planningsproblemen in die terminals te bestuderen. Simulatie biedt de mogelijkheid de efficiëntie van de verschillende overslagprocessen onder variërende omstandigheden te onderzoeken, gebruikmakend van een vereenvoudigd model van terminal. De simulatietechniek maakt het mogelijk het onderzoek naar de beïnvloedende factoren in de werking van de terminal uit te voeren in een kunstmatige realiteit. Op die manier kunnen de processen en deelprocessen van de containerterminal bestudeerd en geoptimaliseerd worden zonder al te hoge kosten te maken of permanente veranderingen aan te brengen aan de huidige terminal. Bovendien kunnen met simulatie de verschillende planningsproblemen die zich voordoen op verschillende planningsniveaus (strategisch, tactisch en operationeel) simultaan opgelost worden. Daarnaast kunnen ook verschillende experimenten en scenario's ontwikkeld worden om een antwoord te bieden op 'what-if' vragen die kaderen in de planning van de terminal (Gijsberts, 2008; Nomden, 2007).

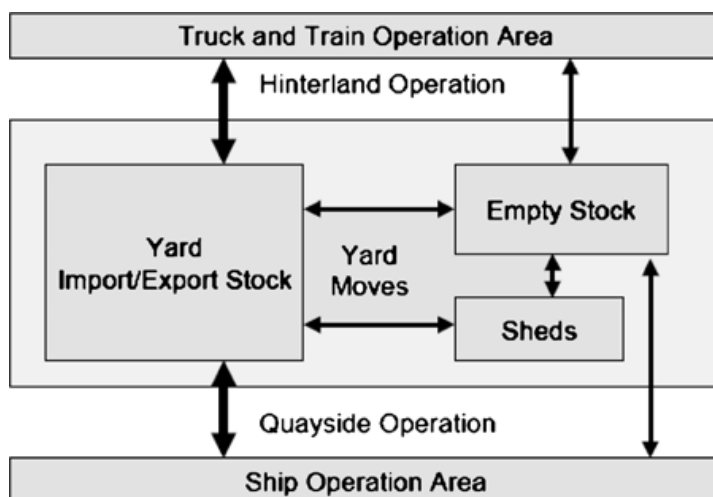
In het verdere verloop van dit hoofdstuk is het de bedoeling de simulatietechniek toe te passen op de trimodale terminal Haven Genk. Dit houdt in dat eerst de basiswerking van deze terminal wordt omgezet in een simulatiemodel, waarbij wordt gefocust op het binnenvaartgedeelte, gezien de context van deze masterproef. Het zal hierbij noodzakelijk zijn enkele assumpties en veronderstellingen te maken, aangezien een simulatiemodel steeds een vereenvoudigde voorstelling is van de werkelijkheid. Daarna worden op basis van de combinatie van de bevindingen uit de literatuurstudie rond planningsproblemen in een overslagterminal en specifieke probleemsituaties in Haven Genk verschillende scenario's ontwikkeld. Allereerst wordt een basisscenario gecreëerd dat overeenkomt met de huidige terminal: materialen, infrastructuur, stroom van aankomende en vertrekkende containers, enzovoort zoals die op dit moment aanwezig zijn in de terminal. Ten tweede worden 'what-if' scenario's uitgewerkt waarin aanpassingen worden gemaakt aan de beschikbare scheepsgroottes en het aantal schepen van de terminal in combinatie met veranderingen in het volume getransporteerde goederen. Vervolgens worden deze scenario's ingevoerd in de simulatiesoftware Arena. Op basis van de statistische analyse van de resultaten op niveau van enkele prestatieparameters die een belangrijke rol spelen in de werking van de terminal, kunnen de scenario's ten slotte vergeleken worden naar efficiëntie. Op die manier kunnen mogelijkheden en aanbevelingen aan Haven Genk geformuleerd worden om de overslagefficiëntie te verbeteren en te anticiperen op wijzigende transportvolumes.

6.2 Simulatiemodel basisscenario: huidige situatie Haven Genk

In deze paragraaf wordt een simulatiemodel ontwikkeld dat overeenkomt met de huidige situatie van containertransport via de binnenvaartterminal te Genk. Het doel van dit model is na te gaan of aanpassingen in scheepsgroottes en aantal gebruikte schepen voor containertransport, al dan niet een effect hebben op de efficiëntie van de terminal. Deze efficiëntie wordt gemeten bij verschillende getransporteerde containervolumes in termen van enkele belangrijke prestatieparameters zoals benuttingsgraad van resources en doorlooptijd van containers, parameters die werden afgeleid uit de literatuurstudie naar planningsproblemen in overslagterminals en het bezoek aan Haven Genk.

6.2.1 Structuur en werking van de binnenvaartterminal

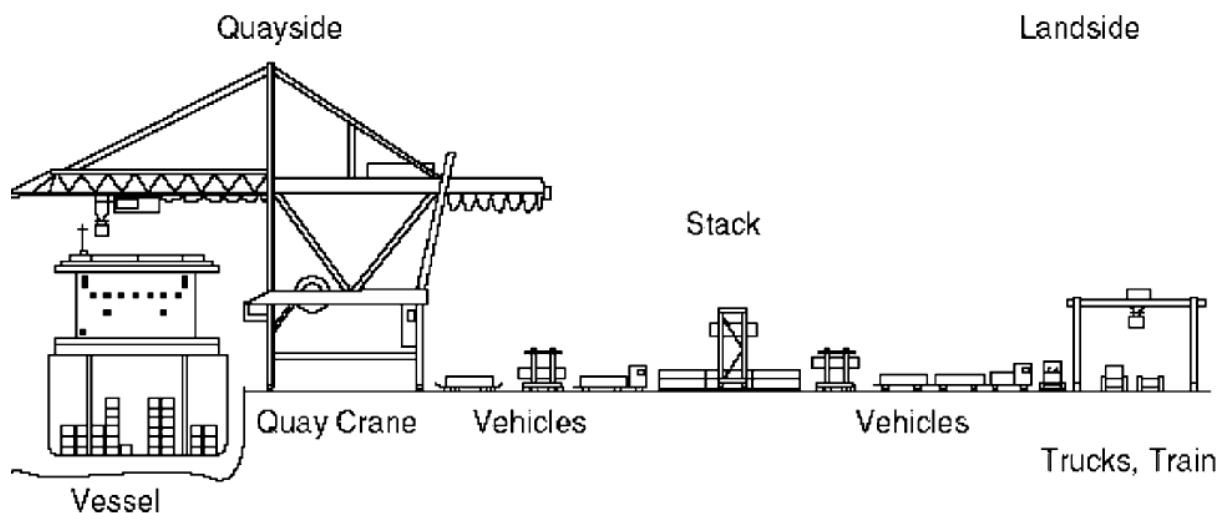
De structuur van de binnenvaartterminal te Genk is te vergelijken met de algemene beschrijving van de structuur van een maritieme containerterminal die wordt gegeven door Günther en Kim (2006) en die wordt voorgesteld op onderstaande figuur aan de hand van verschillende zones. De aanmeerzone ('ship operation area'), die in het geval van Genk uit één kade bestaat, is uitgerust met overslagkranen voor het laden en het lossen van containers. Zowel import- als exportcontainers worden opgeslagen in een yard (of stack) die opgedeeld is in verscheidene blokken op basis van de manier waarop de containers worden gesorteerd voor verder transport. Lege containers worden meestal opgeslagen in een aparte zone ('empty stock'). Daarnaast beschikt de terminal ook nog over enkele afzonderlijke plaatsen ('sheds') die worden gebruikt voor bijkomende logistieke activiteiten zoals stuffing en stripping. De 'truck and train operation area' verwijst ten slotte naar de link van de binnenvaartterminal met het achterland via transportsystemen zoals trein en truck.



Figuur 33: Operationele zones en containerstromen in een maritieme containerterminal (Steenken et al., 2004)

De werking van de binnenvaartterminal kan best beschreven worden aan de hand van de verschillende stappen die een container doorloopt in het overslagproces, zoals weergegeven op onderstaande figuur. Wanneer deze keten van opeenvolgende stappen wordt bekeken voor een exportcontainer, worden achtereenvolgens volgende fases doorlopen. Op het moment dat de trein of truck arriveert aan de terminal ('Landside') wordt de container geïdentificeerd via registratie van essentiële data zoals inhoud, bestemming, betrokken rederij en schip waarop de container dient geladen te worden. Vervolgens wordt de container via een intern transportvoertuig zoals een reach stacker

getransporteerd naar het gepaste opslagblok in de yard / stack. Op het ogenblik dat het schip van bestemming dan aanmeert, wordt de container, gebruikmakend van de overslagkraan, op het schip geladen. De fasen in het overslagproces van een importcontainer zijn analoog aan de hierboven beschreven stappen, maar in de omgekeerde volgorde. (Günther en Kim, 2006)



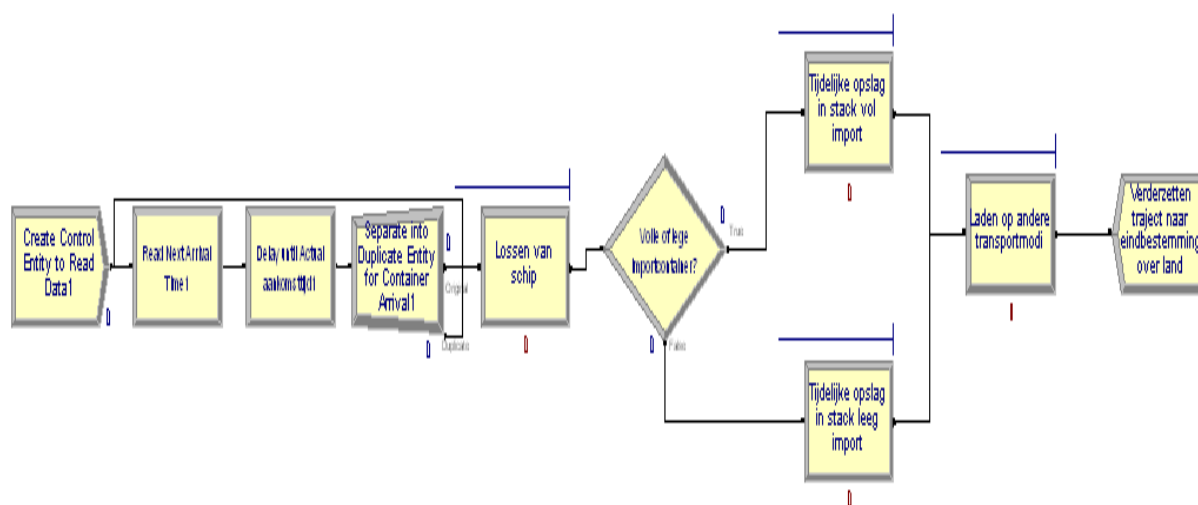
Figuur 34: Verschillende stappen in transport en bewerking van container (aangepast van Steenken et al., 2004)

6.2.2 Ontwikkeling simulatiemodel van de huidige binnenvaartterminal te Genk

In deze paragraaf wordt de structuur en werking van de binnenvaartterminal vertaald naar een simulatiemodel dat kan ingegeven worden in de simulatiesoftware Arena. Aan de hand van een flowdiagram worden de verschillende stappen gemodelleerd die een container doorloopt in het overslagproces. Dit diagram is tweeledig, enerzijds is er het losproces voor importcontainers en anderzijds het laadproces voor exportcontainers. Beide ketens van deelprocessen zijn analoog, maar tegengesteld. Het simulatiemodel maakt abstractie van het verdere transport van containers naar het achterland. De reden hiervoor is dat dit deelproces weinig bijdraagt aan het doel van dit onderzoek, namelijk het bestuderen van het effect van verschillende scheepsgroottes, gecombineerd met variërende transportvolumes op enkele belangrijke prestatieparameters voor de terminal werking.

In eerste instantie wordt de **modellering van het losproces van importcontainers** in Arena besproken. Een veronderstelling die wordt gemaakt bij het modelleren van het losproces is dat de containers worden beschouwd als entiteiten van het systeem. Entiteiten zijn de dynamische objecten in de simulatie die het proces doorlopen, beïnvloeden en beïnvloed worden door elkaar en de status van het systeem en een effect hebben op de output prestatie maatstaven (Kelton et al., 2008).

Een visuele voorstelling van het Arena model voor het losproces wordt weergegeven op onderstaande figuur en nogmaals ter verduidelijking in bijlage (Bijlage 10).



Figuur 35: Arena model losproces van importcontainers

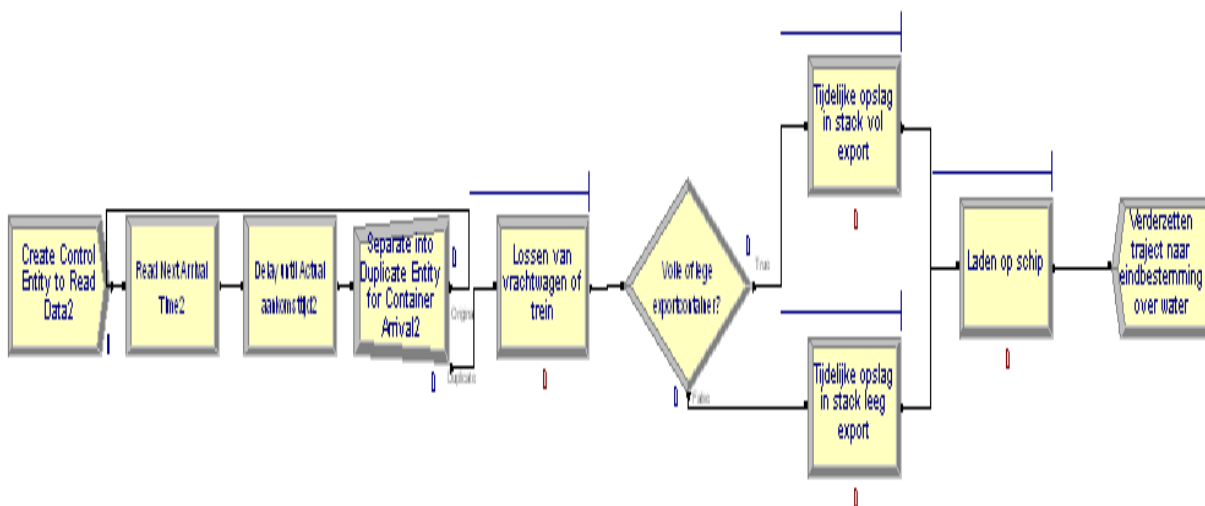
Aan de hand hiervan kan de opbouw van het simulatiemodel voor importcontainers, die de Haven Genk bereiken via schip, worden besproken. De containers komen in een eerste deelproces aan bij de terminal via een schip. De aankomsten van de schepen die de containers bevatten, verlopen volgens een welbepaald patroon dat kan worden weergegeven in een Excel bestand. De opbouw van dit bestand wordt in de volgende paragraaf uitgelegd (zie 6.2.3 Inputs, resources en outputs van het simulatiemodel Haven Genk). Om de data uit dit Excel bestand in te lezen in Arena dient gebruik gemaakt te worden van een specifieke modellogica, bestaande uit vier modules, die de traditionele 'Create' module vervangen, zoals beschreven door Kelton et al. (2008). De eerste 'Create' module genereert slechts één entiteit aan het begin van elke replicatie, het kenmerk Max Arrivals wordt namelijk gelijk gesteld aan één. Deze entiteit komt vervolgens terecht in de 'ReadWrite' module, waar de volgende waarde uit de Excel file wordt gelezen en wordt toegewezen aan het entiteit attribuut *aankomsttijd*. Nadat de entiteit de waarde gelezen heeft van de data file, beweegt het naar de 'Delay' module om

te wachten tot de tijd gelijk is aan *aankomsttijd* zodat de werkelijke entiteit, die overeenkomt met een container, het simulatiesysteem betreedt op het juiste moment. Omdat de waarden in de data file de aankomsttijden voorstellen in cumulatieve aantallen in plaats van de tussenaankomsttijden, wordt de Delay tijd gespecificeerd als aankomsttijd – TNOW. Wanneer de controle entiteit voldoende lang gewacht heeft in de 'Delay' module, is het tijd om een werkelijke container entiteit te creëren en die los te laten in de systeem logica die overeenkomt met het verdere losproces. De 'Separate' module zendt daartoe de controle entiteit (via het exit punt Original) terug naar de 'ReadWrite' module om de volgende aankomsttijd te bekomen van de data file en creëert simultaan een duplicaat dat via het exit punt Duplicate naar de verdere model logica wordt gezonden. Dit duplicaat stelt de aankomst van een nieuwe container voor die door de rest van het losproces wordt gezonden om verwerkt te worden. In een volgend deelproces worden de containers gelost van het schip. Om dit te modelleren wordt gebruik gemaakt van een 'Process' module. In deze module wordt gekozen voor de actie 'Seize Delay Release' wat erop wijst dat een overslagkraan de container 'grijpt' op het schip, het wat tijd vergt om deze te lossen en deze uiteindelijk loslaat in de opslagzone. De 'Resource' die aan dit proces wordt toegewezen is de Overslagkraan, waarvan Haven Genk er twee ter beschikking heeft. Voor de verdeling van het losproces ('Delay Type') wordt op basis van gegevens van Haven Genk gekozen voor een losproces met een constante tijdsduur van 3,53 minuten ('Constant Delay Type'). Daarna komen de importcontainers in de stack terecht waar ze tijdelijk dienen te verblijven tot ze verder getransporteerd worden naar een andere transportmodus en hun eindbestemming. Omdat de verblijfsduur in de stack verschillend is naargelang het een volle of lege container betreft, wordt eerst een 'Decide' module ingevoerd om het onderscheid te maken tussen volle en lege containers. Deze komen in respectievelijk 78% en 22% van de gevallen voor. De feitelijke opslag in de stack wordt gemodelleerd aan de hand van 'Process' modules, één voor volle en één voor lege containers. In deze modules wordt telkens gekozen voor de actie 'Seize Delay Release'. Hierbij benut elke container de 'Resource' Opslagplaats gedurende een bepaalde tijd om dan in een volgend deelproces geladen te worden op een andere transportmodus zoals trein of vrachtwagen. Voor dit laadproces wordt opnieuw een 'Process' module gecreëerd met de actie 'Seize Delay Release'. Dit deelproces wordt uitgevoerd door de 'Resource' Reach stacker. Deze wordt namelijk hoofdzakelijk gebruikt voor het laden en lossen van containers op en van vrachtwagens / treinen in Haven Genk. De verdeling die met dit laadproces kan geassocieerd worden is opnieuw van het constante type nu met een waarde van 2,86

minuten. Ten slotte verlaat de importcontainer het systeem via een 'Dispose' module om zijn traject verder te zetten over land naar zijn eindbestemming.

Vervolgens kan op analoge wijze de **modellering van het laadproces van exportcontainers** in Arena besproken worden. Net zoals in het losproces worden ook in het laadproces de containers als de entiteiten van het systeem beschouwd. Dit keer betreffen het echter exportcontainers, containers die de Haven van Genk verlaten per schip.

Een visuele voorstelling van het Arena model voor het laadproces wordt weergegeven op onderstaande figuur en nogmaals ter verduidelijking in bijlage (Bijlage 11).



Figuur 36: Arena model laadproces van exportcontainers

Aan de hand hiervan kan de opbouw van het simulatiemodel voor exportcontainers worden besproken. In dit geval komen de containers in een eerste deelproces aan bij de terminal via een vrachtwagen of trein. De aankomsten van de transportmodi die de containers bevatten, verlopen volgens een welbepaald rittenschema dat net zoals bij de aankomsten van schepen in het losproces kan worden weergegeven in een Excel bestand. Om de data uit dit Excel bestand in te lezen in Arena wordt opnieuw gebruik gemaakt van de specifieke modellogica, bestaande uit vier modules, die werd beschreven voor het losproces. Na aankomst van de containers worden ze in een volgend deelproces gelost van de vrachtwagen / trein. Dit deelproces wordt gemodelleerd aan de hand van een 'Process' module. In deze module wordt gekozen voor de actie 'Seize Delay Release' wat erop wijst dat een reach stacker de container 'grijpt' op de vrachtwagen / trein, het wat

tijd vergt om deze te lossen en deze uiteindelijk loslaat in de opslagzone. De 'Resource' die aan dit proces wordt toegewezen is de Reach stacker. Voor de verdeling van het losproces wordt op basis van gegevens van Haven Genk gekozen voor een constante lostijd van 2,86 minuten. Vervolgens komen de exportcontainers in de stack terecht waar ze tijdelijk dienen te verblijven tot ze verder getransporteerd worden naar een schip en hun eindbestemming. Analooq aan het laadproces wordt eerst een 'Decide' module ingevoerd om het onderscheid te maken tussen lege en volle containers. Daarna wordt de feitelijke opslag in de stack gemodelleerd aan de hand van 'Process' modules met de actie 'Seize Delay Release'. Vervolgens worden de containers geladen op een schip. Hiervoor wordt opnieuw een 'Process' module gecreëerd met de actie 'Seize Delay Release', gebruikmakend van de 'Resource' Overslagkraan die ook bij het lossen van importcontainers werd benut. De verdeling die met dit laadproces kan geassocieerd worden is van het constante type met een waarde van 3,53 minuten. Ten slotte verlaat de exportcontainer het systeem via een 'Dispose' module om zijn traject verder te zetten over zee naar zijn eindbestemming.

6.2.3 Inputs van het simulatiemodel Haven Genk

De inputs van het model verwijzen naar de gemaakte veronderstellingen in elk deelproces van de overslag en de gegevens die nodig zijn om het model te runnen. Een veronderstelling die doorheen het ganse model wordt gemaakt is dat één entiteit van het simulatiemodel overeenkomt met een container van 1 TEU (20 voet). Deze veronderstelling wordt gebaseerd op het feit dat in Haven Genk 91% van de overgeslagen containers een standaardgrootte hebben van 20 voet, terwijl 2 TEU containers (twee entiteiten) slechts in 9% van de gevallen voorkomen.

Wanneer wordt gekeken naar het **losproces van importcontainers**, moet in de eerste plaats een aankomstrijtme worden bepaald voor de schepen die in de binnenvaartterminal hun containers dienen te lossen. Anders dan in het vijfde hoofdstuk, dat een samenvatting vormde van enkele bezoeken aan de Haven van Genk in de periode november 2010, beschikt de haven op dit moment over twee schepen van 154 TEU die samen viermaal per week aanmeren in de Haven van Genk. Deze schepen worden in samenwerking met de overslagterminal van Luik benut tot een gemiddelde capaciteit van 104 TEU, wat betekent dat containers in twee lagen worden gestapeld. De overige 50 TEU, die overeenstemt met de derde laag, dient als buffer om pieken en dalen in containervolumes op te vangen. Om dit aankomstpatroon in te voeren in het Arena

simulatiemodel, kan best gebruik gemaakt worden van een Excel file met aankomsttijden. Omdat Haven Genk op jaarbasis 25000 TEU verwerkt, kan zowel aan het losproces van importcontainers als aan het laadproces van exportcontainers 12500 TEU worden toegewezen. Dit komt overeen met circa 240 TEU op weekbasis (12500/52). Aangezien de schepen viermaal per week aanmeren, kan gemiddeld 60 TEU worden toegewezen aan maandag, dinsdag, donderdag en vrijdag, de dagen dat de schepen zich in Genk bevinden. Om voldoende variatie te garanderen in het model, wordt gewerkt met random waarden tussen 55 en 65 TEU in plaats van een constante waarde van 60 TEU aan aankomende containers die aan elk van deze vier dagen worden toegewezen. In de Excel file worden de aankomsttijden van de schepen uitgedrukt in uren. De eerste circa 60 TEU aan containers komen aan op maandag om 6:00u. Vierentwintig uur later (dinsdag om 6:00u) komt de tweede lading van gemiddeld 60 TEU aan. De volgende lading containers komt aan op donderdagochtend en de laatste lading van de week komt aan op vrijdagochtend, telkens om 6:00u 's ochtends. Op analoge manier wordt elke daaropvolgende week opgebouwd in de Excel file. Hierbij kan opgemerkt worden dat de circa 60 TEU veel lager ligt dan de 104 TEU capaciteit van het schip die gemiddeld benut wordt. De verklaring hiervoor is dat de overige laadruimte in het schip wordt benut door containers van de Luikse overslagterminal die in samenwerking met Haven Genk gebruik maakt van beide schepen.

In het volgende deelproces, het lossen van schepen, moet een verdeling worden bepaald voor de tijdsduur van dit losproces. In de binnenvaartterminal van Haven Genk zijn overslagkranen in staat om in één uur 17 containers uit het schip op de kade te plaatsen. Dit komt overeen met een benodigde 3,53 minuten om één container te lossen. Deze waarde wordt in het simulatiemodel ingevoerd aan de hand van een Constant Delay Type met een waarde van 3,53 minuten, zoals weergegeven op onderstaande figuur.

	Name	Type	Action	Priority	Resources	Delay Type	Units	Allocation	Minimum	Value	Maximum
1	Lossen van schip	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Minutes	Value Added	5	3.53	15

Figuur 37: Lossen van schip (Process module)

Nadat de containers gelost zijn van het schip, worden ze tijdelijk opgeslagen in de stack. Omdat volle en lege containers een andere verblijfsduur in de stack hebben, dient eerst een onderscheid gemaakt te worden tussen deze twee types van containers. Lege containers worden in de opslagplaats geordend volgens rederij en worden vier hoog gestapeld. Ze verblijven gemiddeld één week in de opslagplaats met een maximum van

twee weken. Volle containers worden geordend op basis van kade van bestemming en worden drie hoog gestapeld. Deze containers worden zelden langer dan twee dagen in Haven Genk opgeslagen. Om dit onderscheid te maken naar tijdsduur van opslag voor volle en lege containers, wordt gebruik gemaakt van een Decide module, die leidt naar twee verschillende Process modules, respectievelijk voor volle en lege containers. Volle en lege containers verhouden zich tot elkaar zoals 78 tot 22, zodat 78% van de containers gemiddeld 1 dag in de stack verblijft (volle container) en 22% gemiddeld 7 dagen (lege container). In de Process modules van de volle en lege containers wordt gebruik gemaakt van een Triangulair Delay Type met minima en maxima uitgedrukt in uren om deze verblijfsduur in de stack aan te duiden, zoals weergegeven op onderstaande figuur.

7	Tijdelijke opslag in stack vol import	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Hours	Value Added	12	24	48	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Tijdelijke opslag in stack leeg import	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Hours	Value Added	120	168	336	<input checked="" type="checkbox"/>

Figuur 38: Opslag van volle en lege importcontainers in stack (Process modules)

Vervolgens worden de containers geladen op andere transportmodi zoals trein of vrachtwagen om hun traject verder te zetten over land naar hun eindbestemming. Analoog aan het losproces, moet een verdeling worden bepaald voor de tijdsduur van dit laadproces. In de binnenvaartterminal van Haven Genk zijn reach stackers in staat om in één uur 21 containers uit het schip op een wagon of trucktrailer te plaatsen. Dit komt overeen met een benodigde 2,86 minuten om één container te laden. Deze waarde wordt in het simulatiemodel ingevoerd aan de hand van een Constant Delay Type met een waarde van 2,86 minuten, zoals weergegeven op onderstaande figuur.

2	Laden op andere transportmodi	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Minutes	Value Added	5	2.86	1.5	<input checked="" type="checkbox"/>
---	-------------------------------	----------	---------------------	-----------	--------	----------	---------	-------------	---	------	-----	-------------------------------------

Figuur 39: Laden op andere transportmodi (Process module)

Analoog aan het losproces van importcontainers dienen ook de inputs van het **laadproces van exportcontainers** bepaald te worden. In deze situatie wordt eerst gekeken naar het aankomst ritme van vrachtwagens en treinen die containers transporteren naar Haven Genk om verder getransporteerd te worden via de binnenvaart. Ook dit aankomst patroon wordt in het Arena simulatiemodel ingevoerd via een Excel file met aankomsttijden. Zoals reeds vermeld, wordt op jaarbasis in totaal 25000 TEU aan containervolume verwerkt in de binnenvaartterminal van de haven. Dit betekent dat gemiddeld 12500 containers binnenkomen met het schip (importcontainers) en 12500 containers de haven verlaten met een schip (exportcontainers) gedurende 52

weken. Dit komt overeen met circa 240 TEU op weekbasis (12500/52). Aangezien vrachtwagens en treinen vijf dagen per week de haven aandoen, kan gemiddeld 48 TEU worden toegewezen aan maandag, dinsdag, woensdag, donderdag en vrijdag. Om voldoende variatie te garanderen in het model, wordt gewerkt met random waarden tussen 43 en 53 TEU in plaats van een constante waarde van 48 TEU aan aankomende containers die aan elk van deze vijf dagen worden toegewezen. In de Excel file worden de aankomsttijden van de treinen/vrachtwagens uitgedrukt in uren. De eerste circa 48 TEU aan containers komen aan op maandag om 7:00u. Vierentwintig uur later (dinsdag om 7:00u) komt de tweede lading van gemiddeld 48 TEU aan. De volgende ladingen containers komen aan op woensdag- en donderdagochtend, telkens om 7:00u. Tenslotte komt de laatste lading van de week van 48 TEU aan op vrijdagochtend. Op analoge manier wordt elke daaropvolgende week opgebouwd in de Excel file.

In het volgende deelproces, het lossen van treinen / vrachtwagens, moet een verdeling worden bepaald voor de tijdsduur van dit losproces. Net zoals bij het laadproces van importcontainers op treinen / vrachtwagens, hebben reach stackers steeds 2,86 minuten nodig om één container te lossen van een trein / vrachtwagen. Deze waarde wordt in het simulatiemodel ingevoerd aan de hand van een Constant Delay Type met een waarde van 2,86 minuten, zoals weergegeven op onderstaande figuur.

3	Lossen van vrachtwagen of trein	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Minutes	Value Added	5	2.86	1.5	<input checked="" type="checkbox"/>
---	---------------------------------	----------	---------------------	-----------	--------	----------	---------	-------------	---	------	-----	-------------------------------------

Figuur 40: Lossen van vrachtwagen of trein (Process module)

Nadat de containers gelost zijn van de trein / vrachtwagen, worden ze tijdelijk opgeslagen in de stack. De inputgegevens voor het opslaan van exportcontainers en het onderscheid naar lege en volle containers zijn net hetzelfde als bij het losproces van importcontainers, zoals weergegeven op onderstaande figuur.

5	Tijdelijke opslag in stack vol export	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Hours	Value Added	12	24	48	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Tijdelijke opslag in stack leeg export	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Triangular	Hours	Value Added	120	168	336	<input checked="" type="checkbox"/>

Figuur 41: Opslag van volle en lege exportcontainers in stack (Process modules)

Vervolgens worden de containers geladen op een schip om hun traject verder te zetten over water naar hun eindbestemming. Analoog aan het losproces van schepen bij importcontainers, hebben overslagkranen 3,53 minuten nodig om één container op het schip te laden. Deze waarde wordt in het simulatiemodel ingevoerd aan de hand van een

Constant Delay Type met een waarde van 3,53 minuten, zoals weergegeven op onderstaande figuur.

4	Laden op schip	Standard	Seize Delay Release	Medium(2)	1 rows	Constant	Minutes	Value Added	5	3.53	1.5	<input checked="" type="checkbox"/>
---	----------------	----------	---------------------	-----------	--------	----------	---------	-------------	---	------	-----	-------------------------------------

Figuur 42: Laden op schip (Process module)

6.2.4 Resources van het simulatiemodel Haven Genk

De resources gedefinieerd in het model om de verschillende deelprocessen te bedienen, zijn de volgende. Voor het laden en lossen van import- en exportcontainers van en op schepen wordt verondersteld dat Haven Genk gebruik maakt van één overslagkraan of portaalkraan. Deze resource wordt benut in de Process modules 'Lossen van schip' en 'Laden op schip' van het simulatiemodel. Daarnaast beschikt de haven over reach stackers om containers te laden en lossen van trein en/of vrachtwagen. Het simulatiemodel veronderstelt dat slechts één reach stacker deze functie op zich neemt in de haven. De resource reach stacker kan terug gevonden worden in de Process modules 'Lossen van vrachtwagen of trein' en 'Laden op andere transportmodi' van het simulatiemodel. Ten slotte is er de resource opslagplaats die verwijst naar een opslagplaats voor één container (vol of leeg) in de stack en voorkomt in de verschillende Process modules voor 'Tijdelijke opslag'. Deze resource voert geen fysieke functie uit zoals de vorige twee, maar dient enkel om de wachttijden van containers in de stack te modelleren. Haven Genk beschikt over opslagruimte voor 20000 containers van 1 TEU wat overeenkomt met 20000 opslagplaatsen. Onderstaande figuur geeft de resources weer die in het simulatiemodel voorkomen met hun respectievelijke capaciteiten.

Resource - Basic Process									
	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics
1	Overslagkraan	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Reach stacker	Fixed Capacity	1	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Opslagplaats	Fixed Capacity	20000	0.0	0.0	0.0		0 rows	<input checked="" type="checkbox"/>

Figuur 43: Resources van het simulatiemodel

Deze resource eigenschappen zijn een vereenvoudiging van de werkelijkheid. In realiteit beschikt Haven Genk namelijk over twee overslagkranen en vijf reach stackers die worden ingezet in het overslagproces. Het gebruik van capaciteit één in het model heeft als reden dat de kranen en reach stackers die worden benut in het laad- en losproces van respectievelijk export- en importcontainers telkens slechts de verschillende transportmodi één voor één kunnen laden / lossen. Een andere vereenvoudiging is dat,

wat terminal infrastructuur betreft, enkel reach stackers en overslagkranen voorkomen in het model, hoewel in de realiteit nog andere infrastructuur wordt benut in het laad- en losproces van containers. Het opnemen van deze extra infrastructuur draagt echter niet bij tot het doel van dit onderzoek, het bestuderen van het effect van verschillende scheepsgroottes op de efficiëntie van de terminal.

6.2.5 Outputs van het simulatiemodel Haven Genk

De outputs van het model verwijzen naar de prestatie maatstaven die in de analysefase zullen bekeken worden om het effect van verschillende scheepsgroottes na te gaan op de algemene efficiëntie van het overslagproces. De keuze van deze prestatie maatstaven is gebaseerd op een combinatie van de bevindingen uit de theorie (cfr. Hoofdstukken drie en vier: Literatuurstudie naar planningsproblemen in overslagterminals) en de praktijk (cfr. Hoofdstuk vijf: Bezoek aan trimodale terminal Haven Genk N.V.).

Outputs die zullen worden bekeken in de door Arena gegenereerde rapporten van beide processen zijn de volgende. Ten eerste zal gekeken worden naar de benutting van de resources overslagkraan, reach stacker en opslagplaats. Daarnaast zal de doorlooptijd van een container geanalyseerd worden. Deze prestatieparameter werd door Haven Genk als essentieel beschouwd aangezien de efficiëntie van het overslagproces hoofdzakelijk wordt bepaald door de snelheid waarmee een container kan overgeslagen worden van de ene transportmodus van de andere. Het bestuderen van deze parameter bij verschillende scheepsgroottes kan ook een antwoord bieden op de vraag hoe het veranderen van scheepsgrootte de efficiëntie en optimaliteit van het overslagproces beïnvloedt. Gekoppeld aan deze doorlooptijd zullen ook de verschillende deelprocestijden bekeken worden om na te gaan welk deelproces van de overslag het grootste percentage van de doorlooptijd voor zijn rekening neemt. Ten slotte wordt ook de afweging gemaakt tussen de service (aantal afvaarten) die kan geboden worden met verschillende scheepsgroottes versus de kost die gepaard gaat met deze verschillende scheepsgroottes.

6.3 Basisscenario: huidige situatie Haven Genk

Het basisscenario komt overeen met de huidige situatie van de binnenvaartterminal Haven Genk en werd gemodelleerd in bovenstaande paragraaf (6.2. Simulatiemodel basisscenario).

In dit scenario wordt de binnenvaartfunctie van Haven Genk verzorgd door twee schepen van elk 154 TEU, waarvan 104 TEU effectief benut wordt en 50 TEU dient als buffer. Wat containervolume betreft, verwerkt Haven Genk op dit moment 25000 TEU op jaarbasis. Hiervan kan 12500 TEU worden toegewezen aan het losproces en 12500 TEU aan het laadproces. De beschrijving van de opbouw van de Excel files voor het aankomstenpatroon van import- en exportcontainers werd reeds behandeld in het stuk rond inputs van het simulatiemodel in paragraaf 6.2.3 Inputs, resources en outputs van het simulatiemodel Haven Genk

6.3.1 Optimistisch subscenario

In een optimistisch subscenario worden de huidige scheepsgroottes behouden, maar stijgt het containervolume naar 40000 TEU op jaarbasis, een stijging van 60% ten opzichte van het basis niveau. Hiervan wordt 20000 TEU toegewezen aan het losproces en 20000 TEU aan het laadproces. De keuze voor 40000 TEU is gebaseerd op gegevens van Haven Genk over de toekomstige ontwikkelingen in getransporteerd containervolume via de binnenvaart. Om dit scenario te runnen in Arena dient enkel de Excel file met de aankomstpatronen van containers in zowel het laadproces als losproces aangepast te worden.

Ten eerste wordt de Excel file met het aankomstenpatroon van importcontainers aangepast. De aankomst van 20000 TEU containers op jaarbasis komt overeen met circa 384 TEU op weekbasis (20000/52). Aangezien de schepen viermaal per week aanmeren, kan gemiddeld 96 TEU worden toegewezen aan maandag, dinsdag, donderdag en vrijdag, de dagen dat de schepen zich in Genk bevinden. Om voldoende variatie te garanderen in het model, wordt gewerkt met random waarden tussen 91 en 101 TEU in plaats van een constante waarde van 96 TEU aan aankomende containers die aan elk van deze vier dagen worden toegewezen. In de Excel file worden de aankomsttijden van de schepen uitgedrukt in uren. De eerste circa 96 TEU aan containers komen aan op maandag om 6:00u. Vierentwintig uur later (dinsdag om 6:00u) komt de tweede lading van gemiddeld 96 TEU aan. De volgende ladingen containers komen aan op donderdag- en vrijdagochtend, telkens om 6:00u. Het aankomstenpatroon van containers in de weken die daarop volgen, wordt op analoge manier opgebouwd.

Wat het laadproces betreft, komt ook 20000 TEU op jaarbasis of 384 TEU op weekbasis aan. Aangezien vrachtwagens en treinen vijf dagen per week de haven aandoen, kan

gemiddeld 77 TEU worden toegewezen aan maandag, dinsdag, woensdag, donderdag en vrijdag. Om voldoende variatie te garanderen in het model, wordt gewerkt met random waarden tussen 72 en 82 TEU in plaats van een constante waarde van 77 TEU aan aankomende exportcontainers die aan elk van deze vijf dagen worden toegewezen. In de Excel file worden de aankomsttijden van de treinen/vrachtwagens uitgedrukt in uren. De eerste circa 77 TEU aan containers komen aan op maandag om 7:00u. Vierentwintig uur later (dinsdag om 7:00u) komt de tweede lading van gemiddeld 77 TEU aan. De volgende ladingen containers komen aan op woensdag- en donderdagochtend opnieuw om 7:00u. Tenslotte komt de laatste lading containers van de week aan op vrijdagochtend om 7:00u. Op analoge manier wordt elke daaropvolgende week opgebouwd in de Excel file.

6.3.2 Pessimistisch subscenario

In een pessimistisch subscenario worden de huidige scheepsgroottes behouden, maar daalt het containervolume naar 20000 TEU op jaarbasis, een daling van 20% ten opzichte van het basis niveau. Hiervan kan 10000 TEU worden toegewezen aan het losproces en 10000 TEU aan het laadproces. Om dit scenario te runnen in Arena dient opnieuw de Excel file met de aankomstpatronen van containers in zowel het laadproces als losproces aangepast te worden.

Ten eerste wordt de Excel file met het aankomstenpatroon van importcontainers aangepast. De aankomst van 10000 TEU containers op jaarbasis komt overeen met circa 192 TEU op weekbasis (10000/52). Aangezien de schepen viermaal per week aanmeren, kan gemiddeld 48 TEU worden toegewezen aan maandag, dinsdag, donderdag en vrijdag, de dagen dat de schepen zich in Genk bevinden. Om voldoende variatie te garanderen in het model, wordt gewerkt met random waarden tussen 43 en 53 TEU in plaats van een constante waarde van 48 TEU aan aankomende containers die aan elk van deze vier dagen worden toegewezen. In de Excel file worden de aankomsttijden van de schepen uitgedrukt in uren. De eerste circa 48 TEU aan containers komen aan op maandag om 6:00u. Vierentwintig uur later (dinsdag om 6:00u) komt de tweede lading van gemiddeld 48 TEU aan. De volgende ladingen containers komen aan op donderdag- en vrijdagochtend, telkens om 6:00u. Het aankomstenpatroon van containers in de weken die daarop volgen, wordt op analoge manier opgebouwd.

Wat het laadproces betreft, komt ook 10000 TEU op jaarbasis of 192 TEU op weekbasis aan. Aangezien vrachtwagens en treinen vijf dagen per week de haven aandoen, kan gemiddeld 39 TEU worden toegewezen aan maandag, dinsdag, woensdag, donderdag en vrijdag. Om voldoende variatie te garanderen in het model, wordt gewerkt met random waarden tussen 34 en 44 TEU in plaats van een constante waarde van 39 TEU aan aankomende containers die aan elk van deze vijf dagen worden toegewezen. In de Excel file worden de aankomsttijden van de treinen/vrachtwagens uitgedrukt in uren. De eerste circa 39 TEU aan containers komen aan op maandag om 7:00u. Vierentwintig uur later (dinsdag om 7:00u) komt de tweede lading van gemiddeld 39 TEU aan. De volgende ladingen containers komen aan op woensdag- en donderdagochtend opnieuw om 7:00u. Tenslotte komt de laatste lading van de week aan op vrijdagochtend. Op analoge manier wordt elke daaropvolgende week opgebouwd in de Excel file.

6.4 Simulatie scenario A

In scenario A wordt één van beide schepen van 154 TEU vervangen door twee schepen van 60 TEU. Op deze manier beschikt de haven nu over drie schepen om containers via de binnenvaart te transporteren: één van 154 TEU, waarvan 104 TEU effectief benut wordt zoals in de huidige situatie van Haven Genk, en twee van 60 TEU. Het huidige containervolume van 25000 TEU op jaarbasis, waarvan 12500 TEU wordt toegewezen aan het laadproces en 12500 TEU aan het losproces, blijft in dit scenario onveranderd. Om dit scenario te runnen in Arena dient enkel de Excel file met de aankomstpatronen van containers in zowel het laadproces als losproces aangepast te worden in vergelijking met het basisscenario.

Ten eerste wordt de Excel file met het aankomstenpatroon van importcontainers aangepast. De aankomst van 12500 TEU importcontainers op jaarbasis komt overeen met circa 240 TEU op weekbasis ($12500/52$). De beschikbaarheid van drie schepen in plaats van twee creëert voor Haven Genk de opportuniteit om een service van zes afvaarten per week te bieden aan haar klanten in plaats van de vier afvaarten uit het basisscenario. In deze situatie meren de schepen dus aan op maandag, dinsdag, woensdag, donderdag, vrijdag en zaterdag. Rekening houdend met een totaal van 240 TEU op weekbasis kan onderstaande planning opgesteld worden aangaande het aantal TEU dat aan elk van deze aanmeerddagen kan toegewezen worden.

Tabel 5: Aankomstenpatroon importcontainers scenario A

Dag van de week	Grootte aanmerend schip	Aantal TEU per schip	Variatie in het model
Maandag	104 TEU	55 TEU	50 – 60 TEU
Dinsdag	60 TEU	33 TEU	30 – 36 TEU
Woensdag	60 TEU	33 TEU	30 – 36 TEU
Donderdag	104 TEU	55 TEU	50 – 60 TEU
Vrijdag	60 TEU	32 TEU	29 – 35 TEU
Zaterdag	60 TEU	32 TEU	29 – 35 TEU

Bij deze planning kan opgemerkt worden dat de benutting van de schepen veel lager ligt dan de capaciteit (bv. benutting van 55 TEU importcontainers in een schip met capaciteit van 104 TEU). De verklaring hiervoor is dat de overige laadruimte in het schip net zoals in het basisscenario wordt benut door containers van de Luikse overslagterminal die in samenwerking met Haven Genk gebruik maakt van deze drie schepen.

Wanneer deze planning vertaald wordt naar een Excel file, worden de aankomsttijden van de schepen uitgedrukt in uren. De eerste circa 55 TEU aan containers komen aan op maandag om 6:00u. Vierentwintig uur later (dinsdag om 6:00u) komt de tweede lading van gemiddeld 33 TEU aan. De volgende ladingen containers komen aan op woensdag, donderdag- en vrijdagochtend, telkens om 6:00u. Tenslotte komt de laatste lading van de week van 32 TEU aan op zaterdag om 6:00u. Het aankomstenpatroon van importcontainers in de weken die daarop volgen, wordt op analoge manier opgebouwd.

Wat het laadproces van exportcontainers betreft, komt ook 12500 TEU op jaarbasis of 240 TEU op weekbasis aan. Aangezien er aan het aantal en de capaciteit van vrachtwagens en treinen niets verandert in dit scenario, kan net zoals in het basisscenario gemiddeld 48 TEU worden toegewezen aan maandag, dinsdag, woensdag, donderdag en vrijdag. De Excel file uit het basisscenario dat het aankomstenpatroon van treinen/vrachtwagens bevat, kan dus in dit scenario onveranderd opnieuw gebruikt worden.

6.4.1 Optimistisch subscenario

In een optimistisch subscenario worden de drie schepen van scenario A behouden, maar stijgt het containervolume naar 40000 TEU op jaarbasis, een stijging van 60% ten opzichte van het basis niveau. Hiervan kan 20000 TEU worden toegewezen aan het losproces en 20000 TEU aan het laadproces. Om dit scenario te runnen in Arena dient opnieuw de Excel file met de aankomstpatronen van containers in zowel het laadproces als losproces aangepast te worden.

Ten eerste wordt de Excel file met het aankomstenpatroon van importcontainers aangepast. De aankomst van 20000 TEU importcontainers op jaarbasis komt overeen met circa 384 TEU op weekbasis (20000/52). Net zoals in de basissituatie van scenario A meren de drie schepen van respectievelijk 154 TEU, 60 TEU en 60 TEU aan op maandag, dinsdag, woensdag, donderdag, vrijdag en zaterdag. Rekening houdend met een totaal van 384 TEU op weekbasis kan onderstaande planning opgesteld worden aangaande het aantal TEU dat aan elk van deze aanmeerdagen kan toegewezen worden.

Tabel 6: Aankomstenpatroon importcontainers scenario A optimistisch

Dag van de week	Grootte aanmerend schip	Aantal TEU per schip	Variatie in het model
Maandag	154 TEU	73 TEU	70 – 76 TEU
Dinsdag	60 TEU	60 TEU	55 – 60 TEU
Woensdag	60 TEU	60 TEU	55 – 60 TEU
Donderdag	154 TEU	73 TEU	70 – 76 TEU
Vrijdag	60 TEU	59 TEU	55 – 60 TEU
Zaterdag	60 TEU	59 TEU	55 – 60 TEU

Bij deze planning kan opgemerkt worden dat de schepen van 60 TEU nu niet langer samen met de terminal van Luik kunnen gebruikt worden, aangezien ze volledig benut worden door de importcontainers van Haven Genk. Bovendien wordt de gemiddelde vullingsgraad van het schip van 154 TEU nu opgetrokken naar de volledige 154 TEU, in tegenstelling tot de huidige 104 TEU met een buffer van 50 TEU. Deze wijziging heeft als doel gezamenlijk gebruik van dit schip met de Luikse overslagterminal nog steeds mogelijk te maken.

Wanneer deze planning vertaald wordt naar een Excel file worden de aankomsttijden van de schepen uitgedrukt in uren. De eerste circa 73 TEU aan containers komen aan op maandag om 6:00u. Vierentwintig uur later (dinsdag om 6:00u) komt de tweede lading van gemiddeld 60 TEU aan. De volgende ladingen containers komen aan op woensdag-donderdag en vrijdagochtend, telkens om 6:00u. Tenslotte komt de laatste lading van de week van 59 TEU aan op zaterdag. Het aankomstenpatroon van importcontainers in de weken die daarop volgen, wordt op analoge manier opgebouwd.

Wat het laadproces van exportcontainers betreft, komt ook 20000 TEU op jaarbasis of 384 TEU op weekbasis aan. Aangezien er aan het aantal en de capaciteit van vrachtwagens en treinen niets verandert in dit scenario, kan net zoals in de optimistische situatie van het basisscenario gemiddeld 77 TEU worden toegewezen aan maandag, dinsdag, woensdag, donderdag en vrijdag. De Excel file voor de optimistische situatie van het basisscenario dat het aankomstenpatroon van treinen/vrachtwagens bevat, kan dus in dit scenario onveranderd opnieuw gebruikt worden.

6.4.2 Pessimistisch subscenario

In een pessimistisch subscenario worden de drie schepen van scenario A behouden, maar daalt het containervolume naar 20000 TEU op jaarbasis, een daling van 20% ten opzichte van het basis niveau. Hiervan kan 10000 TEU worden toegewezen aan het losproces en 10000 TEU aan het laadproces. Om dit scenario te runnen in Arena dient opnieuw de Excel file met de aankomstpatronen van containers in zowel het laadproces als losproces aangepast te worden.

Ten eerste wordt de Excel file met het aankomstenpatroon van importcontainers aangepast. De aankomst van 10000 TEU importcontainers op jaarbasis komt overeen met circa 192 TEU op weekbasis (10000/52). Net zoals in de basissituatie van scenario A meren de drie schepen aan op maandag, dinsdag, woensdag, donderdag, vrijdag en zaterdag. Rekening houdend met een totaal van 192 TEU op weekbasis kan onderstaande planning opgesteld worden aangaande het aantal TEU dat aan elk van deze aanmeerders kan toegewezen worden.

Tabel 7: Aankomstenpatroon importcontainers scenario A pessimistisch

Dag van de week	Grootte aanmerend schip	Aantal TEU per schip	Variatie in het model
Maandag	104 TEU	55 TEU	50 – 60 TEU
Dinsdag	60 TEU	21 TEU	18 – 24 TEU
Woensdag	60 TEU	21 TEU	18 – 24 TEU
Donderdag	104 TEU	55 TEU	50 – 60 TEU
Vrijdag	60 TEU	20 TEU	17 – 23 TEU
Zaterdag	60 TEU	20 TEU	17 – 23 TEU

Bij deze planning kan opgemerkt worden dat van de schepen van 60 TEU slechts één derde wordt benut. In praktijk zal deze lage benutting naar alle waarschijnlijkheid niet realistisch zijn. Het kan dus nuttig zijn voor Haven Genk om naast de samenwerking met de overslagterminal van Luik nog op zoek te gaan naar een andere partner opdat de volledige capaciteit van beide schepen van 60 TEU kan benut worden. Wat het schip van 154 TEU betreft, wordt opnieuw zoals in het basissituatie van 12500 TEU op jaarbasis gemiddeld 104 TEU van het schip benut in samenwerking met de Luikse terminal rekening houdend met een buffer van 50 TEU.

Wanneer deze planning vertaald wordt naar een Excel file worden de aankomsttijden van de schepen uitgedrukt in uren. De eerste circa 55 TEU aan containers komen aan op maandag om 6:00u. Vierentwintig uur later (dinsdag om 6:00u) komt de tweede lading van gemiddeld 21 TEU aan. De volgende ladingen containers komen aan op woensdag-donderdag en vrijdagochtend, telkens om 6:00u. Tenslotte komt de laatste lading van de week van 20 TEU aan op zaterdag. Het aankomstenpatroon van importcontainers in de weken die daarop volgen, wordt op analoge manier opgebouwd.

Wat het laadproces van exportcontainers betreft, komt ook 10000 TEU op jaarbasis of 192 TEU op weekbasis aan. Aangezien er aan het aantal en de capaciteit van vrachtwagens en treinen niets verandert in dit scenario, kan net zoals in de pessimistische situatie van het basisscenario gemiddeld 39 TEU worden toegewezen aan maandag, dinsdag, woensdag, donderdag en vrijdag. De Excel file voor de pessimistische situatie van het basisscenario dat het aankomstenpatroon van treinen/vrachtwagens bevat, kan dus in dit scenario onveranderd opnieuw gebruikt worden.

6.5 Simulatie scenario B

In scenario B wordt één van beide schepen van 154 TEU uit het basisscenario vervangen door slechts één schip van 60 TEU. Het huidige containervolume van 25000 TEU op jaarbasis, waarvan 12500 TEU wordt toegewezen aan het laadproces en 12500 TEU aan het losproces, blijft in dit scenario onveranderd. Om dit scenario te runnen in Arena dient enkel de Excel file met de aankomstpatronen van containers in zowel het laadproces als losproces aangepast te worden in vergelijking met het basisscenario.

Ten eerste wordt de Excel file met het aankomstenpatroon van importcontainers aangepast. De aankomst van 12500 TEU importcontainers op jaarbasis komt overeen met circa 240 TEU op weekbasis ($12500/52$). Aangezien er twee schepen beschikbaar zijn, meren de schepen net zoals in het basisscenario aan op maandag, dinsdag, donderdag en vrijdag. Aan elk van deze aanmeerdagen kan dus 60 TEU ($240/4$) worden toegewezen. Deze situatie komt grotendeels overeen met de Excel file die werd gecreëerd voor het aankomstenpatroon van twee schepen van 154 TEU in het basisscenario. Het enige dat in dit bestand dient veranderd te worden, is dat nu enerzijds wordt gewerkt met random waarden tussen 55 en 65 TEU voor het schip van 154 TEU en anderzijds met waarden tussen 57 en 60 TEU voor het schip van 60 TEU om voldoende variatie in het model te garanderen. Bovendien kan opgemerkt worden dat het schip van 60 TEU niet gezamenlijk met de Luikse overslagterminal kan benut worden, aangezien de capaciteit van dit schip reeds volledig benut wordt door importcontainers van Haven Genk.

Wat het laadproces van exportcontainers betreft, komt ook 12500 TEU op jaarbasis of 240 TEU op weekbasis aan. Aangezien er aan het aantal en de capaciteit van vrachtwagens en treinen niets verandert in dit scenario, kan net zoals in het basisscenario gemiddeld 48 TEU worden toegewezen aan maandag, dinsdag, woensdag, donderdag en vrijdag. De Excel file uit het basisscenario dat het aankomstenpatroon van treinen/vrachtwagens bevat, kan dus in dit scenario onveranderd opnieuw gebruikt worden.

6.5.1 Optimistisch subscenario

In een optimistisch subscenario worden de twee schepen van scenario B behouden, maar stijgt het containervolume naar 40000 TEU op jaarbasis, een stijging van 60% ten

opzichte van het basisniveau. Hiervan kan 20000 TEU worden toegewezen aan het losproces en 20000 TEU aan het laadproces. Om dit scenario te runnen in Arena dient opnieuw de Excel file met de aankomstpatronen van containers in zowel het laadproces als losproces aangepast te worden.

Ten eerste wordt de Excel file met het aankomstenpatroon van importcontainers aangepast. De aankomst van 20000 TEU importcontainers op jaarbasis komt overeen met circa 384 TEU op weekbasis (20000/52). Net zoals in de basissituatie van scenario B meren de twee schepen van respectievelijk 154 TEU en 60 TEU aan op maandag, dinsdag, donderdag en vrijdag. Rekening houdend met een totaal van 384 TEU op weekbasis kan onderstaande planning opgesteld worden aangaande het aantal TEU dat aan elk van deze aanmeerdagen kan toegewezen worden.

Tabel 8: Aankomstenpatroon importcontainers scenario B optimistisch

Dag van de week	Grootte aanmerend schip	Aantal TEU per schip	Variatie in het model
Maandag	154 TEU	132 TEU	130 – 134 TEU
Dinsdag	60 TEU	60 TEU	55 – 60 TEU
Donderdag	154 TEU	132 TEU	130 – 134 TEU
Vrijdag	60 TEU	60 TEU	55 – 60 TEU

Bij deze planning kan opgemerkt worden dat, ten gevolge van het toegenomen containervolume, de twee schepen van respectievelijk 154 TEU en 60 TEU nu niet langer samen met de overslagterminal van Luik kunnen gebruikt worden, aangezien ze volledig benut worden door de importcontainers van Haven Genk. Bovendien wordt de gemiddelde vullingsgraad van het schip van 154 TEU nu opgetrokken naar de volledige 154 TEU, in tegenstelling tot de huidige 104 TEU met een buffer van 50 TEU, om transport van het gestegen containervolume nog steeds mogelijk te maken.

Wanneer deze planning vertaald wordt naar een Excel file worden de aankomsttijden van de schepen uitgedrukt in uren. De eerste circa 132 TEU aan containers komen aan op maandag om 6:00u. Vierentwintig uur later (dinsdag om 6:00u) komt de tweede lading van gemiddeld 60 TEU aan. De volgende ladingen containers komen aan op donderdag- en vrijdagochtend, telkens om 6:00u. Het aankomstenpatroon van containers in de weken die daarop volgen, wordt op analoge manier opgebouwd.

Wat het laadproces van exportcontainers betreft, komt ook 20000 TEU op jaarbasis of 384 TEU op weekbasis aan. Aangezien er aan het aantal en de capaciteit van vrachtwagens en treinen niets verandert in dit scenario, kan net zoals in de optimistische situatie van het basisscenario gemiddeld 77 TEU worden toegewezen aan maandag, dinsdag, woensdag, donderdag en vrijdag. De Excel file voor de optimistische situatie van het basisscenario dat het aankomstenpatroon van treinen/vrachtwagens bevat, kan dus in dit scenario onveranderd opnieuw gebruikt worden.

6.5.2 Pessimistisch subscenario

In een pessimistisch subscenario worden de twee schepen van scenario B behouden, maar daalt het containervolume naar 20000 TEU op jaarbasis, een daling van 20% ten opzichte van het basisniveau. Hiervan kan 10000 TEU worden toegewezen aan het losproces en 10000 TEU aan het laadproces. Om dit scenario te runnen in Arena dient opnieuw de Excel file met de aankomstenpatronen van containers in zowel het laadproces als losproces aangepast te worden.

Ten eerste wordt de Excel file met het aankomstenpatroon van importcontainers aangepast. De aankomst van 10000 TEU importcontainers op jaarbasis komt overeen met circa 192 TEU op weekbasis (10000/52). Net zoals in de basissituatie van scenario B meren de twee schepen aan op maandag, dinsdag, donderdag en vrijdag. Rekening houdend met een totaal van 192 TEU op weekbasis kan onderstaande planning opgesteld worden aangaande het aantal TEU dat aan elk van deze aanmeerdagen kan toegewezen worden.

Tabel 9: Aankomstenpatroon importcontainers scenario B pessimistisch

Dag van de week	Grootte aanmerend schip	Aantal TEU per schip	Variatie in het model
Maandag	104 TEU	55 TEU	50 – 60 TEU
Dinsdag	60 TEU	41 TEU	38 – 44 TEU
Donderdag	154 TEU	55 TEU	50 – 60 TEU
Vrijdag	60 TEU	41 TEU	38 – 44 TEU

Bij deze planning kan opgemerkt worden dat, net zoals in de huidige situatie van Haven Genk, de twee schepen van respectievelijk 154 TEU en 60 TEU gezamenlijk met de overslagterminal van Luik kunnen gebruikt worden. Het schip van 60 TEU zal echter

steeds voor twee derde door containers van en voor Haven Genk bezet worden, waardoor de Luikse terminal een kleiner aandeel bezit van dit schip.

Wanneer deze planning vertaald wordt naar een Excel file worden de aankomsttijden van de schepen uitgedrukt in uren. De eerste circa 55 TEU aan containers komen aan op maandag om 6:00u. Vierentwintig uur later (dinsdag om 6:00u) komt de tweede lading van gemiddeld 41 TEU aan. De volgende ladingen containers komen aan op donderdag en vrijdagochtend, telkens om 6:00u. Het aankomstenpatroon van containers in de weken die daarop volgen, wordt op analoge manier opgebouwd.

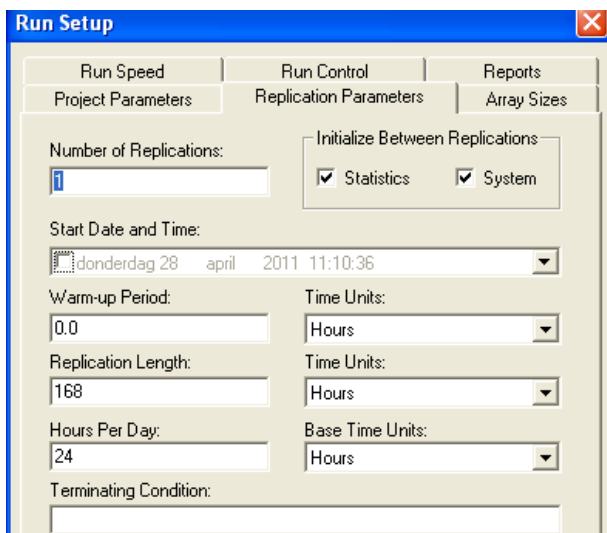
Wat het laadproces van exportcontainers betreft, komt ook 10000 TEU op jaarbasis of 192 TEU op weekbasis aan. Aangezien er aan het aantal en de capaciteit van vrachtwagens en treinen niets verandert in dit scenario, kan net zoals in de pessimistische situatie van het basisscenario gemiddeld 39 TEU worden toegewezen aan maandag, dinsdag, woensdag, donderdag en vrijdag. De Excel file voor de pessimistische situatie van het basisscenario dat het aankomstenpatroon van treinen/vrachtwagens bevat, kan dus in dit scenario onveranderd opnieuw gebruikt worden.

7. BESPREKING ANALYSE RESULTATEN SIMULATIE SCENARIO'S

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de simulatie analyses, uitgevoerd op de verschillende scenario's beschreven in voorgaande paragraaf, besproken in termen van de meest essentiële prestatieparameters. De keuze van deze parameters werd verduidelijkt in de sectie Outputs simulatiemodel in paragraaf 6.2.3 Inputs, resources en outputs van het simulatiemodel Haven Genk. Alvorens de resultaten besproken kunnen worden, dienen eerst echter beslissingen genomen te worden betreffende de replicatie parameters van de simulatieruns. De keuzes die in deze context werden gemaakt, worden dan ook in sectie 7.1 van dit hoofdstuk besproken.

7.1 Replicatie parameters

Om een voldoende realistisch beeld te verkrijgen van de werkelijke situatie te Haven Genk en om een zo stabiel mogelijke simulatie te bekomen, is het noodzakelijk de studie over een aanzienlijke periode te laten lopen. In deze context werd voor dit simulatie onderzoek gekozen voor een periode van tien weken, wat overeenkomt met 1680 uren. Elke week wordt apart gesimuleerd en kan dus beschouwd worden als een afzonderlijke replicatie van het model met een replicatielengte van 168 uren (7 dagen x 24 uur/dag). Op deze manier kunnen de resultaten over tien weken heen met elkaar vergeleken worden om zo realistische conclusies te trekken over de waardes van prestatieparameters in elk van de scenario's. Onderstaande figuur biedt een weergave van de parameters voor de eerste replicatie (eerste week) in Arena.



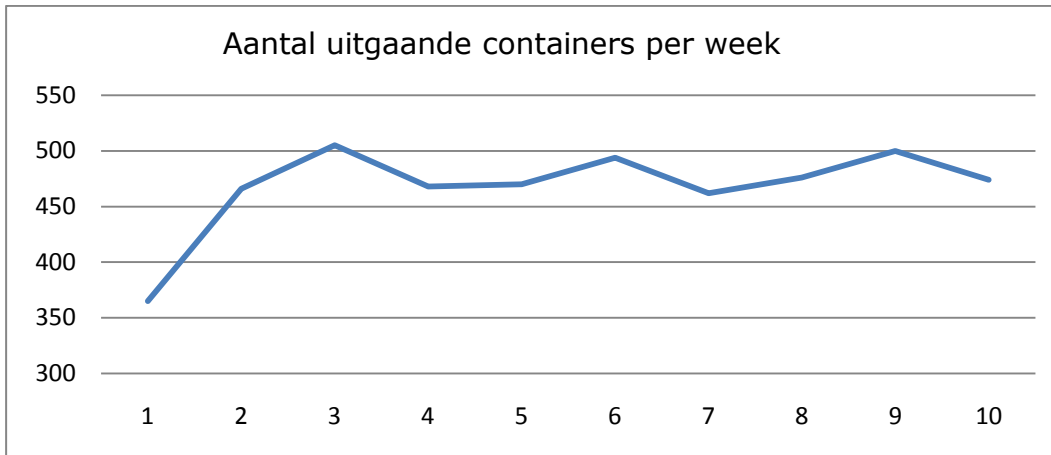
Figuur 44: Replicatie parameters in Arena

Om elke opeenvolgende week apart te simuleren, wordt gebruik gemaakt van een warm-up periode. Deze periode wordt gelijk gesteld aan het aantal weken, uitgedrukt in uren, dat vóór de gesimuleerde week reeds heeft plaatsgevonden. Wanneer bijvoorbeeld de derde week gesimuleerd wordt, kan de warm-up periode gelijk gesteld worden aan twee weken of 336 uren. Door gebruik te maken van een warm-up periode is het mogelijk elke week apart te simuleren en toch rekening te houden met containers die eventueel op het einde van de vorige week nog niet werden getransporteerd uit de haven. Zonder deze warm-up periode zou de gesimuleerde haven elke week zonder containers starten, wat niet overeenstemt met de werkelijkheid.

7.2 Resultaten basisscenario

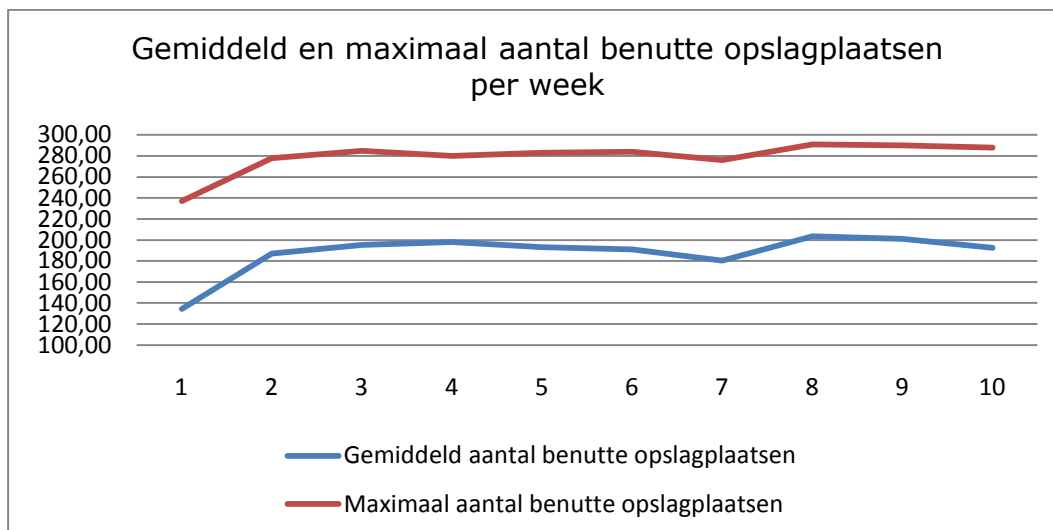
In deze paragraaf worden de analyse resultaten besproken van de simulatie van de huidige situatie van Haven Genk, ook basisscenario genoemd. Een eerste groep van parameters die wordt besproken, is de benutting van de verschillende resources opslagplaats, overslagkraan en reach stacker. Daarna wordt de algemene doorlooptijd van containers geanalyseerd, samen met de tijd die containers doorbrengen in de verschillende deelprocessen van de overslag. Ten slotte wordt een afweging gemaakt tussen de service (aantal afvaarten) die kan geboden worden met de beschikbare scheepsgroottes en de kost die ermee gepaard gaat. Bij deze analyse resultaten kan algemeen opgemerkt worden dat de resultaten van week 1 best buiten beschouwing worden gelaten wanneer conclusies worden getrokken. Aangezien het simulatiemodel aan het begin nog geen stabiele toestand bereikt heeft, zijn de resultaten van week 1 meestal afwijkend van de andere weken en geven ze een vertekend beeld van de situatie.

Om een globaal beeld te krijgen van de basis situatie van Haven Genk met zijn huidige containervolumes en scheepsgroottes, biedt onderstaande grafiek een overzicht van het aantal uitgaande containers per week in het basisscenario. Dit aantal schommelt steeds rond 480 (25000/52), wat overeenstemt met de via Haven Genk verworven inputgegevens van 25000 overgeslagen containers op jaarniveau.



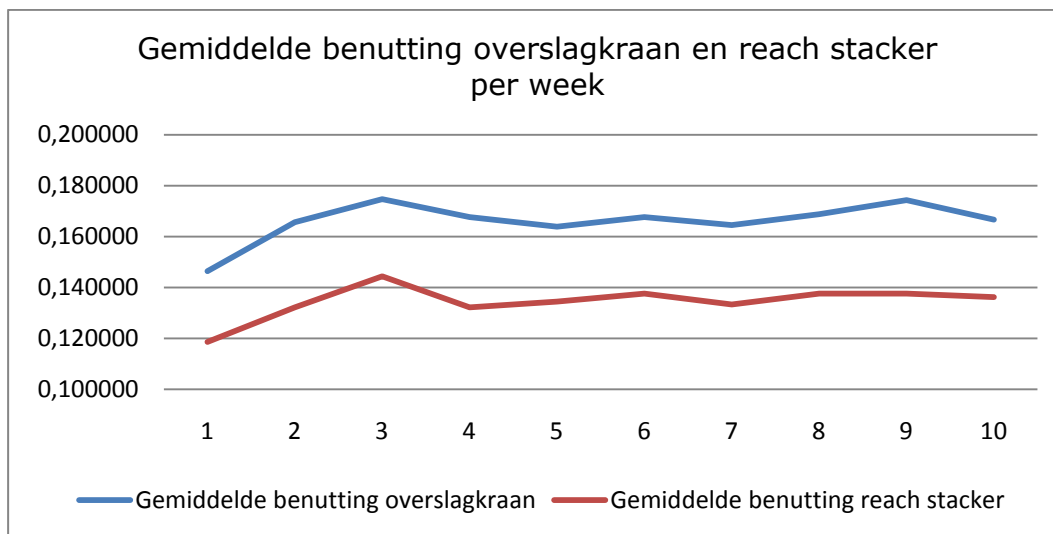
Figuur 45: Aantal uitgaande containers per week

Wanneer naar de benutting van de resources wordt gekeken, kunnen de volgende resultaten uit de simulatie worden afgeleid voor het gebruik van de opslagplaatsen in de stack, de overslagkraan en de reach stacker. In eerste instantie geeft Figuur 46 weer hoeveel opslagplaatsen er op weekniveau gemiddeld en maximaal worden benut in de stack. Hierbij kan algemeen opgemerkt worden dat de beschikbare capaciteit van 20000 TEU sterk onderbenut wordt. De reden hiervoor is dat het simulatiemodel enkel rekening houdt met de containers die worden getransporteerd via binnenvaart. De talrijke containers die enkel via weg- of treintransport hun eindbestemming bereiken, worden niet opgenomen in het model. Zoals aangegeven op de figuur ligt het gemiddeld aantal benutte opslagplaatsen op weekniveau steeds tussen de 180 en 200, wat erop wijst dat gemiddeld circa 40% ($200/480$) van de containers die op weekniveau verwerkt worden, opgeslagen liggen in de stack. Wanneer in deze context wordt gekeken naar het maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week, kan uit de figuur afgeleid worden dat dit steeds circa 280 bedraagt. Elke week kan het aantal opgeslagen containers dus oplopen tot circa 58% ($280/480$) van het totaal aantal verwerkte containers in die week.



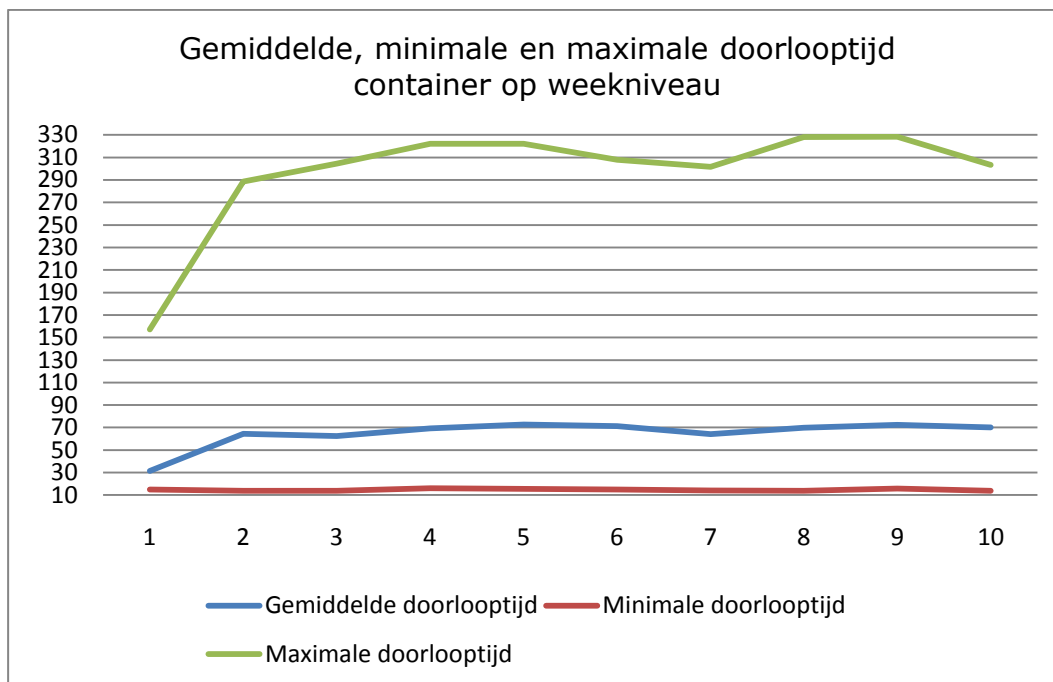
Figuur 46: Gemiddeld en maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week

Vervolgens kan Figuur 47 opgesteld worden voor de benutting van de overslagkraan en de reach stacker op weekniveau. Bij deze grafiek kan ten eerste opgemerkt worden dat de gemiddelde benutting van de overslagkraan, circa 17% over tien weken heen, sterk onder de capaciteit van één ligt. Aangezien deze kraan in de Haven van Genk enkel wordt gebruikt voor het laden en lossen van schepen en alle containers werden opgenomen die per schip worden getransporteerd, kan gesteld worden dat de overslagkraan eerder onderbenut blijft bij het huidige containervolume. Voor de resource reach stacker kan uit de figuur opnieuw opgemerkt worden dat de gemiddelde benutting, circa 14% over tien weken heen, sterk onder de capaciteit van één reach stacker ligt. Hier kan echter wel gesteld worden dat de reach stacker nog gebruikt wordt voor andere doeleinden dan de overslag van containers die worden getransporteerd met de binnenvaart. Reach stackers worden namelijk benut voor de overslag van alle containers op en van een truck of trein ongeacht of deze reeds getransporteerd werden via binnenvaart.



Figuur 47: Gemiddelde benutting overslagkraan en reach stacker per week

Ten tweede wordt de doorlooptijd van containers geanalyseerd, een parameter die door Haven Genk als essentieel wordt beschouwd voor de efficiëntie van het overslagproces. In eerste instantie geeft Figuur 48 een beeld van de gemiddelde doorlooptijd van zowel import- als exportcontainers. Uit deze figuur blijkt dat zowel een import- als een exportcontainer zich gemiddeld tussen de 65 en de 75 uren in de terminal bevindt, wat overeenkomt met een doorlooptijd van 2,7 tot 3 dagen. Omdat het aantal containers dat zich in de haven bevindt geen constant gegeven is, kunnen er ook piek- en dalwaarden gevonden worden voor de doorlooptijden van containers. Figuur 48 geeft dan ook de minimale, respectievelijk maximale doorlooptijden van een container op weekniveau weer. Hieruit kan afgeleid worden dat containers zich minimaal circa 15 uren (0,6 dagen) en maximaal circa 320 uren (13 dagen) in de terminal bevinden. Deze minimale en maximale waarden kunnen in verband worden gebracht met de triangulaire verdeling die in het Arena model wordt toegekend aan de opslag van lege en volle import- en exportcontainers. Deze verdeling geeft aan dat volle containers minimaal ½ tot maximaal 2 dagen en lege containers minimaal 5 tot maximaal 14 dagen in de stack verblijven. Indien bij deze waarden wat tijd wordt bijgeteld voor de overige deelprocessen, komt men logischerwijs uit bij de minimale en maximale doorlooptijden aangegeven in onderstaande grafiek.



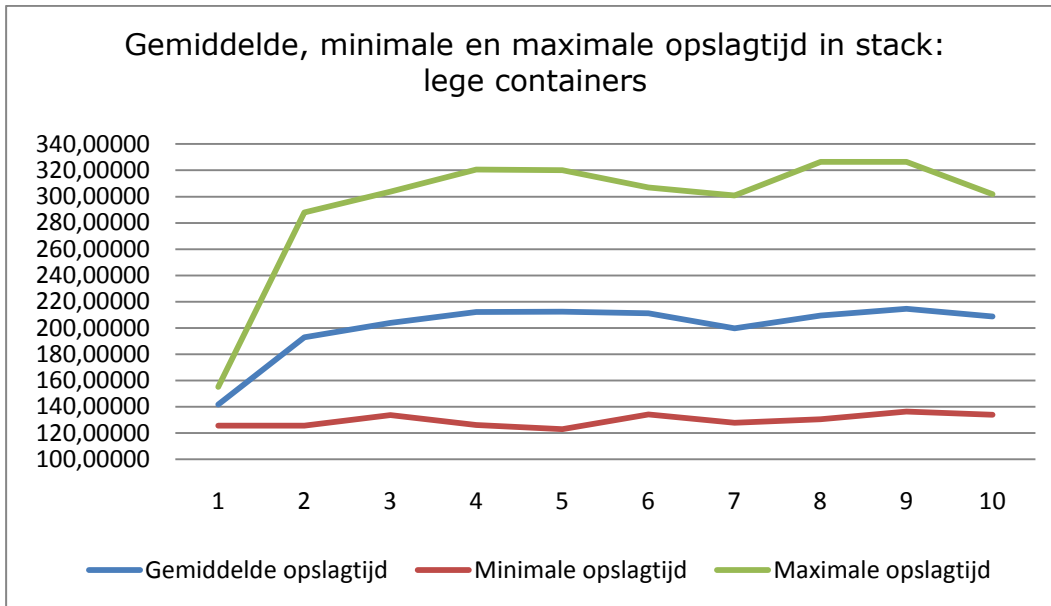
Figuur 48: Gemiddelde, minimale en maximale doorlooptijd container op weekniveau

Gekoppeld aan de doorlooptijden kunnen ook de deelprocestijden bekeken worden om na te gaan welk deelproces het grootste percentage van de totale doorlooptijd voor zijn rekening neemt. Uit een analyse van de gegevens blijkt dat de deelprocessen 'Laden op schip', 'Lossen van schip', 'Laden op andere transportmodi' en 'Lossen van vrachtwagen of trein' steeds dezelfde tijd vragen (gemiddeld, maximum en minimum over alle weken heen constant), zoals weergegeven in onderstaande tabel. Deze gemiddelde procestijden uit onderstaande tabel kunnen in verband gebracht worden met de modellering in Arena. Elk van deze waardes komt namelijk overeen met de waarde die voor elk van deze deelprocessen werd ingegeven bij hun constante verdeling ('Constant Delay Type'), maar nu uitgedrukt in uren in plaats van in minuten. Indien deze waardes worden uitgedrukt als percentage van de totale doorlooptijd kan opgemerkt worden dat slechts circa 0,15% (= 0,068% + 0,084%) van de doorlooptijd van een container kan toegerekend worden aan het laad- en losproces.

Tabel 10: Constante procestijden vier deelprocessen

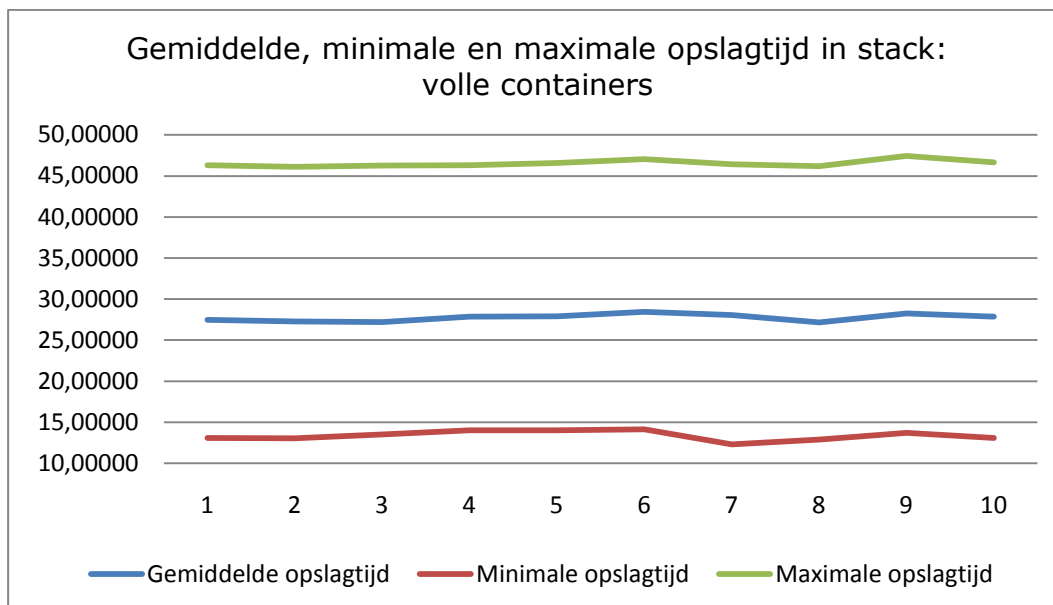
<i>Deelproces</i>	<i>Laden op andere transportmodi</i>	<i>Laden op schip</i>	<i>Lossen van schip</i>	<i>Lossen van vrachtwagen of trein</i>
Gemiddelde procestijd	0,04767	0,05883	0,05883	0,04767
Percentage van gemiddelde totale doorlooptijd (70 u)	0,068%	0,084%	0,084%	0,068%

Het overgrote deel van de doorlooptijd van de container is dus te wijten aan de opslag in de stack. Onderstaande grafieken bieden daarom een weergave van respectievelijk de gemiddelde, minimale en maximale opslagtijd op weekniveau van zowel lege als volle containers. Wat lege containers betreft, kan uit Figuur 49 worden afgeleid dat deze gemiddeld 210 uren (circa 9 dagen) in de stack verblijven. De tijd doorgebracht in de stack kan voor deze containers oplopen tot 310 uren (circa 13 dagen) en bedraagt minimaal om en bij de 130 uren (circa 5,5 dagen). Ook deze waardes kunnen in verband gebracht worden met de waardes die bij de modellering werden ingegeven voor de triangulaire verdeling van de opslagtijd van lege containers: gemiddelde = 168 uren, minimum = 120 uren en maximum = 336 uren. Hierbij kan opgemerkt worden dat lege containers gemiddeld langer in de stack verblijven dan geopperd door de triangulaire verdeling (210 uren versus 168 uren).



Figuur 49: Gemiddelde, minimale en maximale opslagtijd in stack per week: lege containers

Wat volle containers betreft, kan uit Figuur 50 worden afgeleid dat deze gemiddeld 28 uren (circa 1,2 dagen) in de stack verblijven. De tijd doorgebracht in de stack kan voor deze containers oplopen tot 46 uren (circa 1,9 dagen) en bedraagt minimaal om en bij de 14 uren (circa 0,6 dagen). Ook deze waardes kunnen in verband gebracht worden met de waardes die bij de modellering werden ingegeven voor de triangulaire verdeling van de opslagtijd van volle containers: gemiddelde = 24 uren, minimum = 12 uren en maximum = 48 uren. Hierbij kan opnieuw opgemerkt worden dat volle containers gemiddeld langer in de stack verblijven dan geopperd door de triangulaire verdeling (28 uren versus 24 uren).



Figuur 50: Gemiddelde, minimale en maximale opslagtijd in stack per week: volle containers

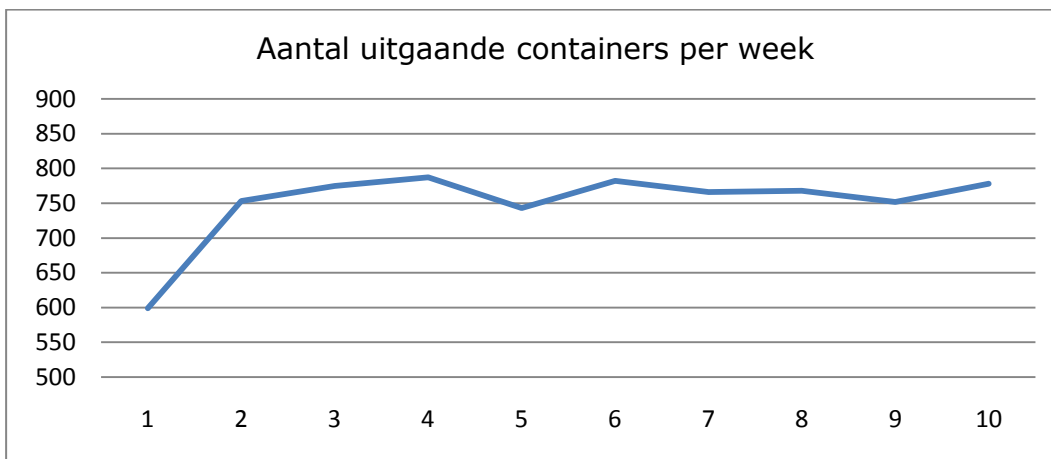
Ten slotte kan een afweging gemaakt worden tussen de service (aantal afvaarten) die kan geboden worden met de huidige scheepsgroottes en de kost die ermee gepaard gaat. In dit basisscenario wordt de binnenvaartfunctie van Haven Genk verzorgd door twee schepen van elk 154 TEU, waardoor een service van vier afvaarten per week kan geboden worden aan de klant. Kosten die verbonden kunnen worden aan dit scenario zijn de volgende. In eerste instantie kan een dagelijkse kost van €1900 worden toegewezen aan elk schip van 154 TEU. Daarnaast dient rekening gehouden te worden met de kost van verbruikte brandstof. Deze bedraagt €0,68/liter, wat neerkomt op een wekelijkse kost van €646/schip gegeven dat een schip circa 950 liter verbruikt op weekniveau. Op weekbasis kan dus een kost van €12046 (=€1900 * 6 werkdagen + €646) toegewezen worden aan één schip of dus €24092 aan de twee schepen die Haven Genk op dit moment gebruikt. Deze kost versus service verhouding kan in de komende scenario's en subscenario's, in een context van veranderende transportvolumes, beoordeeld worden op efficiëntie.

7.2.1 Resultaten optimistisch subscenario

In deze paragraaf worden de analyse resultaten besproken van het optimistische basisscenario waarin het containervolume met 60% stijgt ten opzichte van de basissituatie. Prestatieparameters die worden besproken zijn analoog aan de

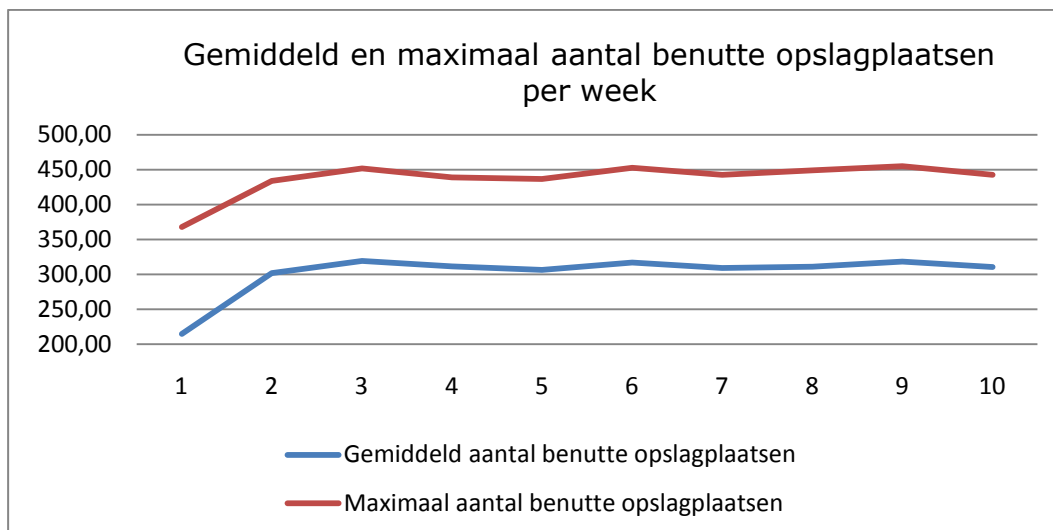
basissituatie. Bovendien wordt de bespreking van deze parameters aangevuld met een vergelijking ten opzichte van de basissituatie.

Om te beginnen kan onderstaande grafiek opnieuw een globaal beeld geven van de situatie van Haven Genk met zijn huidige scheepsgroottes en optimistische containervolumes aan de hand van het aantal uitgaande containers per week. Dit aantal schommelt steeds rond 770 ($40000/52$), wat overeenstemt met de via Haven Genk verworven optimistische inputgegevens van 40000 overgeslagen containers op jaarniveau.



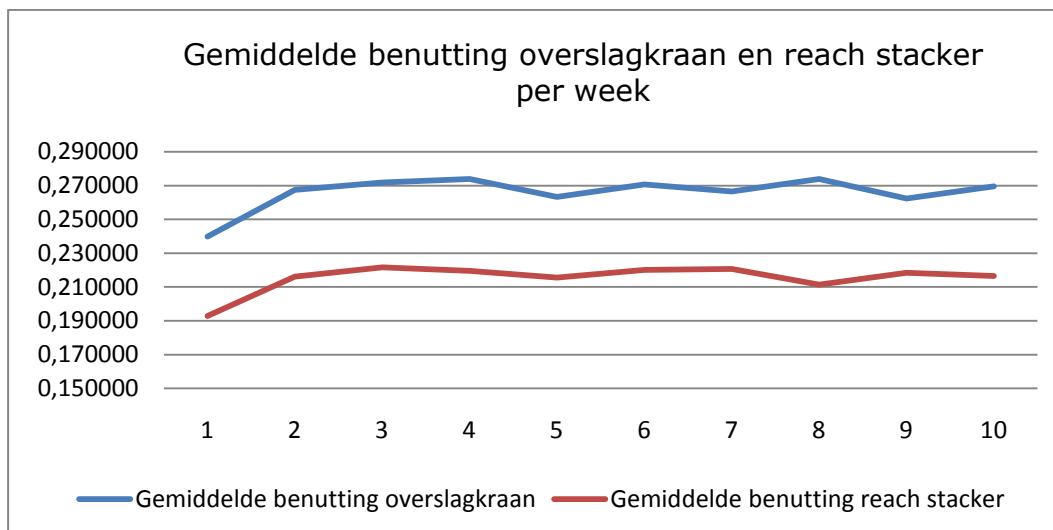
Figuur 51: Aantal uitgaande containers per week

Wanneer naar de benutting van de resources wordt gekeken, kunnen de volgende resultaten uit de simulatie worden afgeleid voor het gebruik van de opslagplaatsen in de stack, de overslagkraan en de reach stacker. In eerste instantie geeft Figuur 52 weer hoeveel opslagplaatsen er op weekniveau gemiddeld en maximaal worden benut in de stack. Zoals aangegeven op de figuur ligt het gemiddeld aantal benutte opslagplaatsen op weekniveau steeds tussen de 300 en 320. Indien dit vergeleken wordt met de basissituatie (gemiddeld 190 benutte opslagplaatsen), kan afgeleid worden dat een stijging van 60% in getransporteerd containervolume leidt tot een stijging van 63% in het gemiddeld aantal benutte opslagplaatsen. Het aantal benutte opslagplaatsen wordt dus op een lineaire manier beïnvloed door een verhoging van het containervolume. Wanneer in deze context wordt gekeken naar het maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week, kan uit de figuur afgeleid worden dat dit steeds circa 450 bedraagt. Uit een vergelijking met de basissituatie (maximaal 280 benutte opslagplaatsen), blijkt dat ook het maximaal aantal benutte opslagplaatsen op een lineaire manier beïnvloed wordt door een stijgend containervolume.



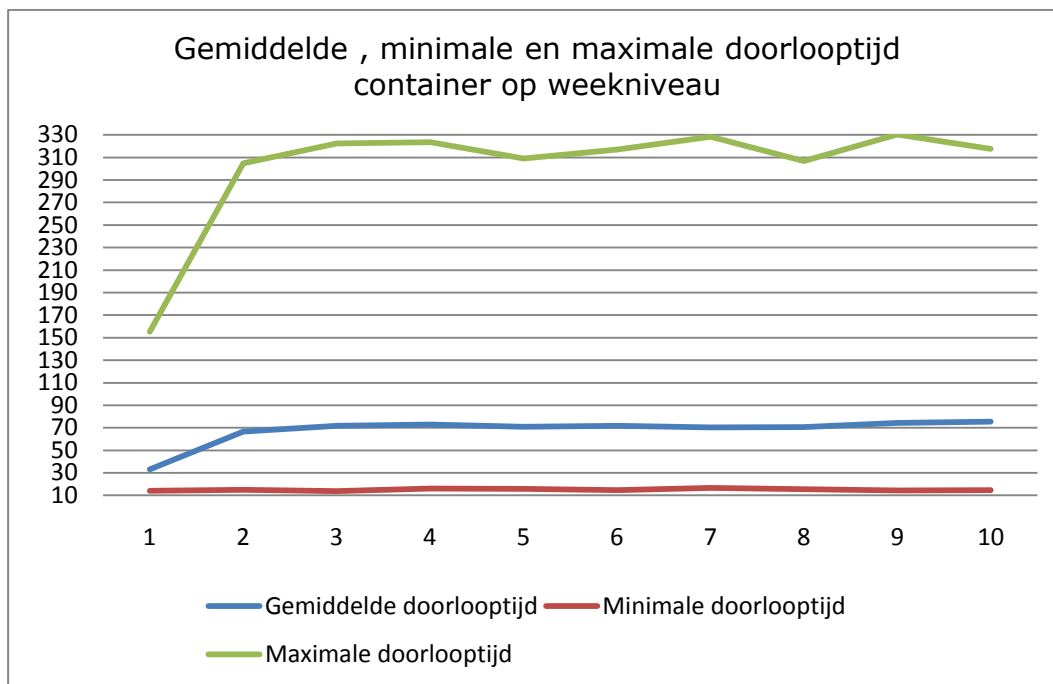
Figuur 52: Gemiddeld en maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week

Vervolgens kan Figuur 53 opgesteld worden voor de benutting van de overslagkraan en de reach stacker op weekniveau. Bij deze grafiek kan ten eerste opgemerkt worden dat de gemiddelde benutting van de overslagkraan, circa 27% over tien weken heen, sterk onder de capaciteit van één ligt. In vergelijking met de basissituatie is deze parameter gestegen met 10 procentpunten, wat overeenkomt met een stijging van circa 60%. De benutting van de overslagkraan wordt dus, net zoals de benutting van de resource opslagplaats, op een lineaire manier beïnvloed door een verhoging van het containervolume (containervolume +60% → benutting +60%). Voor de resource reach stacker kan uit de figuur opgemerkt worden dat de gemiddelde benutting, circa 22% over tien weken heen, sterk onder de capaciteit van één reach stacker ligt. In vergelijking met de basissituatie is deze parameter gestegen met 8 procentpunten, wat overeenkomt met een stijging van circa 57%. Ook de benutting van de reach stacker wordt dus op een lineaire manier beïnvloed door een verhoging van het containervolume (containervolume +60% → benutting circa +60%).



Figuur 53: Gemiddelde benutting overslagkraan en reach stacker per week

Ten tweede wordt de doorlooptijd van containers geanalyseerd. In eerste instantie geeft Figuur 54 een beeld van de gemiddelde doorlooptijd van zowel import- als exportcontainers. Uit deze figuur blijkt dat zowel een import- als een exportcontainer zich gemiddeld tussen de 70 en de 75 uren in de terminal bevindt, wat overeenkomt met een doorlooptijd van circa 3 dagen. In vergelijking met de basissituatie blijft de doorlooptijd van zowel import- als exportcontainers onveranderd. De tijd die een container doorbrengt in de terminal wordt dus niet beïnvloed door een veranderend containervolume. Omdat het aantal containers dat zich in de haven bevindt geen constant gegeven is, kunnen er ook piek- en dalwaardes gevonden worden voor de doorlooptijden van containers. Figuur 54 geeft dan ook de minimale, respectievelijk maximale doorlooptijden van een container op weekniveau weer. Hieruit kan afgeleid worden dat containers zich minimaal circa 15 uren (0,6 dagen) en maximaal circa 320 uren (13 dagen) in de terminal bevinden. Deze minimale en maximale waarden kunnen, analoog aan de basissituatie, in verband worden gebracht met de triangulaire verdeling die in het Arena model wordt toegekend aan de opslag van lege en volle import- en exportcontainers. In vergelijking met de basissituatie kan gesteld worden dat, net zoals de gemiddelde doorlooptijd van een container, ook deze minimale en maximale waarden ongewijzigd blijven en dus niet beïnvloed worden door een wijzigend containervolume.



Figuur 54: Gemiddelde, minimale en maximale doorlooptijd container op weekniveau

Gekoppeld aan de doorlooptijden kunnen ook de deelprocestijden bekeken worden om na te gaan welk deelproces het grootste percentage van de totale doorlooptijd voor zijn rekening neemt. Voor de deelprocessen 'Laden op schip', 'Lossen van schip', 'Laden op andere transportmodi' en 'Lossen van vrachtwagen of trein' worden dezelfde constante procestijden waargenomen als in de basissituatie (zie Tabel 10). Aangezien de gemiddelde doorlooptijd van een container bovendien ongewijzigd is gebleven in dit optimistisch scenario, worden ook dezelfde waardes bekomen voor de doorlooptijd percentages van deze deelprocessen. Het overgrote deel van de doorlooptijd van de container is dus ook in dit scenario te wijten aan de opslag in de stack. Wanneer de gemiddelde, minimale en maximale opslagtijden van zowel lege als volle containers vergeleken worden met de waardes uit de basissituatie, blijkt dat ook deze waardes ongewijzigd blijven. De tijd die containers doorbrengen in de stack wordt dus niet beïnvloed door een veranderend containervolume.

Ten slotte kan nog gekeken worden naar de verhouding service (aantal afvaarten) versus kosten verbonden aan de beschikbare scheepsgroottes. Aangezien in dit optimistisch scenario de beschikbare schepen onveranderd blijven in vergelijking met de basissituatie, blijft ook het niveau van service van vier afvaarten en het niveau van kosten van €24092 ongewijzigd. Indien deze verhouding wordt bekeken in de context van container

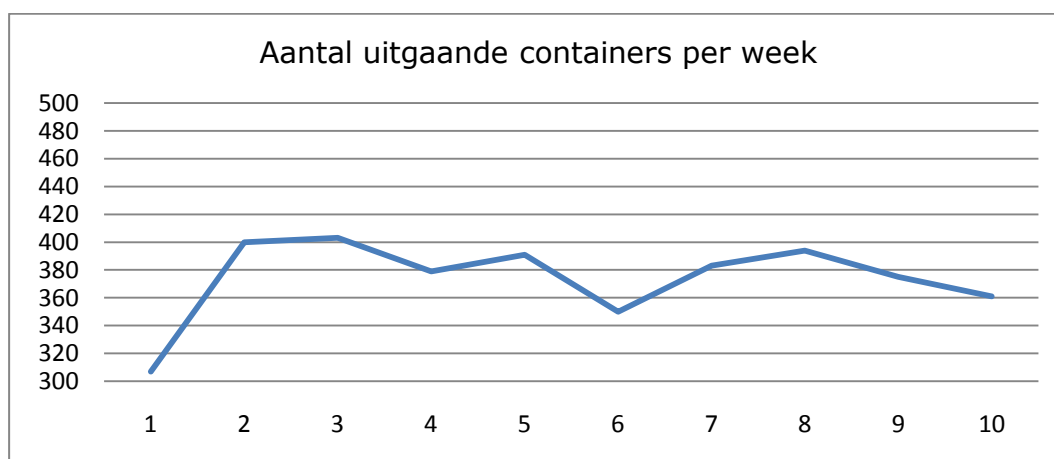
doorlooptijden, een parameter die als essentieel werd beschouwd door Haven Genk, kan gesteld worden dat de efficiëntie van dit subscenario niet verschilt van de basissituatie. Container doorlooptijden en procestijden worden namelijk niet beïnvloed door het stijgende containervolume.

Ter conclusie kan gesteld worden dat een stijging van het containervolume weinig significante veranderingen teweeg brengt in de werking van de containerterminal. De efficiëntie van het overslagproces wordt enkel in termen van benutting van resources beïnvloed door een verhoging van het aantal door de terminal te verwerken containers. Container doorlooptijden en procestijden, parameters die door de haven als meest essentieel worden gezien, worden niet beïnvloed door het stijgende containervolume.

7.2.2 Resultaten pessimistisch subscenario

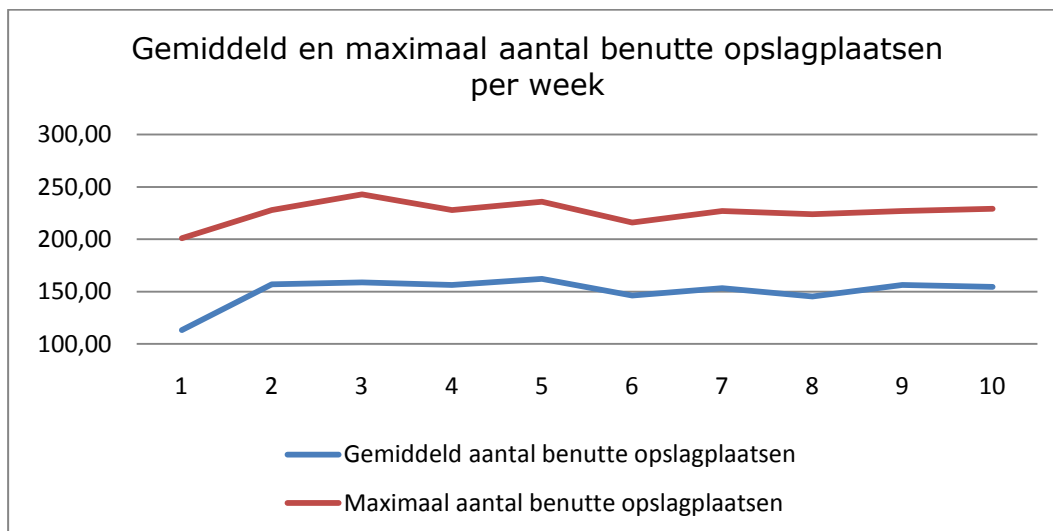
In deze paragraaf worden de analyse resultaten besproken van het pessimistische basisscenario waarin het containervolume met 20% daalt ten opzichte van de basissituatie. Prestatieparameters die worden besproken zijn analoog aan de basissituatie. Bovendien wordt de bespreking van deze parameters aangevuld met een vergelijking ten opzichte van de basissituatie.

Om te beginnen kan onderstaande grafiek opnieuw een globaal beeld geven van de situatie van Haven Genk met zijn huidige scheepsgroottes en pessimistische containervolumes aan de hand van het aantal uitgaande containers per week. Dit aantal schommelt rond 385 (20000/52), met een dal in week 6 tot 350, wat overeenstemt met de pessimistische inputgegevens van 20000 overgeslagen containers op jaarniveau.



Figuur 55: Aantal uitgaande containers per week

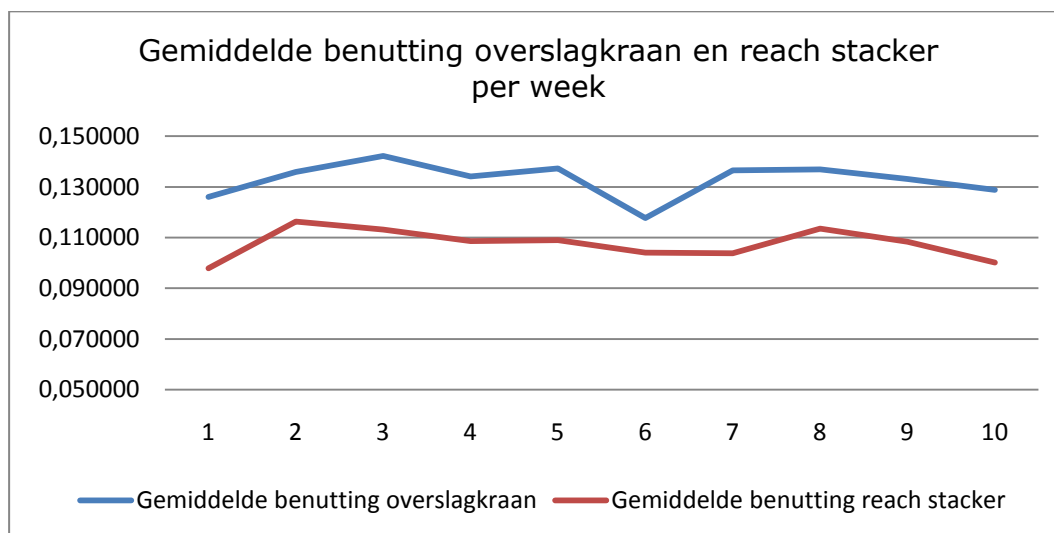
Wanneer naar de benutting van de resources wordt gekeken, kunnen de volgende resultaten uit de simulatie worden afgeleid voor het gebruik van de opslagplaatsen in de stack, de overslagkraan en de reach stacker. In eerste instantie geeft Figuur 56 weer hoeveel opslagplaatsen er op weekniveau gemiddeld en maximaal worden benut in de stack. Zoals aangegeven op de figuur ligt het gemiddeld aantal benutte opslagplaatsen op weekniveau steeds tussen de 150 en 160. Indien dit vergeleken wordt met de basissituatie (gemiddeld 190 benutte opslagplaatsen), kan afgeleid worden dat een daling van 20% in getransporteerd containervolume leidt tot een daling van 18,5% in het gemiddeld aantal benutte opslagplaatsen. Het aantal benutte opslagplaatsen wordt dus op een lineaire manier beïnvloed door een daling van het containervolume. Wanneer in deze context wordt gekeken naar het maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week, kan uit de figuur afgeleid worden dat dit steeds circa 230 bedraagt. Uit een vergelijking met de basissituatie (maximaal 280 benutte opslagplaatsen), blijkt dat ook het maximaal aantal benutte opslagplaatsen op een lineaire manier beïnvloed wordt door een dalend containervolume.



Figuur 56: Gemiddeld en maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week

Vervolgens kan Figuur 57 opgesteld worden voor de benutting van de overslagkraan en de reach stacker op weekniveau. Bij deze grafiek kan ten eerste opgemerkt worden dat de gemiddelde benutting van de overslagkraan, circa 14% over tien weken heen, sterk onder de capaciteit van één ligt. In vergelijking met de basissituatie is deze parameter gedaald met 3 procentpunten, wat overeenkomt met een daling van circa 20%. De benutting van de overslagkraan wordt dus, net zoals de benutting van de resource opslagplaats, op een lineaire manier beïnvloed door een daling van het containervolume

(containervolume -20% → benutting -20%). Voor de resource reach stacker kan uit de figuur opgemerkt worden dat de gemiddelde benutting, circa 11% over tien weken heen, sterk onder de capaciteit van één reach stacker ligt. In vergelijking met de basissituatie is deze parameter gedaald met 3 procentpunten, wat overeenkomt met een daling van circa 22%. Ook de benutting van de reach stacker wordt dus op een lineaire manier beïnvloed door een daling van het containervolume (containervolume -20% → benutting circa -20%).



Figuur 57: Gemiddelde benutting overslagkraan en reach stacker per week

Vervolgens worden de doorlooptijden en procestijden van containers geanalyseerd. Uit de resultaten van de analyse van het optimistisch scenario bleek duidelijk dat de doorlooptijden en procestijden van containers niet beïnvloed worden door veranderingen in het getransporteerd containervolume. In dit pessimistisch scenario kan dus op analoge wijze worden gesteld dat zowel de totale doorlooptijd als de verschillende procestijden van een container niet worden beïnvloed door een dalend containervolume.

Ten slotte kan nog gekeken worden naar de verhouding service (aantal afvaarten) versus kosten verbonden aan de beschikbare scheepsgroottes. Aangezien in dit pessimistisch scenario de beschikbare schepen onveranderd blijven in vergelijking met de basissituatie, blijft ook het niveau van service van vier afvaarten en het niveau van kosten van €24092 ongewijzigd. Indien deze verhouding wordt bekeken in de context van container doorlooptijden, een parameter die als essentieel werd beschouwd door Haven Genk, kan gesteld worden dat de efficiëntie van dit subscenario niet verschilt van de basissituatie.

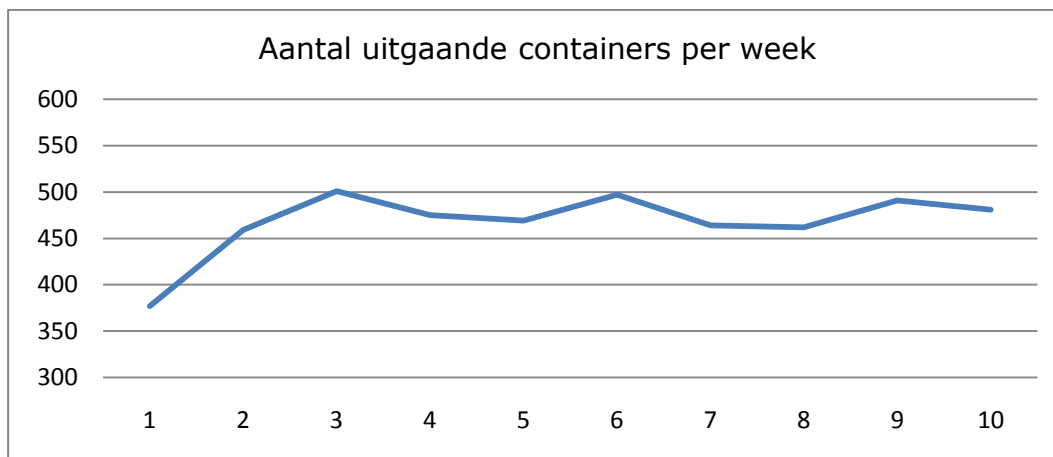
Container doorlooptijden en procestijden worden namelijk niet beïnvloed door het dalende containervolume.

Ter conclusie kan gesteld worden dat ook een daling van het containervolume weinig significante veranderingen teweeg brengt in de werking van de containerterminal. De efficiëntie van het overslagproces wordt enkel in termen van benutting van resources beïnvloed door een daling van het aantal door de terminal te verwerken containers. Container doorlooptijden en procestijden, parameters die door de haven als meest essentieel worden gezien, worden niet beïnvloed door het dalende containervolume.

7.3 Resultaten scenario A

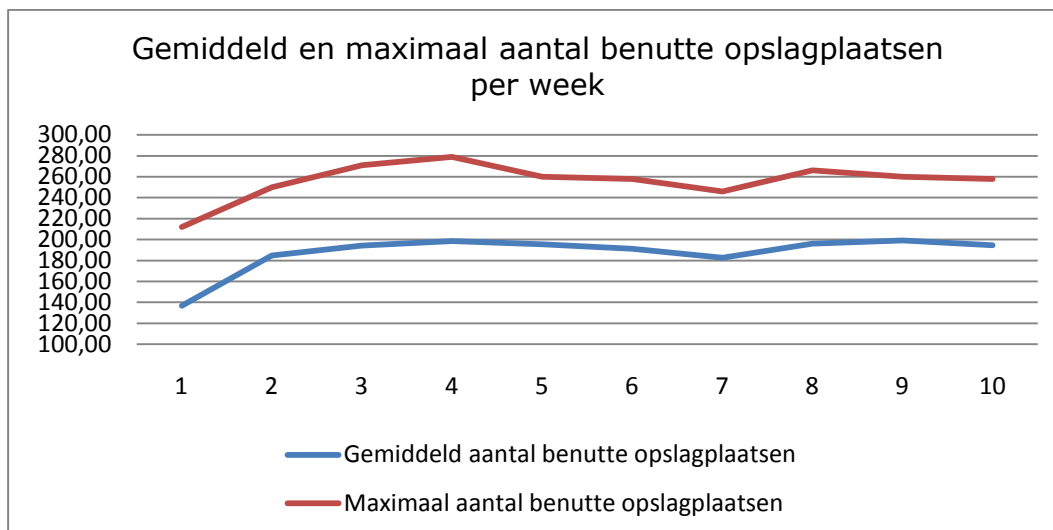
In deze paragraaf worden de analyse resultaten besproken van scenario A, waarin één van de schepen van 154 TEU uit het basisscenario wordt vervangen door twee schepen van 60 TEU. Op deze manier beschikt de haven nu over drie schepen om containers via de binnenvaart te transporteren en kunnen zes afvaarten per week aan de klant worden aangeboden in plaats van de huidige vier. Het containervolume van de basissituatie van 25000 TEU op jaarbasis blijft in dit scenario onveranderd. Prestatieparameters die worden besproken zijn analoog aan het basisscenario. Bovendien wordt de bespreking van deze parameters aangevuld met een vergelijking ten opzichte van het basisscenario.

Om te beginnen kan onderstaande grafiek een globaal beeld geven van de situatie van Haven Genk met drie schepen in plaats van twee en het huidige containervolume van 25000 TEU op jaarbasis aan de hand van het aantal uitgaande containers per week. Dit aantal schommelt rond 480 ($25000/52$), wat overeenstemt met de inputgegevens van 25000 overgeslagen containers op jaarniveau.



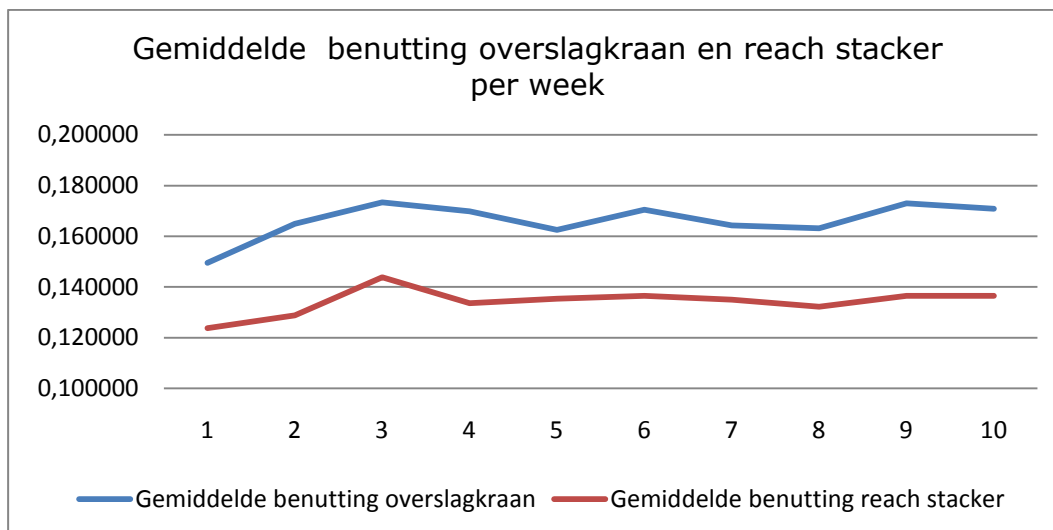
Figuur 58: Aantal uitgaande containers per week

Wanneer naar de benutting van de resources wordt gekeken, kunnen de volgende resultaten uit de simulatie worden afgeleid voor het gebruik van de opslagplaatsen in de stack, de overslagkraan en de reach stacker. In eerste instantie geeft Figuur 59 weer hoeveel opslagplaatsen er op weekniveau gemiddeld en maximaal worden benut in de stack. Hierbij kan algemeen opgemerkt worden dat de beschikbare capaciteit van 20000 TEU sterk onderbenut wordt. Zoals aangegeven op de figuur ligt het gemiddeld aantal benutte opslagplaatsen op weekniveau steeds tussen de 180 en 200. Dit gemiddeld aantal benutte opslagplaatsen per week komt precies overeen met het basisscenario en wordt dus niet beïnvloed door de doorgevoerde verandering in scheepsgroottes. Wanneer in deze context wordt gekeken naar het maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week, kan uit de figuur afgeleid worden dat dit steeds circa 260 bedraagt. In vergelijking met het basisscenario daalt dit dus met 20 opslagplaatsen. Dit betekent dat de doorgevoerde wijziging in scheepsgroottes leidt tot een daling met 7% in het maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week. Deze parameter wordt dus in beperkte mate beïnvloed door de wijziging in scheepsgroottes van scenario A.



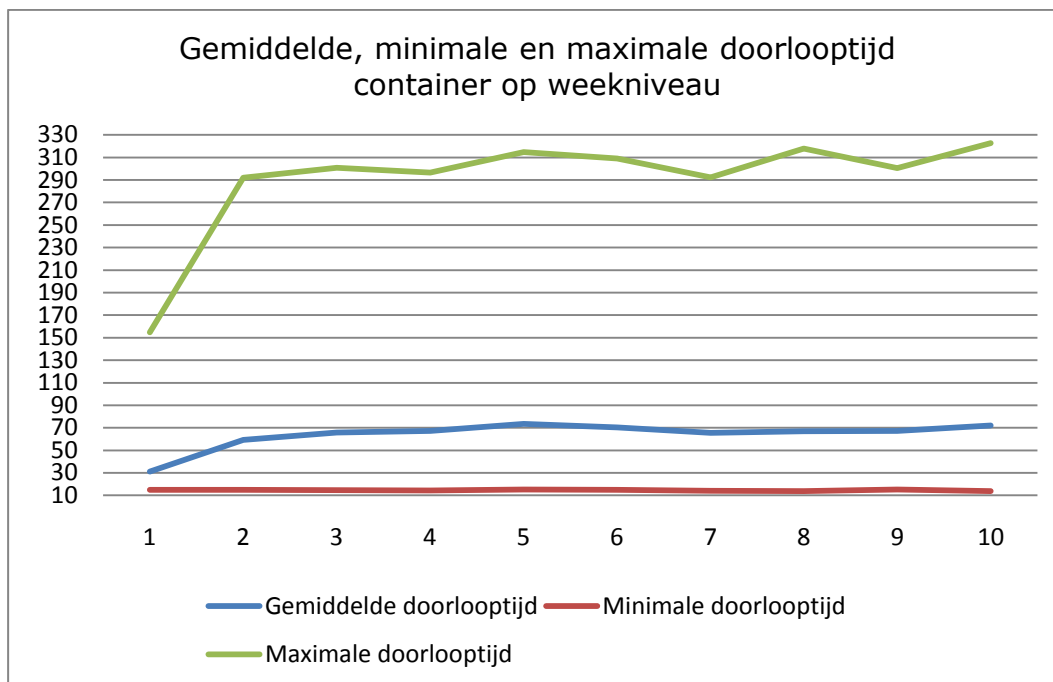
Figuur 59: Gemiddeld en maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week

Vervolgens kan Figuur 60 opgesteld worden voor de benutting van de overslagkraan en de reach stacker op weekniveau. Bij deze grafiek kan ten eerste opgemerkt worden dat de gemiddelde benutting van de overslagkraan, circa 17% over tien weken heen, sterk onder de capaciteit van één ligt. In vergelijking met het basisscenario is deze parameter onveranderd gebleven. De benutting van de overslagkraan wordt dus niet beïnvloed door de in scenario A toegepaste wijziging van de grootte van de schepen gebruikt in de haven. Voor de resource reach stacker kan uit de figuur opgemerkt worden dat de gemiddelde benutting, circa 14% over tien weken heen, sterk onder de capaciteit van één reach stacker ligt. In vergelijking met het basisscenario is ook deze parameter ongewijzigd gebleven. Ook de benutting van de reach stacker wordt dus niet beïnvloed door de in scenario A doorgevoerde wijziging van de grootte van de schepen.



Figuur 60: Gemiddelde benutting overslagkraan en reach stacker per week

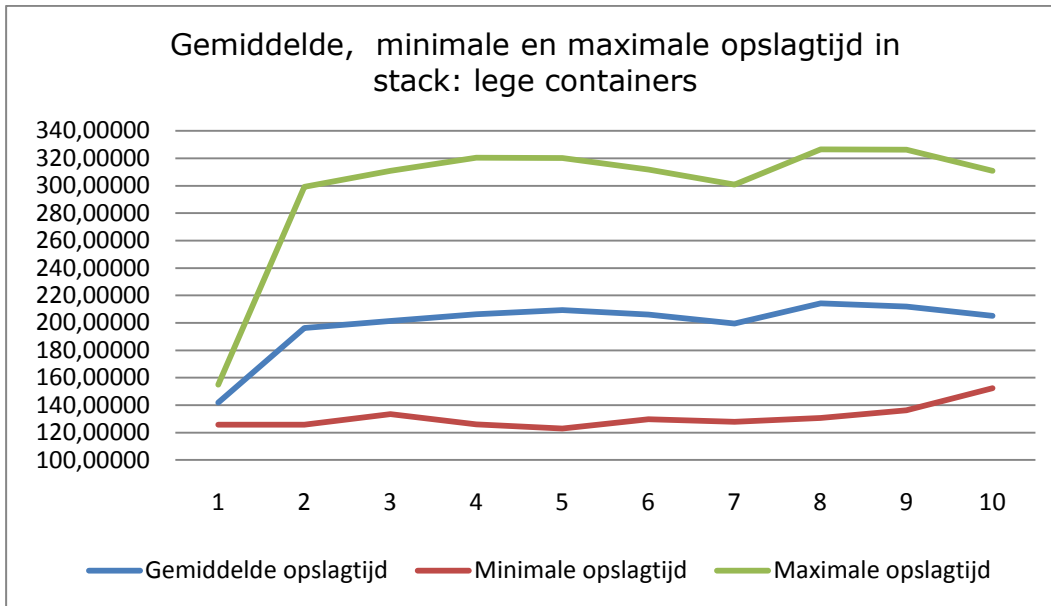
Ten tweede wordt de doorlooptijd van containers geanalyseerd, een parameter die door Haven Genk als essentieel wordt beschouwd voor de efficiëntie van het overslagproces. In eerste instantie geeft Figuur 61 een beeld van de gemiddelde doorlooptijd van zowel import- als exportcontainers. Uit deze figuur blijkt dat zowel een import- als een exportcontainer zich gemiddeld tussen de 65 en de 75 uren in de terminal bevindt, wat overeenkomt met een doorlooptijd van circa 3 dagen. In vergelijking met het basisscenario blijft de doorlooptijd van zowel import- als exportcontainers onveranderd. De tijd die een container doorbrengt in de terminal wordt dus niet beïnvloed door een verandering in de gebruikte scheepsgroottes van twee maal 154 TEU naar tweemaal 60 TEU en eenmaal 154 TEU. Omdat het aantal containers dat zich in de haven bevindt geen constant gegeven is, kunnen er ook piek- en dalwaarden gevonden worden voor de doorlooptijden van containers. Figuur 61 geeft dan ook de minimale, respectievelijk maximale doorlooptijden van een container op weekniveau weer. Hieruit kan afgeleid worden dat containers zich minimaal circa 15 uren (0,6 dagen) en maximaal circa 320 uren (13 dagen) in de terminal bevinden. In vergelijking met het basisscenario kan gesteld worden dat, net zoals de gemiddelde doorlooptijd van een container, ook deze minimale en maximale waarden ongewijzigd blijven en dus niet beïnvloed worden door de in scenario A veranderde scheepsgroottes.



Figuur 61: Gemiddelde, minimale en maximale doorlooptijd container op weekniveau

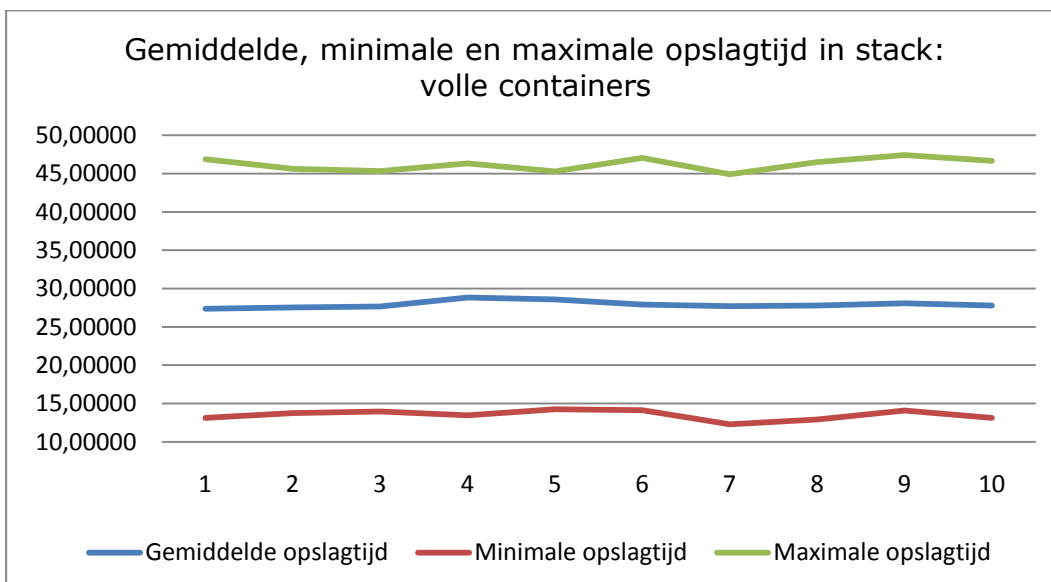
Gekoppeld aan de doorlooptijden kunnen ook de deelprocestijden bekeken worden om na te gaan welk deelproces het grootste percentage van de totale doorlooptijd voor zijn rekening neemt. Voor de deelprocessen 'Laden op schip', 'Lossen van schip', 'Laden op andere transportmodi' en 'Lossen van vrachtwagen of trein' worden dezelfde constante procestijden waargenomen als in het basisscenario (zie Tabel 10). Aangezien de gemiddelde doorlooptijd van een container bovendien ongewijzigd is gebleven in dit scenario A, worden ook dezelfde waarden bekomen voor de doorlooptijd percentages van deze deelprocessen.

Het overgrote deel van de doorlooptijd van de container is dus ook in dit scenario A te wijten aan de opslag in de stack. Onderstaande grafieken bieden daarom een weergave van respectievelijk de gemiddelde, minimale en maximale opslagtijd op weekniveau van zowel lege als volle containers. Wat lege containers betreft, kan uit Figuur 62 worden afgeleid dat deze gemiddeld 210 uren (circa 9 dagen) in de stack verblijven. De tijd doorgebracht in de stack kan voor deze containers oplopen tot 315 uren (circa 13 dagen) en bedraagt minimaal om en bij de 130 uren (circa 5,5 dagen). Ook deze waarden blijven, in vergelijking met het basisscenario, ongewijzigd. De tijd die lege containers doorbrengen in de stack wordt dus niet beïnvloed door de toegepaste wijzigingen in scheepsgroottes.



Figuur 62: Gemiddelde, minimale en maximale opslagtijd in stack per week: lege containers

Wat volle containers betreft, kan uit Figuur 63 worden afgeleid dat deze gemiddeld 28 uren (circa 1,2 dagen) in de stack verblijven. De tijd doorgebracht in de stack kan voor deze containers oplopen tot 46 uren (circa 1,9 dagen) en bedraagt minimaal om en bij de 13 uren (circa 0,5 dagen). Ook deze waarden blijven, in vergelijking met het basisscenario, ongewijzigd. De tijd die volle containers doorbrengen in de stack wordt dus ook niet beïnvloed door de in scenario A toegepaste wijziging in scheepsgroottes.



Figuur 63: Gemiddelde, minimale en maximale opslagtijd in stack per week: volle containers

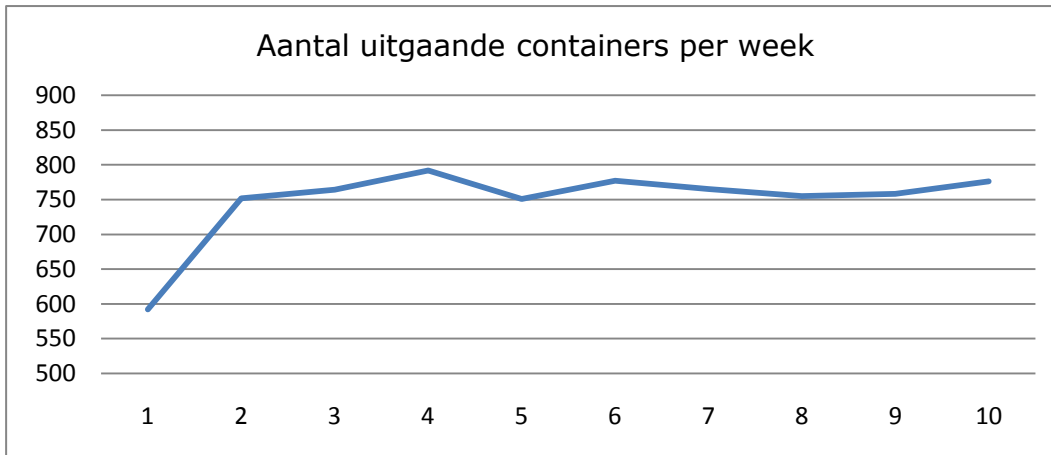
Ten slotte kan een afweging gemaakt worden tussen de service (aantal afvaarten) die kan geboden worden met de scheepsgroottes in dit scenario en de kost die ermee gepaard gaat. In dit scenario A wordt de binnenvaartfunctie van Haven Genk verzorgd door twee schepen van 60 TEU en één schip van 154 TEU, waardoor een service van zes afvaarten per week kan geboden worden aan de klant. Kosten die verbonden kunnen worden aan dit scenario zijn de volgende. In eerste instantie kan een dagelijkse kost van €1750 worden toegewezen aan elk schip van 60 TEU en een dagelijkse kost van €1900 aan het schip van 154 TEU. Daarnaast dient rekening gehouden te worden met de kost van verbruikte brandstof. Deze bedraagt €0,68/liter, wat neerkomt op een wekelijkse kost van €646/schip gegeven dat een schip circa 950 liter verbruikt op weekniveau. Op weekbasis kan dus een kost van €11146 ($=€1750 * 6 \text{ werkdagen} + €646$) toegewezen worden aan elk schip van 60 TEU en een kost van €12046 ($=€1900 * 6 \text{ werkdagen} + €646$) aan het schip van 154 TEU. Dit komt neer op een wekelijkse kost van €34338 ($=€11146 * 2 + €12046$) voor de drie schepen die Haven Genk in dit scenario A gebruikt. Indien deze verhouding van service en kosten wordt vergeleken met die van het basisscenario, kan gesteld worden dat de servicegraad verhoogt met 50%, terwijl het kostenniveau stijgt met 42,5% (€34338 in scenario A versus €24092 in basisscenario). Bovendien kan opgemerkt worden dat de efficiëntie van scenario A weinig verschilt van het basisscenario. Benutting van resources en container doorlooptijden en procestijden worden namelijk niet beïnvloed door de gewijzigde scheepsgroottes.

Ter conclusie kan gesteld worden dat de toegepaste wijziging in scheepsgroottes weinig veranderingen teweeg brengt in de werking van de containerterminal. De efficiëntie van het overslagproces wordt niet beïnvloed door een vervanging van een schip van 154 TEU door twee schepen van 60 TEU. De service - kosten verhouding daarentegen wordt wel beïnvloed. De servicegraad verhoogt namelijk met 50%, terwijl de kosten met 42,5% toenemen en dit in een context van ongewijzigde overslag efficiëntie.

7.3.1 Resultaten optimistisch subscenario A

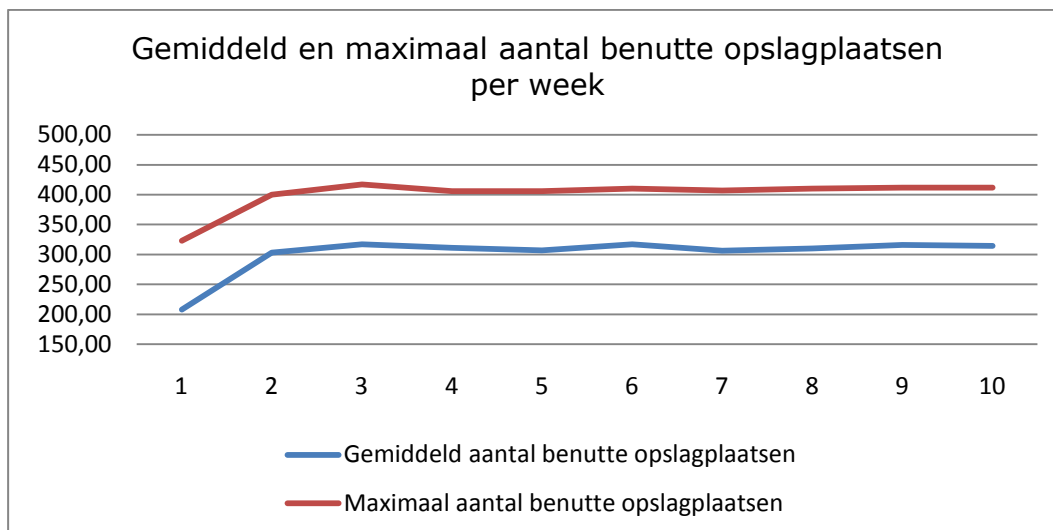
In deze paragraaf worden de analyse resultaten besproken van het optimistische scenario A waarin het containervolume met 60% stijgt ten opzichte van de basissituatie van scenario A. Prestatieparameters die worden besproken zijn analoog aan de basissituatie van scenario A. Bovendien wordt de bespreking van deze parameters aangevuld met een vergelijking ten opzichte van de basissituatie van scenario A.

Om te beginnen kan onderstaande grafiek een globaal beeld geven van de situatie van Haven Genk met de scheepsgroottes van scenario A en optimistische containervolumes aan de hand van het aantal uitgaande containers per week. Dit aantal schommelt steeds rond 770 ($40000/52$), wat overeenstemt met de optimistische inputgegevens van 40000 overgeslagen containers op jaarniveau.



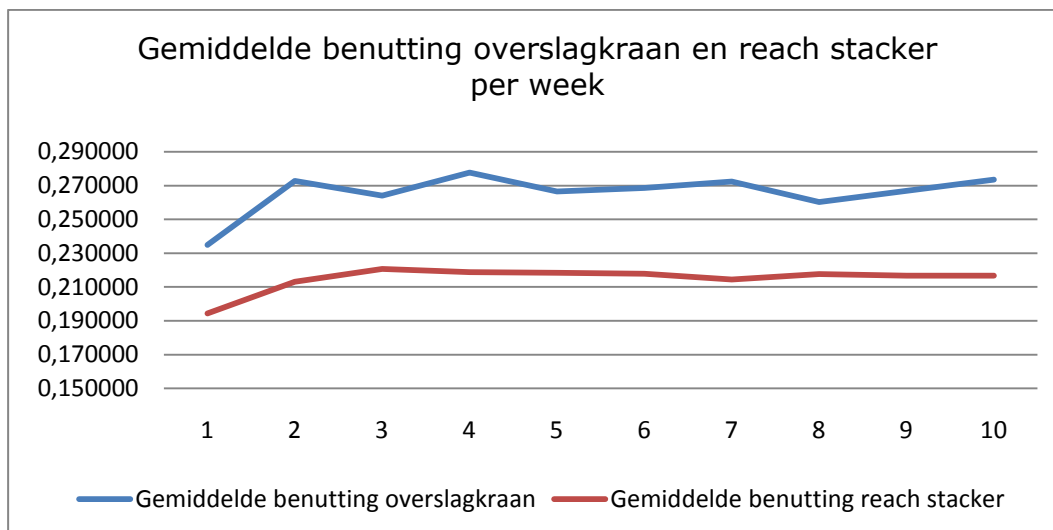
Figuur 64: Aantal uitgaande containers per week

Wanneer naar de benutting van de resources wordt gekeken, kunnen de volgende resultaten uit de simulatie worden afgeleid voor het gebruik van de opslagplaatsen in de stack, de overslagkraan en de reach stacker. In eerste instantie geeft Figuur 64 weer hoeveel opslagplaatsen er op weekniveau gemiddeld en maximaal worden benut in de stack. Zoals aangegeven op de figuur ligt het gemiddeld aantal benutte opslagplaatsen op weekniveau steeds tussen de 300 en 320. Indien dit vergeleken wordt met de basissituatie van scenario A (gemiddeld 190 benutte opslagplaatsen), kan afgeleid worden dat een stijging van 60% in getransporteerd containervolume leidt tot een stijging van 63% in het gemiddeld aantal benutte opslagplaatsen. Het aantal benutte opslagplaatsen wordt dus, net zoals in het basisscenario, ook in scenario A op een lineaire manier beïnvloed door een verhoging van het containervolume. Wanneer in deze context wordt gekeken naar het maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week, kan uit de figuur afgeleid worden dat dit steeds circa 410 bedraagt. Uit een vergelijking met de basissituatie (maximaal 260 benutte opslagplaatsen), blijkt dat ook het maximaal aantal benutte opslagplaatsen op een lineaire manier beïnvloed wordt door een stijgend containervolume.



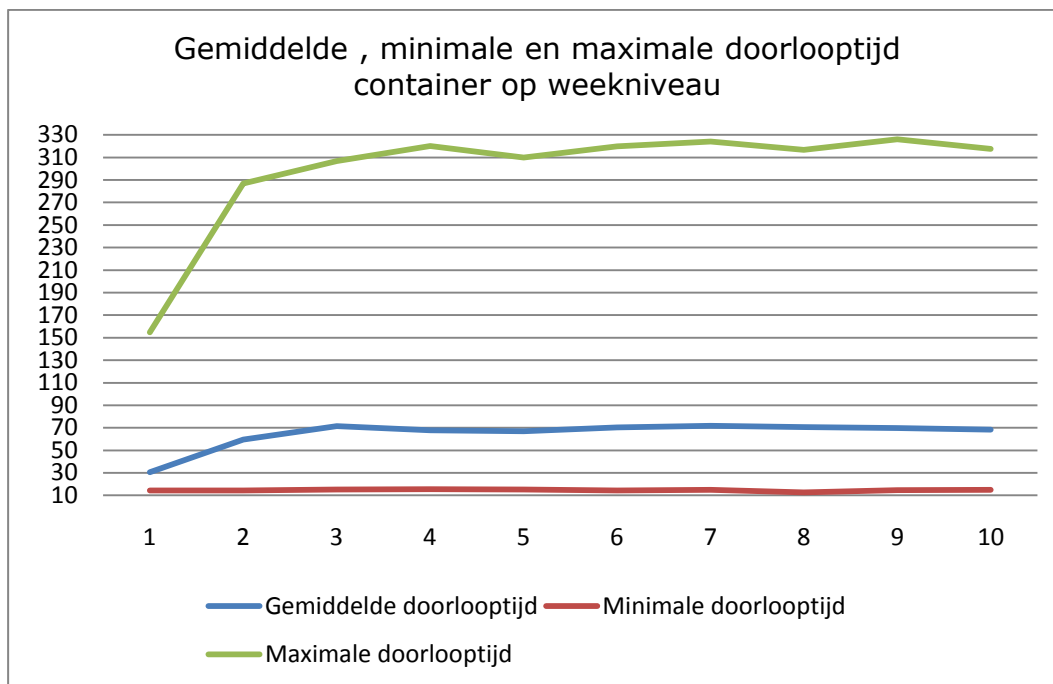
Figuur 65: Gemiddeld en maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week

Vervolgens kan Figuur 66 opgesteld worden voor de benutting van de overslagkraan en de reach stacker op weekniveau. Bij deze grafiek kan ten eerste opgemerkt worden dat de gemiddelde benutting van de overslagkraan, circa 27% over tien weken heen, sterk onder de capaciteit van één ligt. In vergelijking met de basissituatie is deze parameter gestegen met 10 procentpunten, wat overeenkomt met een stijging van circa 60%. De benutting van de overslagkraan wordt dus, net zoals in het basisscenario, op een lineaire manier beïnvloed door een verhoging van het containervolume (containervolume +60% → benutting +60%). Voor de resource reach stacker kan uit de figuur opgemerkt worden dat de gemiddelde benutting, circa 22% over tien weken heen, sterk onder de capaciteit van één reach stacker ligt. In vergelijking met de basissituatie is deze parameter gestegen met 8 procentpunten, wat overeenkomt met een stijging van circa 57%. Ook de benutting van de reach stacker wordt dus, net zoals in het basisscenario, op een lineaire manier beïnvloed door een verhoging van het containervolume (containervolume +60% → benutting circa +60%).



Figuur 66: Gemiddelde benutting overslagkraan en reach stacker per week

Ten tweede wordt de doorlooptijd van containers geanalyseerd. In eerste instantie geeft Figuur 67 een beeld van de gemiddelde doorlooptijd van zowel import- als exportcontainers. Uit deze figuur blijkt dat zowel een import- als een exportcontainer zich gemiddeld 70 uren in de terminal bevindt, wat overeenkomt met een doorlooptijd van circa 3 dagen. In vergelijking met de basissituatie blijft de doorlooptijd van zowel import- als exportcontainers onveranderd. De tijd die een container doorbrengt in de terminal wordt dus ook in scenario A niet beïnvloed door een veranderend containervolume. Omdat het aantal containers dat zich in de haven bevindt geen constant gegeven is, kunnen er ook piek- en dalwaarden gevonden worden voor de doorlooptijden van containers. Figuur 67 geeft dan ook de minimale, respectievelijk maximale doorlooptijden van een container op weekniveau weer. Hieruit kan afgeleid worden dat containers zich minimaal circa 15 uren (0,6 dagen) en maximaal circa 320 uren (13 dagen) in de terminal bevinden. In vergelijking met de basissituatie van scenario A kan gesteld worden dat, net zoals de gemiddelde doorlooptijd van een container, ook deze minimale en maximale waarden ongewijzigd blijven en dus niet beïnvloed worden door een veranderend containervolume.



Figuur 67: Gemiddelde, minimale en maximale doorlooptijd container op weekniveau

Gekoppeld aan de doorlooptijden kunnen ook de deelprocestijden bekeken worden om na te gaan welk deelproces het grootste percentage van de totale doorlooptijd voor zijn rekening neemt. Voor de deelprocessen 'Laden op schip', 'Lossen van schip', 'Laden op andere transportmodi' en 'Lossen van vrachtwagen of trein' worden dezelfde constante procestijden waargenomen als in de basissituatie (zie Tabel 10). Aangezien de gemiddelde doorlooptijd van een container bovendien ongewijzigd is gebleven in dit optimistisch subscenario A, worden ook dezelfde waarden bekomen voor de doorlooptijd percentages van deze deelprocessen. Het overgrote deel van de doorlooptijd van de container is dus ook hier te wijten aan de opslag in de stack. Wanneer de gemiddelde, minimale en maximale opslagtijden van zowel lege als volle containers vergeleken worden met de waarden uit de basissituatie van scenario A, blijkt dat ook deze waarden ongewijzigd blijven. De tijd die containers doorbrengen in de stack wordt dus niet beïnvloed door een veranderend containervolume.

Ten slotte kan nog gekeken worden naar de verhouding service (aantal afvaarten) versus kosten verbonden aan de beschikbare scheepsgroottes van het optimistische subscenario A. Aangezien in dit optimistisch scenario de beschikbare schepen onveranderd blijven in vergelijking met de basissituatie van scenario A, blijft ook het niveau van service van zes afvaarten en het niveau van kosten van €34338 ongewijzigd. Indien deze verhouding

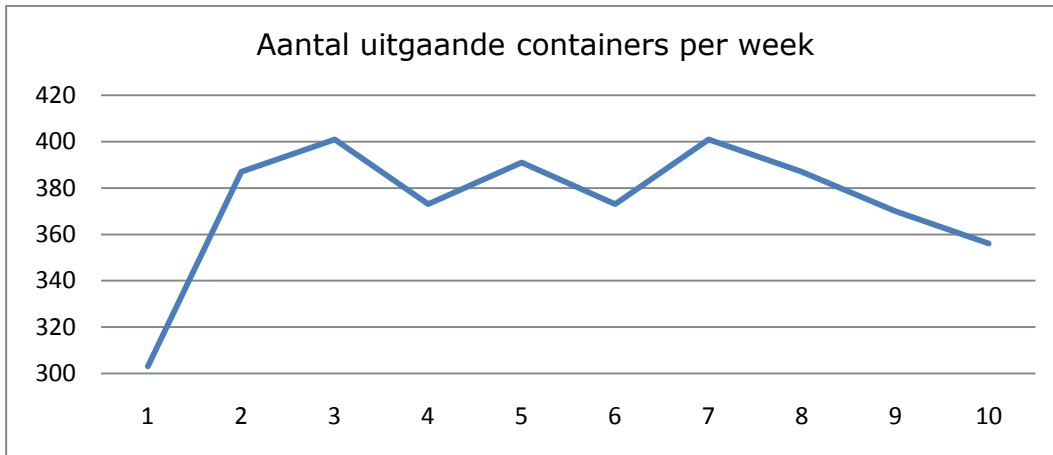
wordt bekeken in de context van container doorlooptijden, een parameter die als essentieel werd beschouwd door Haven Genk, kan gesteld worden dat de efficiëntie van dit subscenario niet verschilt van de basissituatie van scenario A. Container doorlooptijden en procestijden worden namelijk niet beïnvloed door het stijgende containervolume.

Ter conclusie kan gesteld worden dat ook in scenario A een stijging van het containervolume weinig significante veranderingen teweeg brengt in de werking van de containerterminal. De efficiëntie van het overslagproces wordt enkel in termen van benutting van resources beïnvloed door een verhoging van het aantal door de terminal te verwerken containers. Container doorlooptijden en procestijden, parameters die door de haven als meest essentieel worden gezien, worden niet beïnvloed door het stijgende containervolume.

7.3.2 Resultaten pessimistisch subscenario A

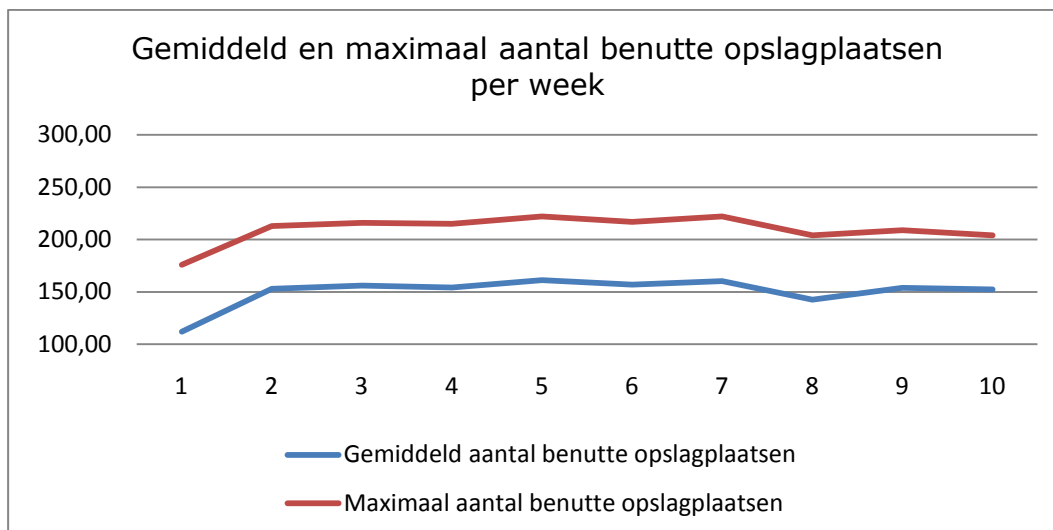
In deze paragraaf worden de analyse resultaten besproken van het pessimistische scenario A waarin het containervolume met 20% daalt ten opzichte van de basissituatie van scenario A. Prestatieparameters die worden besproken zijn analoog aan de basissituatie van scenario A. Bovendien wordt de bespreking van deze parameters aangevuld met een vergelijking ten opzichte van de basissituatie van scenario A.

Om te beginnen kan onderstaande grafiek een globaal beeld geven van de situatie van Haven Genk met de scheepsgroottes van scenario A en pessimistische containervolumes aan de hand van het aantal uitgaande containers per week. Dit aantal schommelt rond 385 (20000/52), wat overeenstemt met de pessimistische inputgegevens van 20000 overgeslagen containers op jaarniveau.



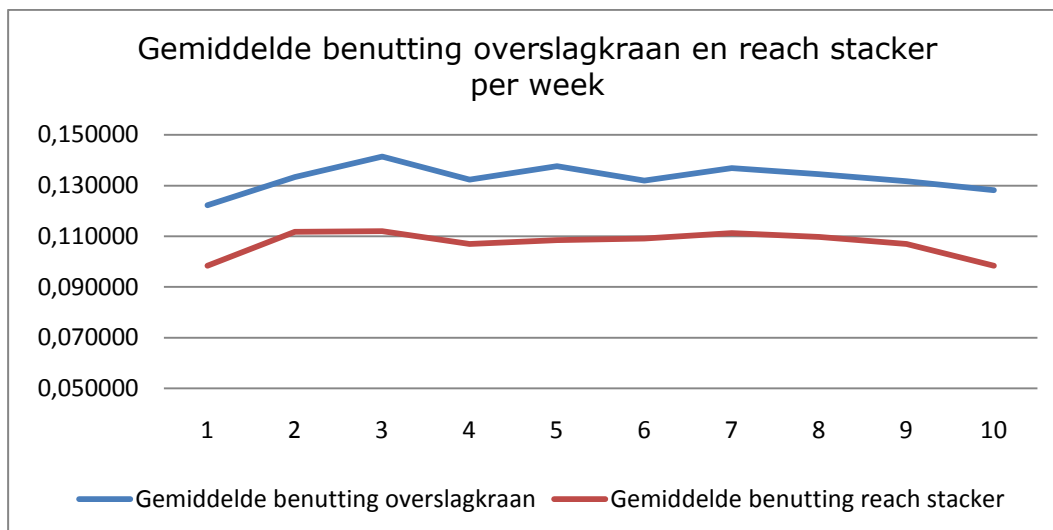
Figuur 68: Aantal uitgaande containers per week

Wanneer naar de benutting van de resources wordt gekeken, kunnen de volgende resultaten uit de simulatie worden afgeleid voor het gebruik van de opslagplaatsen in de stack, de overslagkraan en de reach stacker. In eerste instantie geeft Figuur 69 weer hoeveel opslagplaatsen er op wekniveau gemiddeld en maximaal worden benut in de stack. Zoals aangegeven op de figuur ligt het gemiddeld aantal benutte opslagplaatsen op wekniveau steeds tussen de 150 en 160. Indien dit vergeleken wordt met de basissituatie van scenario A (gemiddeld 190 benutte opslagplaatsen), kan afgeleid worden dat een daling van 20% in getransporteerd containervolume leidt tot een daling van 18,5% in het gemiddeld aantal benutte opslagplaatsen. Het aantal benutte opslagplaatsen wordt dus ook hier op een lineaire manier beïnvloed door een daling van het containervolume. Wanneer in deze context wordt gekeken naar het maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week, kan uit de figuur afgeleid worden dat dit steeds circa 215 bedraagt. Uit een vergelijking met de basissituatie (maximaal 260 benutte opslagplaatsen), blijkt dat ook het maximaal aantal benutte opslagplaatsen op een lineaire manier beïnvloed wordt door een dalend containervolume.



Figuur 69: Gemiddeld en maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week

Vervolgens kan Figuur 70 opgesteld worden voor de benutting van de overslagkraan en de reach stacker op weekniveau. Bij deze grafiek kan ten eerste opgemerkt worden dat de gemiddelde benutting van de overslagkraan, circa 14% over tien weken heen, sterk onder de capaciteit van één ligt. In vergelijking met de basissituatie van scenario A is deze parameter gedaald met 3 procentpunten, wat overeenkomt met een daling van circa 20%. De benutting van de overslagkraan wordt dus, net zoals in het basisscenario, op een lineaire manier beïnvloed door een daling van het containervolume (containervolume -20% → benutting -20%). Voor de resource reach stacker kan uit de figuur opgemerkt worden dat de gemiddelde benutting, circa 11% over tien weken heen, sterk onder de capaciteit van één reach stacker ligt. In vergelijking met de basissituatie van scenario A is deze parameter gedaald met 3 procentpunten, wat overeenkomt met een daling van circa 22%. Ook de benutting van de reach stacker wordt dus, net zoals in het basisscenario, op een lineaire manier beïnvloed door een daling van het containervolume (containervolume -20% → benutting circa -20%).



Figuur 70: Gemiddelde benutting overslagkraan en reach stacker per week

Vervolgens worden de doorlooptijden en procestijden van containers geanalyseerd. Uit de resultaten van de analyse van het optimistisch subscenario bleek duidelijk dat de doorlooptijden en procestijden van containers ook in scenario A niet beïnvloed worden door veranderingen in het getransporteerd containervolume. In dit pessimistisch scenario kan dus op analoge wijze gesteld worden dat zowel de totale doorlooptijd als de verschillende procestijden van een container niet worden beïnvloed door een dalend containervolume.

Ten slotte kan nog gekeken worden naar de verhouding service (aantal afvaarten) versus kosten verbonden aan de beschikbare scheepsgroottes van het pessimistische subscenario A. Aangezien in dit pessimistisch scenario de beschikbare schepen onveranderd blijven in vergelijking met de basissituatie van scenario A, blijft ook het niveau van service van zes afvaarten en het niveau van kosten van €34338 ongewijzigd. Indien deze verhouding wordt bekeken in de context van container doorlooptijden, een parameter die als essentieel werd beschouwd door Haven Genk, kan gesteld worden dat de efficiëntie van dit subscenario niet verschilt van de basissituatie van scenario A. Container doorlooptijden en procestijden worden namelijk niet beïnvloed door het dalende containervolume.

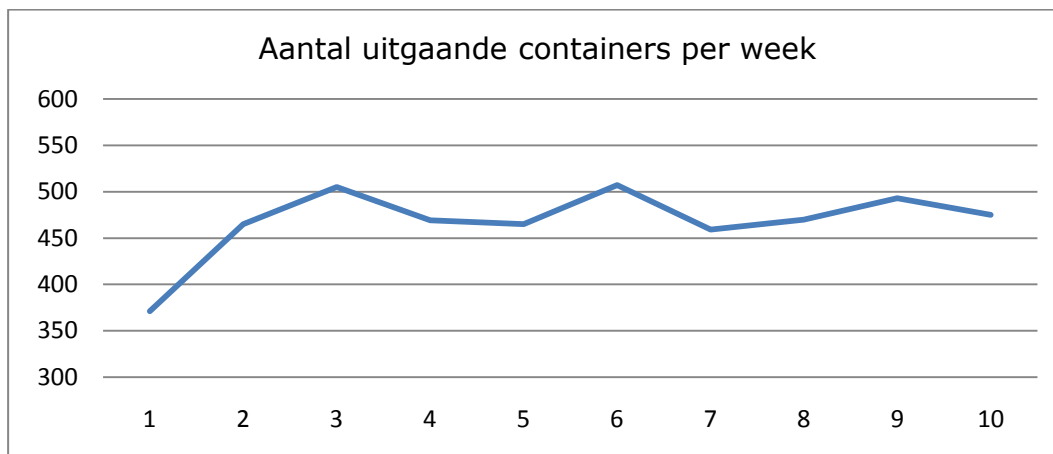
Ter conclusie kan gesteld worden dat ook in scenario A een daling van het containervolume weinig significante veranderingen teweeg brengt in de werking van de containerterminal. De efficiëntie van het overslagproces wordt enkel in termen van

benutting van resources beïnvloed door een daling van het aantal door de terminal te verwerken containers. Container doorlooptijden en procestijden, parameters die door de haven als meest essentieel worden gezien, worden niet beïnvloed door het dalende containervolume.

7.4 Resultaten scenario B

In deze paragraaf worden de analyse resultaten besproken van scenario B, waarin één van de schepen van 154 TEU uit het basisscenario wordt vervangen door één schip van 60 TEU. Op deze manier beschikt de haven nu opnieuw over twee schepen om containers via de binnenvaart te transporteren en kunnen vier afvaarten per week aan de klant worden aangeboden net zoals in het basisscenario. Het containervolume van de basissituatie van 25000 TEU op jaarbasis blijft in dit scenario onveranderd. Prestatieparameters die worden besproken zijn analoog aan het basisscenario. Bovendien wordt de bespreking van deze parameters aangevuld met een vergelijking ten opzichte van het basisscenario.

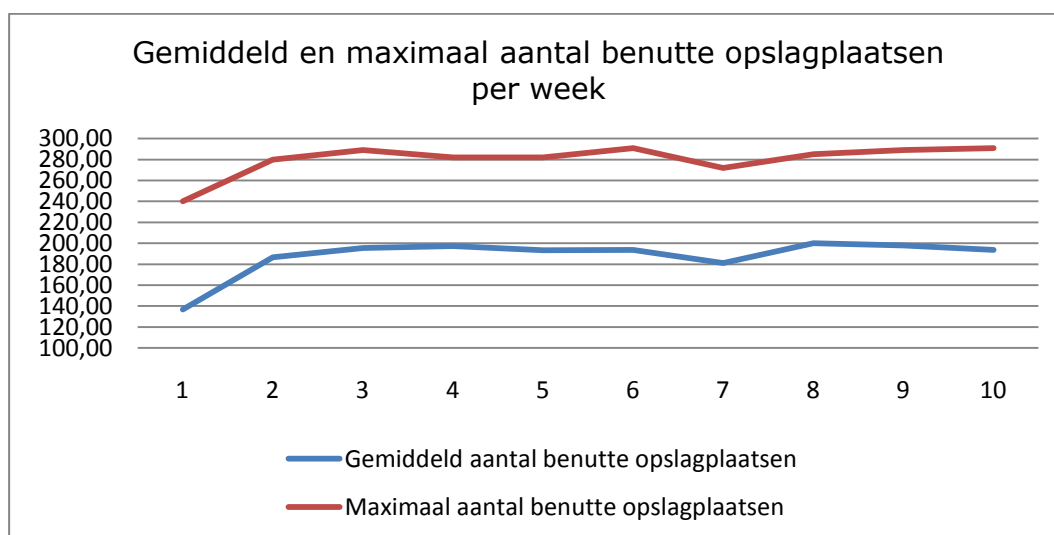
Om te beginnen kan onderstaande grafiek een globaal beeld geven van de situatie van Haven Genk met één schip van 154 TEU en één van 60 TEU in plaats van twee schepen van 154 TEU in combinatie met het huidige containervolume aan de hand van het aantal uitgaande containers per week. Dit aantal schommelt rond 480 (25000/52) wat overeenstemt met de inputgegevens van 25000 overgeslagen containers op jaarniveau.



Figuur 71: Aantal uitgaande containers per week

Wanneer naar de benutting van de resources wordt gekeken, kunnen de volgende resultaten uit de simulatie worden afgeleid voor het gebruik van de opslagplaatsen in de

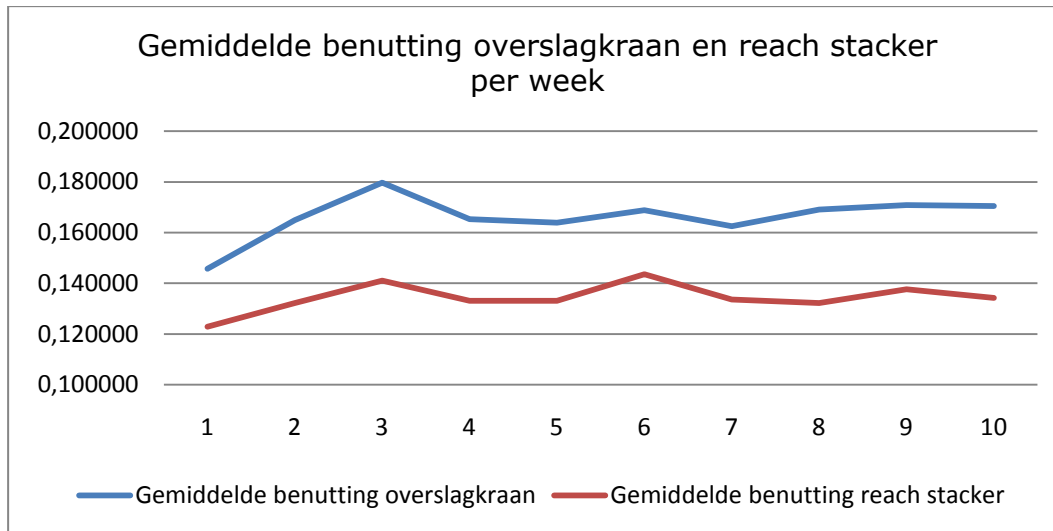
stack, de overslagkraan en de reach stacker. In eerste instantie geeft Figuur 72 weer hoeveel opslagplaatsen er op weekniveau gemiddeld en maximaal worden benut in de stack. Hierbij kan algemeen opgemerkt worden dat de beschikbare capaciteit van 20000 TEU sterk onderbenut wordt. Zoals aangegeven op de figuur ligt het gemiddeld aantal benutte opslagplaatsen op weekniveau steeds tussen de 180 en 200. Het gemiddeld aantal benutte opslagplaatsen per week komt precies overeen met het basisscenario en wordt dus niet beïnvloed door de doorgevoerde verandering in scheepsgroottes. Wanneer in deze context wordt gekeken naar het maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week, kan uit de figuur afgeleid worden dat dit steeds circa 280 bedraagt. In vergelijking met het basisscenario blijft ook deze parameter ongewijzigd. Het maximaal aantal benutte opslagplaatsen wordt dus, in tegenstelling tot in scenario A, niet beïnvloed door de in scenario B doorgevoerde wijziging in scheepsgroottes.



Figuur 72: Gemiddeld en maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week

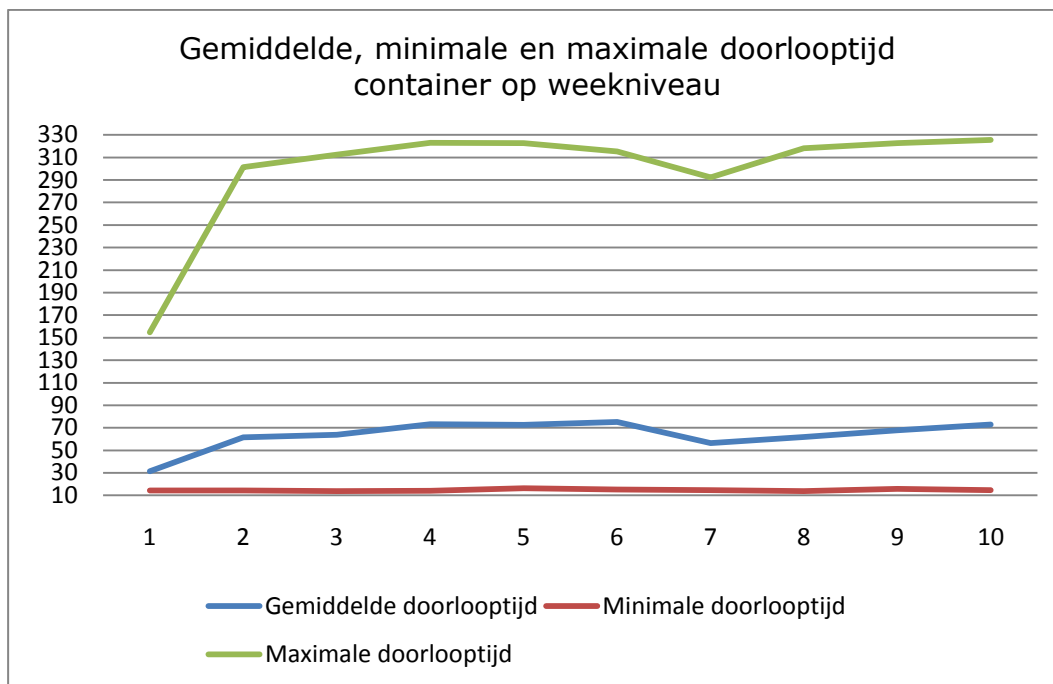
Vervolgens kan Figuur 73 opgesteld worden voor de benutting van de overslagkraan en de reach stacker op weekniveau. Bij deze grafiek kan ten eerste opgemerkt worden dat de gemiddelde benutting van de overslagkraan, circa 17% over tien weken heen, sterk onder de capaciteit van één ligt. In vergelijking met het basisscenario is deze parameter onveranderd gebleven. De benutting van de overslagkraan wordt dus niet beïnvloed door de in scenario B toegepaste wijziging van de grootte van de schepen gebruikt in de haven. Voor de resource reach stacker kan uit de figuur opgemerkt worden dat de gemiddelde benutting, circa 14% over tien weken heen, sterk onder de capaciteit van één reach stacker ligt. In vergelijking met het basisscenario is ook deze parameter

ongewijzigd gebleven. Ook de benutting van de reach stacker wordt dus niet beïnvloed door de in scenario B doorgevoerde wijziging van de grootte van de schepen.



Figuur 73: Gemiddelde benutting overslagkraan en reach stacker per week

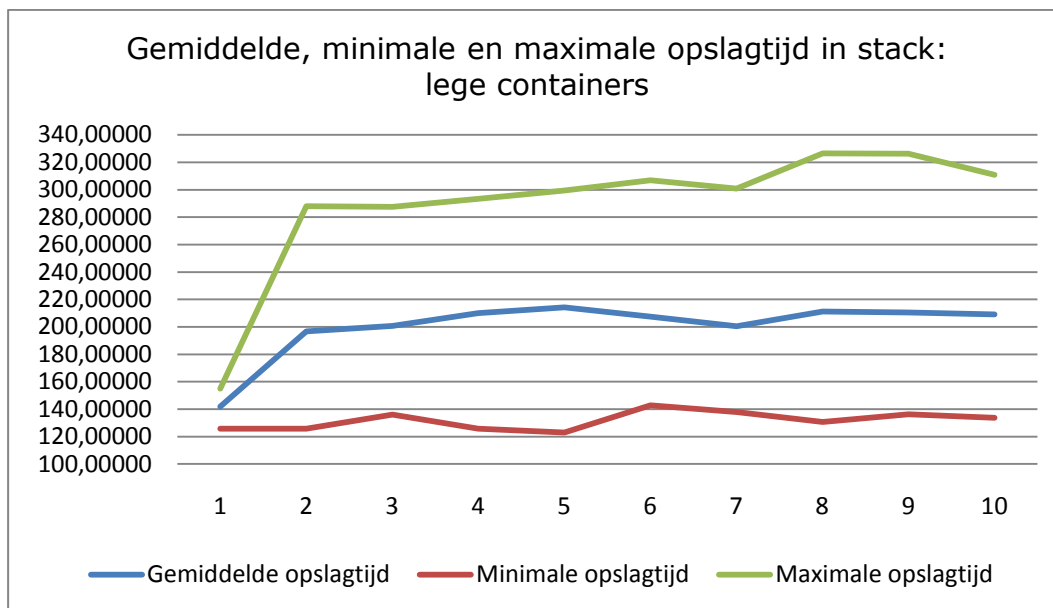
Ten tweede wordt de doorlooptijd van containers geanalyseerd, een parameter die door Haven Genk als essentieel wordt beschouwd voor de efficiëntie van het overslagproces. In eerste instantie geeft Figuur 74 een beeld van de gemiddelde doorlooptijd van zowel import- als exportcontainers. Uit deze figuur blijkt dat zowel een import- als een exportcontainer zich gemiddeld tussen de 65 en de 75 uren in de terminal bevindt wat overeenkomt met een doorlooptijd van circa 3 dagen. In vergelijking met het basisscenario blijft de doorlooptijd van zowel import- als exportcontainers onveranderd. De tijd die een container doorbrengt in de terminal wordt dus niet beïnvloed door een verandering in de gebruikte scheepsgroottes van twee maal 154 TEU naar eenmaal 60 TEU en eenmaal 154 TEU. Omdat het aantal containers dat zich in de haven bevindt geen constant gegeven is, kunnen er ook piek- en dalwaarden gevonden worden voor de doorlooptijden van containers. Figuur 74 geeft dan ook de minimale, respectievelijk maximale doorlooptijden van een container op weekniveau weer. Hieruit kan afgeleid worden dat containers zich minimaal circa 15 uren (0,6 dagen) en maximaal circa 320 uren (13 dagen) in de terminal bevinden. In vergelijking met het basisscenario kan gesteld worden dat, net zoals de gemiddelde doorlooptijd van een container, ook deze minimale en maximale waarden ongewijzigd blijven en dus niet beïnvloed worden door de in scenario B veranderde scheepsgroottes.



Figuur 74: Gemiddelde, minimale en maximale doorlooptijd container op weekniveau

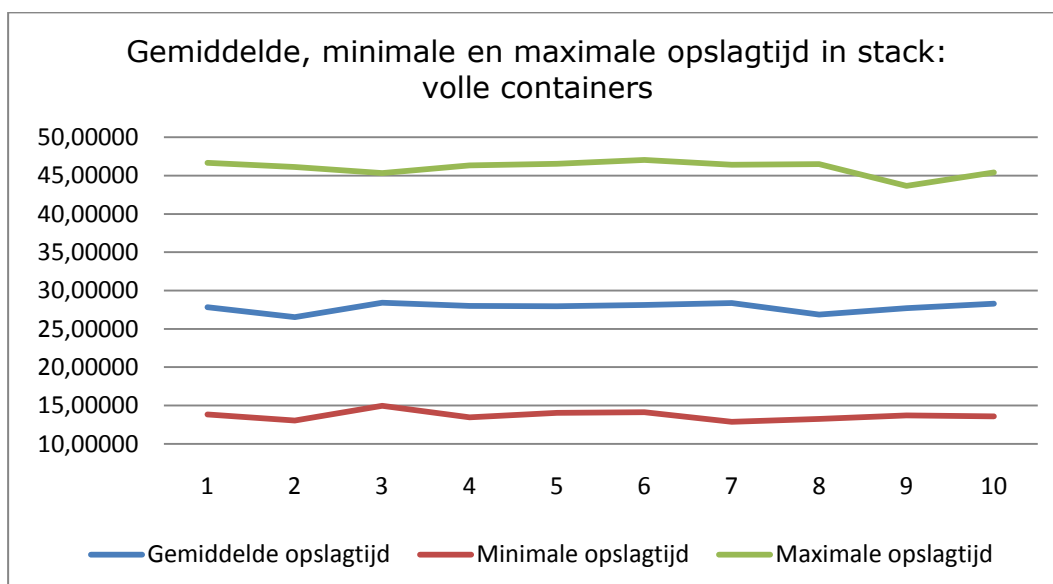
Gekoppeld aan de doorlooptijden kunnen ook de deelprocestijden bekeken worden om na te gaan welk deelproces het grootste percentage van de totale doorlooptijd voor zijn rekening neemt. Voor de deelprocessen 'Laden op schip', 'Lossen van schip', 'Laden op andere transportmodi' en 'Lossen van vrachtwagen of trein' worden dezelfde constante procestijden waargenomen als in het basisscenario (zie Tabel 10). Aangezien de gemiddelde doorlooptijd van een container bovendien ongewijzigd is gebleven in dit scenario B, worden ook dezelfde waarden bekomen voor de doorlooptijd percentages van deze deelprocessen.

Het overgrote deel van de doorlooptijd van de container is dus ook in dit scenario B te wijten aan de opslag in de stack. Onderstaande grafieken bieden daarom een weergave van respectievelijk de gemiddelde, minimale en maximale opslagtijd op weekniveau van zowel lege als volle containers. Wat lege containers betreft, kan uit Figuur 75 worden afgeleid dat deze gemiddeld 210 uren (circa 9 dagen) in de stack verblijven. De tijd doorgebracht in de stack kan voor deze containers oplopen tot 320 uren (circa 13 dagen) en bedraagt minimaal om en bij de 130 uren (circa 5,5 dagen). Ook deze waarden blijven, in vergelijking met het basisscenario, ongewijzigd. De tijd die lege containers doorbrengen in de stack wordt dus ook in scenario B niet beïnvloed door de toegepaste wijzigingen in scheepsgroottes.



Figuur 75: Gemiddelde, minimale en maximale opslagtijd in stack per week: lege containers

Wat volle containers betreft, kan uit Figuur 76 worden afgeleid dat deze gemiddeld 28 uren (circa 1,2 dagen) in de stack verblijven. De tijd doorgebracht in de stack kan voor deze containers oplopen tot 46 uren (circa 1,9 dagen) en bedraagt minimaal om en bij de 14 uren (circa 0,6 dagen). Ook deze waardes blijven, in vergelijking met het basisscenario, ongewijzigd. De tijd die volle containers doorbrengen in de stack wordt dus ook niet beïnvloed door de in scenario B toegepaste wijziging in scheepsgroottes.



Figuur 76: Gemiddelde, minimale en maximale opslagtijd in stack per week: volle containers

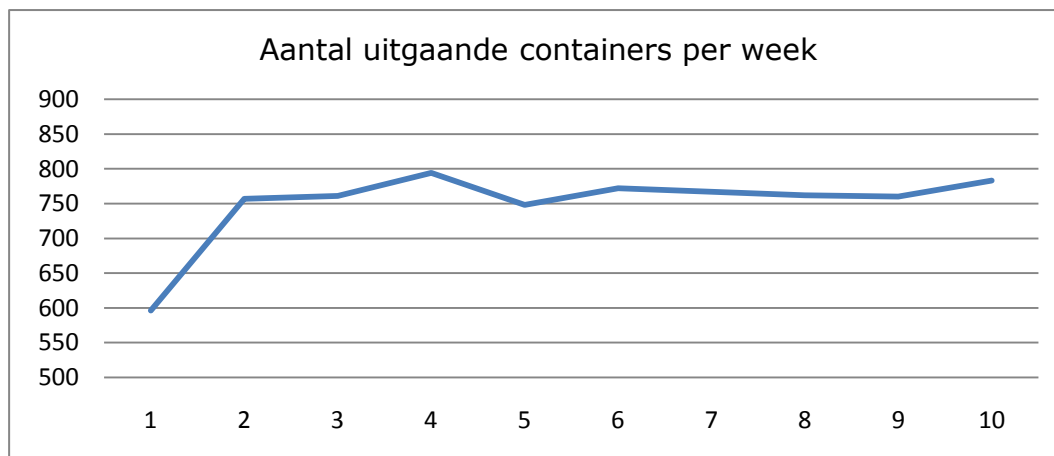
Ten slotte kan een afweging gemaakt worden tussen de service (aantal afvaarten) die kan geboden worden met de scheepsgroottes in dit scenario en de kost die ermee gepaard gaat. In dit scenario B wordt de binnenvaartfunctie van Haven Genk verzorgd door één schip van 60 TEU en één schip van 154 TEU, waardoor een service van vier afvaarten per week kan geboden worden aan de klant. Kosten die verbonden kunnen worden aan dit scenario zijn de volgende. In eerste instantie kan een dagelijkse kost van €1750 worden toegewezen aan het schip van 60 TEU en een dagelijkse kost van €1900 aan het schip van 154 TEU. Daarnaast dient rekening gehouden te worden met de kost van verbruikte brandstof. Deze bedraagt €0,68/liter, wat neerkomt op een wekelijkse kost van €646/schip gegeven dat een schip circa 950 liter verbruikt op weekniveau. Op weekbasis kan dus een kost van €11146 ($=€1750 * 6 \text{ werkdagen} + €646$) toegewezen worden aan het schip van 60 TEU en een kost van €12046 ($=€1900 * 6 \text{ werkdagen} + €646$) aan het schip van 154 TEU. Dit komt neer op een wekelijkse kost van €23192 ($=€11146 + €12046$) voor de twee schepen die Haven Genk in dit scenario B gebruikt. Indien deze verhouding van service en kosten wordt vergeleken met die van het basisscenario, kan gesteld worden dat de servicegraad onveranderd blijft, terwijl het kostenniveau daalt met 4% (€23192 in scenario B versus €24092 in basisscenario). Bovendien kan opgemerkt worden dat de efficiëntie van scenario B niet verschilt van het basisscenario. Benutting van resources en container doorlooptijden en procestijden worden namelijk niet beïnvloed door de gewijzigde scheepsgroottes.

Ter conclusie kan gesteld worden dat de toegepaste wijziging in scheepsgroottes weinig veranderingen teweeg brengt in de werking van de containerterminal. De efficiëntie van het overslagproces wordt niet beïnvloed door een vervanging van één schip van 154 TEU door één schip van 60 TEU. De service - kosten verhouding daarentegen wordt wel beïnvloed en dit in positieve zin. De servicegraad blijft namelijk onveranderd, terwijl de kosten met 4% dalen en dit in een context van ongewijzigde overslag efficiëntie.

7.4.1 Resultaten optimistisch subscenario B

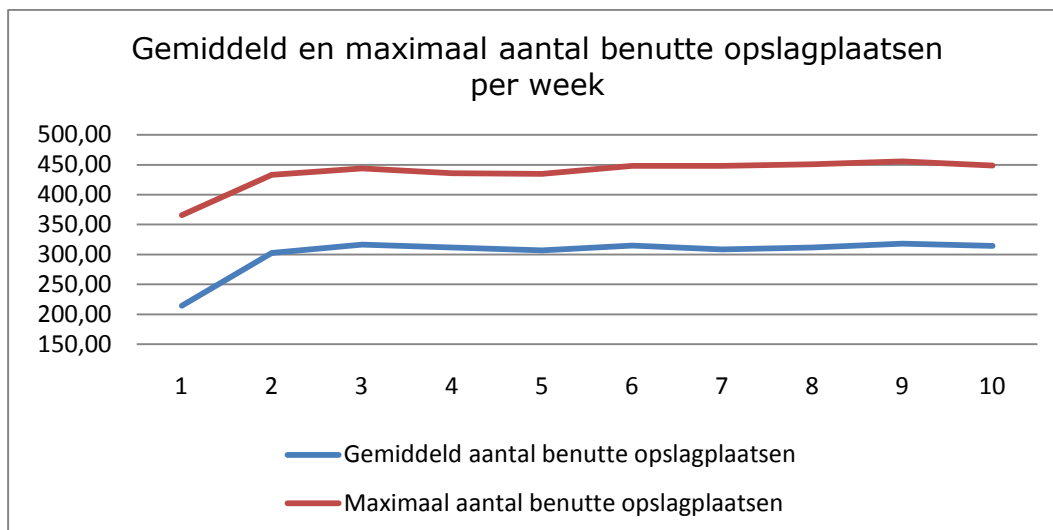
In deze paragraaf worden de analyse resultaten besproken van het optimistische scenario B waarin het containervolume met 60% stijgt ten opzichte van de basissituatie van scenario B. Prestatieparameters die worden besproken zijn analoog aan de basissituatie van scenario B. Bovendien wordt de bespreking van deze parameters aangevuld met een vergelijking ten opzichte van de basissituatie van scenario B.

Om te beginnen kan onderstaande grafiek een globaal beeld geven van de situatie van Haven Genk met de scheepsgroottes van scenario B en optimistische containervolumes aan de hand van het aantal uitgaande containers per week. Dit aantal schommelt steeds rond 770 ($40000/52$), wat overeenstemt met de optimistische inputgegevens van 40000 overgeslagen containers op jaarniveau.



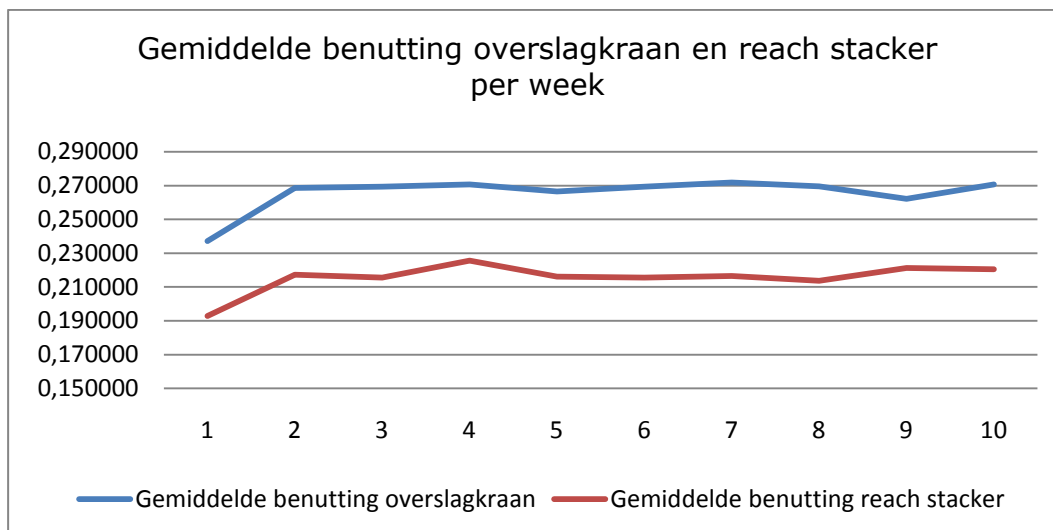
Figuur 77: Aantal uitgaande containers per week

Wanneer naar de benutting van de resources wordt gekeken, kunnen de volgende resultaten uit de simulatie worden afgeleid voor het gebruik van de opslagplaatsen in de stack, de overslagkraan en de reach stacker. In eerste instantie geeft Figuur 78 weer hoeveel opslagplaatsen er op weekniveau gemiddeld en maximaal worden benut in de stack. Zoals aangegeven op de figuur ligt het gemiddeld aantal benutte opslagplaatsen op weekniveau steeds tussen de 300 en 320. Indien dit vergeleken wordt met de basissituatie van scenario B (gemiddeld 190 benutte opslagplaatsen), kan afgeleid worden dat een stijging van 60% in getransporteerd containervolume leidt tot een stijging van 63% in het gemiddeld aantal benutte opslagplaatsen. Het aantal benutte opslagplaatsen wordt dus, net zoals in het basisscenario, ook in scenario B op een lineaire manier beïnvloed door een verhoging van het containervolume. Wanneer in deze context wordt gekeken naar het maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week, kan uit de figuur afgeleid worden dat dit steeds circa 450 bedraagt. Uit een vergelijking met de basissituatie (maximaal 280 benutte opslagplaatsen), blijkt dat ook het maximaal aantal benutte opslagplaatsen in scenario B op een lineaire manier beïnvloed wordt door een stijgend containervolume.



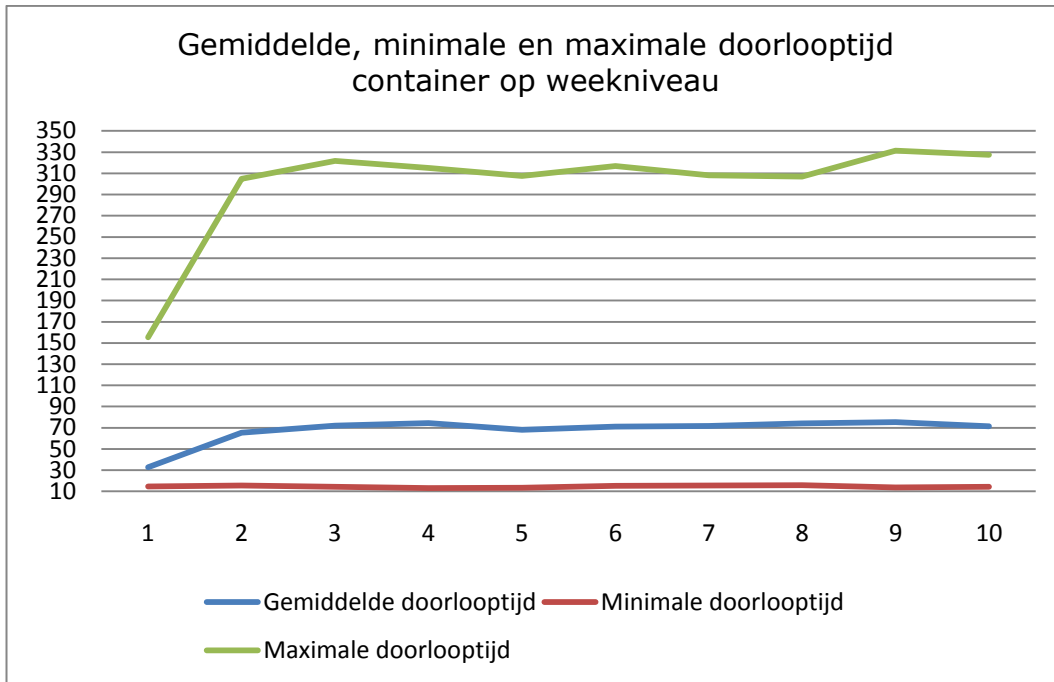
Figuur 78: Gemiddeld en maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week

Vervolgens kan Figuur 79 opgesteld worden voor de benutting van de overslagkraan en de reach stacker op weekniveau. Bij deze grafiek kan ten eerste opgemerkt worden dat de gemiddelde benutting van de overslagkraan, circa 27% over tien weken heen, sterk onder de capaciteit van één ligt. In vergelijking met de basissituatie van scenario B is deze parameter gestegen met 10 procentpunten, wat overeenkomt met een stijging van circa 60%. De benutting van de overslagkraan wordt dus, net zoals in het basisscenario, op een lineaire manier beïnvloed door een verhoging van het containervolume (containervolume +60% → benutting +60%). Voor de resource reach stacker kan uit de figuur opgemerkt worden dat de gemiddelde benutting, circa 22% over tien weken heen, sterk onder de capaciteit van één reach stacker ligt. In vergelijking met de basissituatie is deze parameter gestegen met 8 procentpunten, wat overeenkomt met een stijging van circa 57%. Ook de benutting van de reach stacker wordt dus op een lineaire manier beïnvloed door een verhoging van het containervolume (containervolume +60% → benutting circa +60%).



Figuur 79: Gemiddelde benutting overslagkraan en reach stacker per week

Ten tweede wordt de doorlooptijd van containers geanalyseerd. In eerste instantie geeft Figuur 80 een beeld van de gemiddelde doorlooptijd van zowel import- als exportcontainers. Uit deze figuur blijkt dat zowel een import- als een exportcontainer zich gemiddeld 70 uren in de terminal bevindt, wat overeenkomt met een doorlooptijd van circa 3 dagen. In vergelijking met de basissituatie van scenario B blijft de doorlooptijd van zowel import- als exportcontainers onveranderd. De tijd die een container doorbrengt in de terminal wordt dus ook in scenario B niet beïnvloed door een veranderend containervolume. Omdat het aantal containers dat zich in de haven bevindt geen constant gegeven is, kunnen er ook piek- en dalwaarden gevonden worden voor de doorlooptijden van containers. Figuur 80 geeft dan ook de minimale, respectievelijk maximale doorlooptijden van een container op weekniveau weer. Hieruit kan afgeleid worden dat containers zich minimaal circa 15 uren (0,6 dagen) en maximaal circa 320 uren (13 dagen) in de terminal bevinden. In vergelijking met de basissituatie van scenario B kan gesteld worden dat, net zoals de gemiddelde doorlooptijd van een container, ook deze minimale en maximale waarden ongewijzigd blijven en dus niet beïnvloed worden door een veranderend containervolume.



Figuur 80: Gemiddelde, minimale en maximale doorlooptijd container op weekniveau

Gekoppeld aan de doorlooptijden kunnen ook de deelprocestijden bekeken worden om na te gaan welk deelproces het grootste percentage van de totale doorlooptijd voor zijn rekening neemt. Voor de deelprocessen 'Laden op schip', 'Lossen van schip', 'Laden op andere transportmodi' en 'Lossen van vrachtwagen of trein' worden dezelfde constante procestijden waargenomen als in de basissituatie (zie Tabel 10). Aangezien de gemiddelde doorlooptijd van een container bovendien ongewijzigd is gebleven in dit optimistisch subscenario B, worden ook dezelfde waardes bekomen voor de doorlooptijd percentages van deze deelprocessen. Het overgrote deel van de doorlooptijd van de container is dus ook hier te wijten aan de opslag in de stack. Wanneer de gemiddelde, minimale en maximale opslagtijden van zowel lege als volle containers vergeleken worden met de waardes uit de basissituatie van scenario B, blijkt dat ook deze waardes ongewijzigd blijven. De tijd die containers doorbrengen in de stack wordt dus niet beïnvloed door een veranderend containervolume.

Ten slotte kan nog gekeken worden naar de verhouding service (aantal afvaarten) versus kosten verbonden aan de beschikbare scheepsgroottes van het optimistische subscenario B. Aangezien in dit optimistisch scenario de beschikbare schepen onveranderd blijven in vergelijking met de basissituatie van scenario B, blijft ook het niveau van service van vier afvaarten en het niveau van kosten van €23192 ongewijzigd. Indien deze verhouding

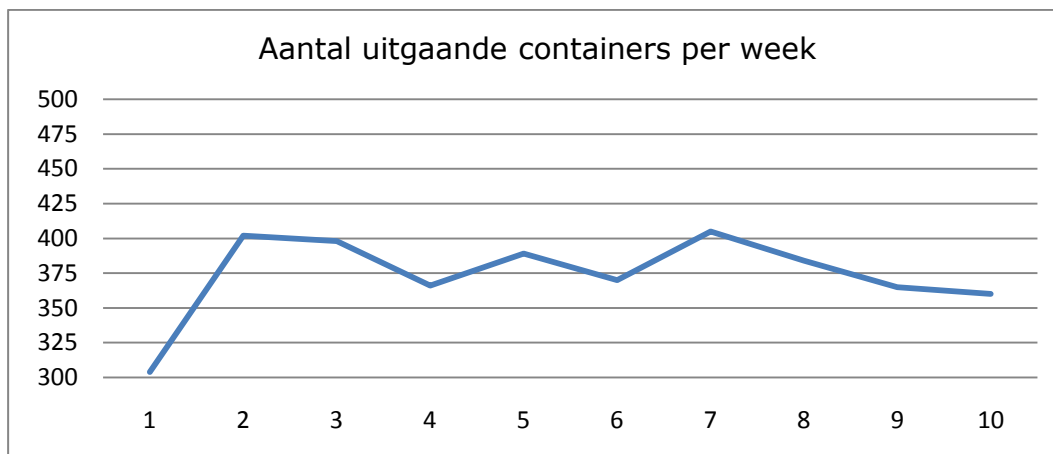
wordt bekeken in de context van container doorlooptijden, een parameter die als essentieel werd beschouwd door Haven Genk, kan gesteld worden dat de efficiëntie van dit subscenario niet verschilt van de basissituatie van scenario B. Container doorlooptijden en procestijden worden namelijk niet beïnvloed door het stijgende containervolume.

Ter conclusie kan gesteld worden dat ook in scenario B een stijging van het containervolume weinig significante veranderingen teweeg brengt in de werking van de containerterminal. De efficiëntie van het overslagproces wordt enkel in termen van benutting van resources beïnvloed door een verhoging van het aantal door de terminal te verwerken containers. Container doorlooptijden en procestijden, parameters die door de haven als meest essentieel worden gezien, worden niet beïnvloed door het stijgende containervolume.

7.4.2 Resultaten pessimistisch subscenario B

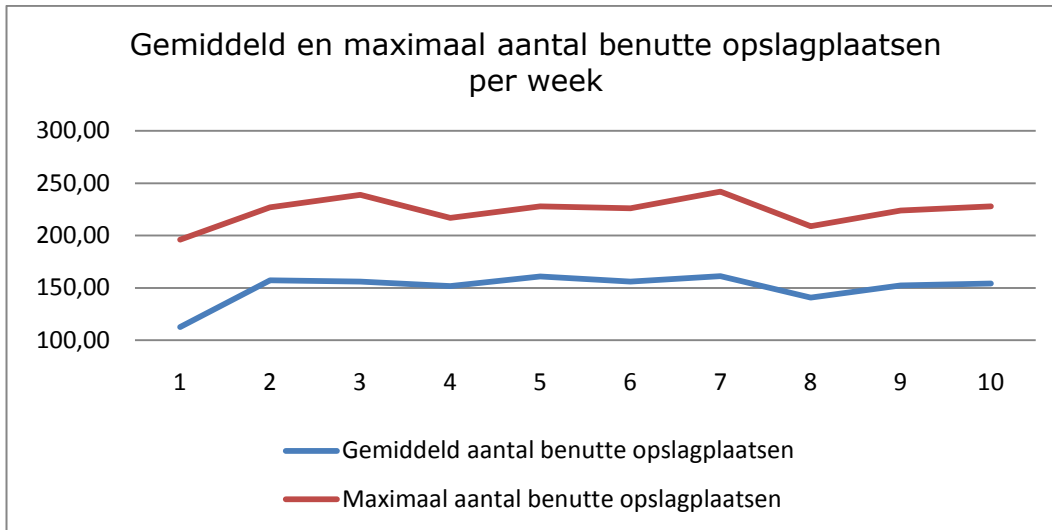
In deze paragraaf worden de analyse resultaten besproken van het pessimistische scenario B waarin het containervolume met 20% daalt ten opzichte van de basissituatie van scenario B. Prestatieparameters die worden besproken zijn analoog aan de basissituatie van scenario B. Bovendien wordt de bespreking van deze parameters aangevuld met een vergelijking ten opzichte van de basissituatie van scenario B.

Om te beginnen kan onderstaande grafiek een globaal beeld geven van de situatie van Haven Genk met de scheepsgroottes van scenario B en pessimistische containervolumes aan de hand van het aantal uitgaande containers per week. Dit aantal schommelt rond 385 (20000/52), wat overeenstemt met de pessimistische inputgegevens van 20000 overgeslagen containers op jaarniveau.



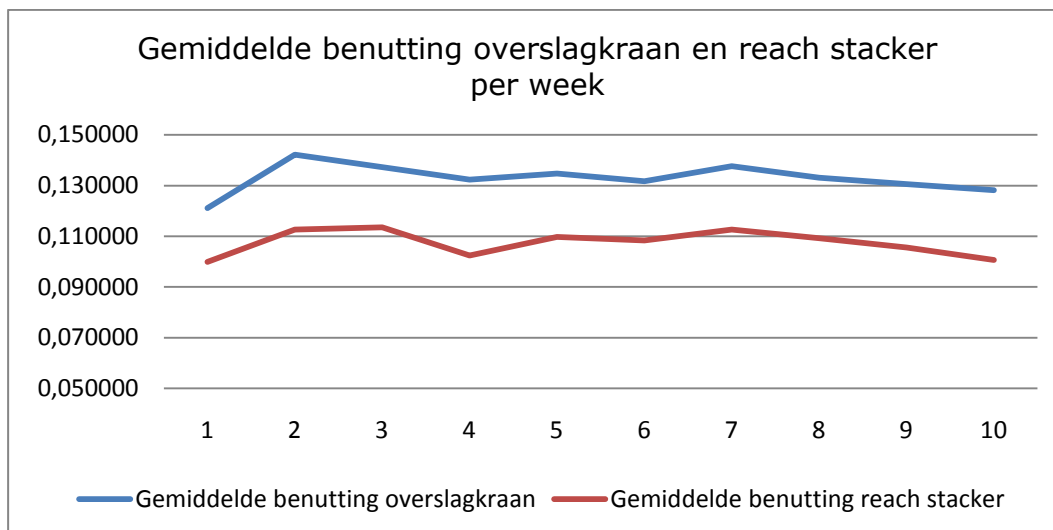
Figuur 81: Aantal uitgaande containers per week

Wanneer naar de benutting van de resources wordt gekeken, kunnen de volgende resultaten uit de simulatie worden afgeleid voor het gebruik van de opslagplaatsen in de stack, de overslagkraan en de reach stacker. In eerste instantie geeft Figuur 82 weer hoeveel opslagplaatsen er op weekniveau gemiddeld en maximaal worden benut in de stack. Zoals aangegeven op de figuur ligt het gemiddeld aantal benutte opslagplaatsen op weekniveau steeds rond de 155. Indien dit vergeleken wordt met de basissituatie van scenario B (gemiddeld 190 benutte opslagplaatsen), kan afgeleid worden dat een daling van 20% in getransporteerd containervolume leidt tot een daling van 18,5% in het gemiddeld aantal benutte opslagplaatsen. Het aantal benutte opslagplaatsen wordt dus ook in dit scenario B op een lineaire manier beïnvloed door een daling van het containervolume. Wanneer in deze context wordt gekeken naar het maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week, kan uit de figuur afgeleid worden dat dit steeds circa 230 bedraagt. Uit een vergelijking met de basissituatie (maximaal 280 benutte opslagplaatsen), blijkt dat ook het maximaal aantal benutte opslagplaatsen op een lineaire manier beïnvloed wordt door een dalend containervolume.



Figuur 82: Gemiddeld en maximaal aantal benutte opslagplaatsen per week

Vervolgens kan Figuur 83 opgesteld worden voor de benutting van de overslagkraan en de reach stacker op weekniveau. Bij deze grafiek kan ten eerste opgemerkt worden dat de gemiddelde benutting van de overslagkraan, circa 13% over tien weken heen, sterk onder de capaciteit van één ligt. In vergelijking met de basissituatie van scenario B is deze parameter gedaald met 4 procentpunten, wat overeenkomt met een daling van circa 23%. De benutting van de overslagkraan wordt dus, net zoals in het basisscenario, op een lineaire manier beïnvloed door een daling van het containervolume (containervolume -20% → benutting -20%). Voor de resource reach stacker kan uit de figuur opgemerkt worden dat de gemiddelde benutting, circa 11% over tien weken heen, sterk onder de capaciteit van één reach stacker ligt. In vergelijking met de basissituatie van scenario B is deze parameter gedaald met 3 procentpunten, wat overeenkomt met een daling van circa 22%. Ook de benutting van de reach stacker wordt dus op een lineaire manier beïnvloed door een daling van het containervolume (containervolume -20% → benutting circa -20%).



Figuur 83: Gemiddelde benutting overslagkraan en reach stacker per week

Vervolgens worden de doorlooptijden en procestijden van containers geanalyseerd. Uit de resultaten van de analyse van het optimistisch subscenario bleek duidelijk dat de doorlooptijden en procestijden van containers ook in scenario B niet beïnvloed worden door veranderingen in het getransporteerd containervolume. In dit pessimistisch scenario kan dus op analoge wijze worden gesteld dat zowel de totale doorlooptijd als de verschillende procestijden van een container niet worden beïnvloed door een dalend containervolume.

Ten slotte kan nog gekeken worden naar de verhouding service (aantal afvaarten) versus kosten verbonden aan de beschikbare scheepsgroottes van het pessimistische subscenario B. Aangezien in dit pessimistisch scenario de beschikbare schepen onveranderd blijven in vergelijking met de basissituatie van scenario B, blijft ook het niveau van service van vier afvaarten en het niveau van kosten van €23192 ongewijzigd. Indien deze verhouding wordt bekeken in de context van container doorlooptijden, een parameter die als essentieel werd beschouwd door Haven Genk, kan gesteld worden dat de efficiëntie van dit subscenario niet verschilt van de basissituatie van scenario B. Container doorlooptijden en procestijden worden namelijk niet beïnvloed door het dalende containervolume.

Ter conclusie kan gesteld worden dat ook in scenario B een daling van het containervolume weinig significante veranderingen teweeg brengt in de werking van de containerterminal. De efficiëntie van het overslagproces wordt enkel in termen van

benutting van resources beïnvloed door een daling van het aantal door de terminal te verwerken containers. Container doorlooptijden en procestijden, parameters die door de haven als meest essentieel worden gezien, worden niet beïnvloed door het dalende containervolume.

7.5 Conclusie analyse resultaten simulatiescenario's

De volgende conclusies kunnen getrokken worden uit de analyse van de verschillende simulatiescenario's die beschreven werd in de voorgaande paragrafen.

Uit de vergelijking van het basisscenario (huidige situatie Haven Genk met twee schepen van 104 TEU), scenario A (drie schepen van respectievelijk 104 TEU, 60 TEU en 60 TEU) en scenario B (twee schepen van respectievelijk 104 TEU en 60 TEU) blijkt in eerste instantie dat de relevante prestatieparameters (benutting van resources en doorlooptijd van containers) niet significant beïnvloed worden door de doorgevoerde wijzigingen in scheepsgroottes, rekening houdend met het huidige getransporteerde containervolume van 25000 TEU op jaarbasis. Een aanbeveling die dan ook aan de haven kan gemaakt worden is om, bij het nemen van beslissingen over benutte scheepsgroottes, te focussen op de service - kostenverhouding verbonden aan de verschillende alternatieven. Wanneer deze verhouding wordt vergeleken voor de drie onderzochte scenario's, zoals weergegeven in Tabel 11, kan het volgende advies geformuleerd worden. Indien Haven Genk ervoor opteert zijn klantenfocus te versterken, kan gekozen worden voor de vervanging van één schip van 104 TEU door twee schepen van 60 TEU zoals beschreven door scenario A. Dit scenario voorziet namelijk in een verhoging van het serviceniveau met 50%. Er dient dan wel rekening gehouden te worden met een verhoging van het kostenniveau met 42,5%. Wanneer het verhogen van het serviceniveau met 50% niet kan leiden tot meeropbrengsten die voor deze kostenverhoging kunnen compenseren, is het echter beter scenario A niet door te voeren. In dat geval is het hoe dan ook het best te kiezen voor scenario B. Dit scenario behoudt namelijk het huidige service- en efficiëntieniveau van de terminal, terwijl de kosten met 4% dalen.

Tabel 11: Service - kostenverhouding simulatiescenario's

	Serviceniveau	Kostenniveau
Basisscenario	4 afvaarten per week	€24092
Scenario A	6 afvaarten per week	€34338
Scenario B	4 afvaarten per week	€23192

Vervolgens werden ook optimistische en pessimistische subscenario's gecreëerd om het effect van respectievelijk positieve en negatieve wijzigingen in getransporteerde containervolumes na te gaan. Uit een analyse van deze resultaten blijkt dat transportvolumes een invloed uitoefenen op de efficiëntie van de terminal in termen van benutting van resources en dit in alle drie de scenario's op analoge wijze. Ten eerste worden de benuttingsgraden van overslagkraan en reach stackers op een lineaire wijze beïnvloed door gewijzigde transportvolumes. Zo stijgt de benutting van zowel de overslagkraan als de reach stacker met 60% in elk van de optimistische subscenario's waar containervolumes met 60% stijgen. Daarnaast wordt ook het aantal benutte opslagplaatsen in de stack op een lineaire manier beïnvloed door gewijzigde containervolumes. Wanneer bijvoorbeeld het getransporteerd volume in elk van de pessimistische subscenario's daalt met 20%, zullen er ook gemiddeld 20% minder opslagplaatsen benut worden op weekniveau. In tegenstelling tot benutting van resources worden doorlooptijden en procestijden van containers, de prestatieparameters die Haven Genk als meest essentieel beschouwd, niet beïnvloed door wijzigende containervolumes.

Enkele algemene opmerkingen die bovendien nog gemaakt kunnen worden bij de analyse van het simulatiemodel zijn de volgende. Wat de benutting van de resource opslagplaats betreft, blijkt uit het model dat deze sterk onder de capaciteit van 20000 TEU ligt. De oorzaak hiervan is dat het simulatiemodel enkel rekening houdt met de containers die worden getransporteerd via binnenvaart. De talrijke containers die enkel via weg- of treintransport hun eindbestemming bereiken, worden niet opgenomen in het model. Ook de resources overslagkraan en reach stacker blijken eerder onderbenut bij het getransporteerde containervolume. Wat de reach stacker betreft, kan echter opnieuw een verklaring worden gevonden in de vereenvoudigingen die werden gemaakt in het simulatiemodel. Zo wordt de reach stacker nog gebruikt voor andere doeleinden dan de overslag van containers die worden getransporteerd met de binnenvaart. Reach stackers worden namelijk benut voor de overslag en het intern transport van alle containers op een truck of trein ongeacht of deze reeds getransporteerd werden via binnenvaart. Voor de overslagkraan kan niet meteen een verklaring gevonden worden voor de onderbenutting, deze kraan wordt in de Haven van Genk namelijk enkel gebruikt voor het laden en lossen van schepen en alle containers die per schip worden getransporteerd werden opgenomen in het model. Er kan dus gesteld worden dat de overslagkraan eerder onderbenut blijft en dat de haven best de reden voor deze onderbenutting grondig

onderzoekt. Een andere opmerkelijkheid bij elk scenario is dat het overgrote deel van de doorlooptijd van de container te wijten is aan één deelproces in de overslag, namelijk de opslag in de stack. Een aanbeveling die aan de haven kan gemaakt worden is dus dat, bij het streven naar reducties in de doorlooptijd van containers, hoofdzakelijk moet gefocust worden op de opslagtijden van deze containers in de stack.

8. CONCLUSIES

De probleemstelling van deze masterproef werd in het eerste hoofdstuk beschreven evenals een centrale onderzoeksvraag die aan het praktijkprobleem kon gekoppeld worden. Doorheen de masterproef werd vervolgens getracht een antwoord te vormen op deze centrale onderzoeksvraag aan de hand van enkele deelvragen. In dit laatste hoofdstuk is het de bedoeling een algemene conclusie te vormen uit het gevoerde onderzoek en zo elk van de onderzochte deelvragen te beantwoorden. Daarnaast worden ook enkele tekortkomingen van het gevoerde onderzoek aangehaald en een aantal aanbevelingen gedaan voor eventueel toekomstig onderzoek.

8.1 Conclusies uit het onderzoek

Om de concurrentiekracht van intermodaal transport te versterken ten opzichte van unimodaal wegtransport, actueel de meest prominent gebruikte transportmodus, is het essentieel de werking van overslagterminals zo efficiënt en effectief mogelijk te organiseren. Op die manier kan namelijk de doorlooptijd van containers en de overslagkost gedrukt worden om zo de marktpositie van intermodaal transport te verbeteren. Het onderzoeken van de operationele werking van intermodale containerterminals, met een begrenzing naar binnenvaartterminals, en het identificeren van eventuele verbetermogelijkheden in deze werking is dan ook het hoofddoel en de centrale onderzoeksvraag van deze masterproef.

Aan de hand van de wetenschappelijke artikels die in de literatuurstudie werden onderzocht, kan een theoretisch onderbouwd antwoord geformuleerd worden op elk van de vijf deelvragen. Zo blijkt uit de literatuurstudie dat de werking van een containerterminal, met de focus op het overslagproces, kan opgedeeld worden in verschillende subprocessen. Het eerste proces dat zich voordoet is het aanmeren van een schip aan de aanmeerkades van de terminal. Vervolgens moeten de goederencontainers gelost worden van het schip om ze daarna te transfereren naar stacks waar ze kunnen opgeslagen worden voor een bepaalde periode. Ten slotte worden de containers van deze stacks gehaald en door voertuigen getransfereerd naar een andere transportmodus zoals een vrachtwagen, schip of trein, waar ze dan opnieuw kunnen geladen worden om het verdere traject naar de eindconsument af te leggen. Wat de actoren of beslissingnemers in een containerterminal betreft, kan een onderscheid gemaakt worden in vier categorieën. Ten eerste zijn er de drayage operatoren die zich bezig houden met het

voor- en natransport van vrachtwagens tussen terminals en verzenders / ontvangers. Daarnaast zijn er de terminal operatoren die de overslagoperaties tussen weg, spoor en/of binnenvaart beheren. Vervolgens zijn er ook netwerk operatoren die verantwoordelijk zijn voor de infrastructuurplanning en organisatie van spoor of binnenvaart transport. Ten slotte zijn er nog de intermodale operatoren die kunnen gedefinieerd worden als de gebruikers van de intermodale infrastructuur en diensten. Zij selecteren de meest geschikte route voor de verzendingen doorheen het gehele intermodale netwerk. Omdat de efficiënte werking van de binnenvaartterminal en meer bepaald de werking van het overslagproces de kern is van deze masterproef, werd ervoor gekozen te focussen op de planningsproblemen waar de terminal operator mee te maken krijgt. Hij moet er namelijk voor zorgen dat elk van de deelprocessen in de overslag van containers zo vlot mogelijk verlopen om op die manier de overslagkosten van de terminal te reduceren en zijn competitiviteit te verhogen.

Voor de terminal operator werden op basis van enkele wetenschappelijke artikels twee classificatiematrices gecreëerd voor de twee categorieën van planningsproblemen waarmee hij te maken krijgt. Onder de eerste categorie kunnen de algemene planningsproblemen teruggevonden worden die de terminal operator dient aan te pakken op strategisch, tactisch en operationeel niveau. Uit een analyse van wetenschappelijke literatuur waarin een oplossing wordt gezocht voor dit soort van planningsproblemen kunnen de volgende conclusies getrokken worden. Ten eerste blijkt dat, wanneer wordt gekeken naar de oplossingsmethoden voor deze algemene problemen van de terminal operator, een algemeen onderscheid kan gemaakt worden tussen het gebruik van optimalisatie technieken en het gebruik van simulatie. Deze beide methoden kunnen bovendien gekoppeld worden aan de tijdshorizon waarop een probleem betrekking heeft. Zo blijkt dat simulatie de meest aangewezen oplossingsmethode is voor strategische beslissingen. Wat tactische planningsproblemen betreft, kan een minder duidelijk onderscheid gemaakt worden naar oplossingsmethodes. Wanneer de wetenschappelijke artikels worden vergeleken, komt hier ongeveer een 50-50 verdeling uit voor het gebruik van simulatie en optimalisatie technieken. De keuze van de oplossingsmethode zal dus afhangen van de voorkeur van de terminal operator en de specifieke kenmerken van zijn terminal. Wanneer ten slotte wordt gekeken naar de operationele planningsproblemen kan uit de literatuurstudie worden afgeleid dat hiervoor optimalisatie technieken aangewezen zijn. Een tweede categorie van problemen wordt gevormd door de specifieke planningsproblemen van de terminal operator gekoppeld aan elk deelproces van de

overslag en dit opnieuw op strategisch, tactisch en operationeel niveau. Uit een analyse van wetenschappelijke artikels die een oplossing trachten te zoeken voor dit soort van planningsproblemen kunnen de volgende conclusies getrokken worden. Ten eerste blijkt dat, wanneer wordt gekeken naar de oplossingsmethoden voor planningsproblemen van de terminal operator per deelproces, op alle beslissingniveaus hoofdzakelijk gebruik gemaakt wordt van optimalisatie technieken. De oplossingsmethode die in de meerderheid van de planningsproblemen gebruikt wordt, is een combinatie van twee technieken: een modellering van het probleem volgens lineair programmeren, waarna het probleem kan opgelost worden met een bepaalde heuristiek.

Naast de bepaling van de gebruikte oplossingsmethoden voor de verschillende planningsproblemen, werd in de literatuurstudie ook een antwoord gevonden op de vierde deelvraag (*Welke factoren bepalen de efficiënte werking van de deelprocessen?*) onder de vorm van de gehanteerde prestatie maatstaven in elk van de oplossingsmethoden. Prestatiemaatstaven die vaak voorkomen in de wetenschappelijke literatuur rond planningsproblemen van de terminal operator kunnen ingedeeld worden in drie categorieën: tijd, kosten en andere. Vaak voorkomende tijdsmaatstaven zijn onder andere de totale tijd nodig voor het laad- en losproces, servicetijden van treinen/vrachtwagens/schepen, wachttijden van treinen/vrachtwagens/schepen en totale doorlooptijd van containers. Specifieke kosten die van belang zijn in het overslagproces zijn bijvoorbeeld werkingskosten van kranen, transportkosten, container handling kosten en arbeidskosten. Andere prestatie maatstaven waarmee daarnaast rekening gehouden dient te worden bij het overslagproces zijn benutting van werkmiddelen, service prioriteiten van schepen/containers, stabiliteit van het schip, enzovoort.

In een tweede deel van de masterproef worden vervolgens de theoretische bevindingen uit de literatuurstudie getoetst aan de praktijk aan de hand van enkele leerrijke bezoeken aan de Haven van Genk. Door de, via observatie en getuigenissen verworven, informatie van Haven Genk te combineren met en te toetsen aan de bevindingen uit de literatuurstudie kunnen de antwoorden op de deelvragen verfijnd worden. In eerste instantie wordt een duidelijke analogie gevonden tussen de benutte infrastructuur aangehaald in de wetenschappelijke literatuur en de infrastructuur gebruikt in Haven Genk. Zo worden portaalkranen of kaaikranen gebruikt voor het laden en lossen van schepen, terwijl reach stackers het laad- en losproces van treinen en vrachtwagens en het intern containertransport voor hun rekening nemen. Aanvullend aan de

wetenschappelijke literatuur kan bovendien gesteld worden dat infrastructuurbeslissingen in de praktijk hoofdzakelijk gestuurd worden door te transporteren volumes. In tegenstelling tot de literatuurstudie blijkt dan weer dat in de praktijk niet alle planningsproblemen van de terminal operator als even relevant worden beschouwd. Sommige planningskwesities worden op een automatische en routinematige manier aangepakt zonder dat er veel denkwerk of modellering aan te pas komt. Daarnaast werd uit de getuigenissen en observatie in Haven Genk N.V. al heel snel duidelijk dat binnenvaartplanning in de realiteit slechts in zeer beperkte mate wordt ondersteund door modellen en methodes uit de wetenschappelijke literatuur. Meer dan eens werd benadrukt dat alle beslissingen die de terminal operator en zijn medewerkers dienen te nemen steeds in een dynamische context kunnen gekaderd worden. Improviseren en continu reflecteren zijn daarom kernwoorden die de Haven van Genk hoog in het vaandel draagt.

Naast een vergelijking tussen de praktijk en de wetenschappelijke literatuur werd in de trimodale terminal Haven Genk een globaal beeld gevormd van de binnenvaartplanning. Hierbij werd speciale aandacht besteed aan documentatie, de afhankelijkheid van Haven Antwerpen en de belangrijkste rederijen. Ook werd gekeken naar de strategische locatie van de haven en het, naast overslag van containers, uitgebreide gamma van diensten aangeboden aan haar logistieke klanten.

Het laatste deel van de masterproef werd ten slotte gewijd aan de ontwikkeling en analyse van een simulatiestudie om een specifiek planningsprobleem in de Haven van Genk op te lossen, rekening houdend met opgedane kennis uit de literatuurstudie en aangepast aan de specifieke context van deze trimodale terminal. Het doel van het simulatiemodel was na te gaan of aanpassingen in scheepsgroottes en aantal gebruikte schepen voor containertransport al dan niet een effect hebben op de efficiëntie van de terminal. Uit de analyse kunnen enkele belangrijke conclusies getrokken worden. Zo blijkt uit een vergelijking van het basisscenario (huidige situatie Haven Genk met twee schepen van 104 TEU), scenario A (drie schepen van respectievelijk 104 TEU, 60 TEU en 60 TEU) en scenario B (twee schepen van respectievelijk 104 TEU en 60 TEU) dat de relevante prestatieparameters (benutting van resources en doorlooptijd van containers) niet significant beïnvloed worden door de doorgevoerde wijzigingen in scheepsgroottes, rekening houdend met het huidige getransporteerde containervolume van 25000 TEU op jaarbasis. Een aanbeveling die dan ook aan de haven kan worden gemaakt, is om, bij het

nemen van beslissingen over benutte scheepsgroottes, te focussen op de service - kostenverhouding verbonden aan de verschillende alternatieven.

Vervolgens werden ook optimistische en pessimistische subscenario's gecreëerd om het effect van respectievelijk positieve en negatieve wijzigingen in getransporteerde containervolumes na te gaan. Uit een analyse van deze resultaten blijkt dat transportvolumes wel een invloed uitoefenen op de efficiëntie van de terminal en dit enerzijds in termen van benuttingsgraden van overslagkraan en reach stackers en anderzijds in termen van het aantal benutte opslagplaatsen in de stack.

Enkele algemene opmerkingen die bovendien nog gemaakt kunnen worden bij de analyse van het simulatiemodel zijn de volgende. Wat de benutting van de resource opslagplaats betreft, blijkt uit het model dat deze sterk onder de capaciteit van 20000 TEU ligt. De reden hiervoor is dat het simulatiemodel enkel rekening houdt met de containers die worden getransporteerd via binnenvaart. De talrijke containers die enkel via weg- of treintransport hun eindbestemming bereiken, worden niet opgenomen in het model. Ook de resources overslagkraan en reach stacker blijken eerder onderbenut bij het getransporteerde containervolume. Wat de reach stacker betreft, kan hier echter opnieuw een verklaring voor worden gevonden in de vereenvoudigingen die werden gemaakt in het simulatiemodel. Zo wordt de reach stacker nog gebruikt voor andere doeleinden dan de overslag van containers die worden getransporteerd met de binnenvaart. Reach stackers worden namelijk benut voor de overslag van alle containers op een truck of trein ongeacht of deze reeds getransporteerd werden via binnenvaart. Voor de overslagkraan kan niet meteen een verklaring gevonden worden voor de onderbenutting, deze kraan wordt in de Haven van Genk namelijk enkel gebruikt voor het laden en lossen van schepen en alle containers die per schip worden getransporteerd werden opgenomen in het model. Er kan dus gesteld worden dat de overslagkraan eerder onderbenut blijft en dat de haven best de oorzaak van deze onderbenutting grondig onderzoekt. Een andere opmerkelijkheid bij elk scenario is dat het overgrote deel van de doorlooptijd van de container te wijten is aan één deelproces in de overslag, namelijk de opslag in de stack. Een aanbeveling die aan de haven dus kan gemaakt worden is dat, bij het streven naar reducties in de doorlooptijd van containers, hoofdzakelijk moet gefocust worden op de opslagtijden van deze containers.

8.2 Tekortkomingen van het gevoerde onderzoek

De grootste tekortkoming in het gevoerde onderzoek is de eenvoud van het ontwikkelde simulatiemodel. Het model blijft een nabootsing van de werkelijke situatie en het kan dus zijn dat het werkelijke gedrag van het systeem afwijkt van het voorspelde gedrag, omdat niet alle variabelen en omgevingsfactoren in een model kunnen worden opgenomen. Bovendien werd tijdens de bezoeken aan Haven Genk duidelijk dat de terminal opereert in een zeer dynamische context met tal van veranderende externe factoren die niet in het model worden opgenomen. Daarnaast focust het model enkel op het binnenvaart gedeelte van de trimodale terminal, terwijl dit slechts één deel van de haven vormt. Zo kunnen de activiteiten van de spoor- of binnenvaartterminal en de werking van andere diensten zoals stuffing/stripping of behandeling van bulkgoederen ook een invloed uitoefenen op de werking van de binnenvaartterminal. Om de resultaten van de praktijkstudie te kunnen generaliseren, kan het dus nuttig zijn een uitgebreid en meer realiteitsgetrouw simulatiemodel te creëren van de volledige Haven van Genk.

Een andere mogelijke beperking is dat het denkbaar is dat er in de literatuurstudie wetenschappelijke artikels ontbreken. De creatie van wetenschappelijk onderzoek staat namelijk nooit stil en het is praktisch onmogelijk alle artikels die binnen de context van deze masterproef passen, op te nemen. Bovendien blijkt uit Tabel 2 dat bij bepaalde deelprocessen niet voor elk planningsniveau een probleem wordt vermeld. Dit betekent niet dat er op die niveaus geen problemen zijn, het wijst enkel op een gebrek aan specifieke literatuur hieromtrent.

8.3 Aanbevelingen voor eventueel toekomstig onderzoek

In de literatuurstudie werd ervoor gekozen te focussen op de planningsproblemen waarmee de terminal operator te maken krijgt. Een eerste mogelijkheid voor toekomstig onderzoek is dan ook een gelijkaardig onderzoek te voeren naar de problemen waarmee de andere terminal actoren (drayage, netwerk en intermodale operatoren) geconfronteerd worden.

Vervolgens werd bij het bezoek aan Haven Genk duidelijk dat een intermodale terminal zich niet enkel bezighoudt met de overslag van containers, ook bulkgoederen worden er overgeslagen tussen verschillende transportmodi. In deze context kan het nuttig zijn om na te gaan of de antwoorden op de in deze masterproef onderzochte deelvragen

verschillen indien men te maken heeft met de overslag van bulkgoederen in plaats van containers. Bovendien kan in het onderzoek naar de werking van de terminal de focus verbreed worden van planningsproblemen bij de overslag naar problemen in de volledige werking van de terminal rekening houdend met bijkomende diensten (stuffing/stripping, forwarding,...) die de terminal aanbiedt.

Tenslotte bleek uit de praktijkstudie dat de doorgevoerde wijzigingen in scheepsgroottes van scenario A en B geen significant effect hadden op de efficiëntie van de binnenvaartterminal. Deze scenario's zijn echter slechts twee specifieke voorstellen om na te gaan hoe de efficiëntie van een terminal kan beïnvloed worden. Het kan zeer nuttig zijn voor Haven Genk om tal van andere scenario's te creëren, zoals wijzigingen aan het aantal kranen, reach stackers of operatoren, om een meer volledig beeld te krijgen van de factoren die bijdragen aan de efficiëntie van de binnenvaartterminal. Bovendien kan het nuttig zijn in kader van de simulatiestudie een sensitiviteitsanalyse uit te voeren naar de kosten van een schip per dag (vaste kost + brandstof) om na te gaan in welke range van kostenwaarden de huidige adviezen betreffende de keuze van de scenario's geldig blijven.

Lijst van geraadpleegde werken

1. Wetenschappelijke literatuur

Alattar, M. A., Karkare, B., & Rajhans, N. (2006). Simulation of container queues for port investment decisions. In X. S. Zhang, D. G. Liu & L. Y. Wu (Eds.), *Operations Research and Its Applications* (Vol. 6, pp. 155-167). Beijing: World Publishing Corporation.

Alicke, K. (2002). Modeling and optimization of the intermodal terminal Mega Hub. [Article]. *Or Spectrum*, 24(1), 1-17.

Ambrosino, D., Sciomachen, A., & Tanfani, E. (2004). Stowing a containership: the master bay plan problem. [Article]. *Transportation Research Part a-Policy and Practice*, 38(2), 81-99. doi: 10.1016/j.tra.2003.09.002

Ballis, A., & Golias, J. (2004). Towards the improvement of a combined transport chain performance. [Proceedings Paper]. *European Journal of Operational Research*, 152(2), 420-436. doi: 10.1016/s0377-2217(03)00034-1

Bish, E. K., Leong, T. Y., Li, C. L., Ng, J. W. C., & Simchi-Levi, D. (2001). Analysis of a new vehicle scheduling and location problem. [Article]. *Naval Research Logistics*, 48(5), 363-385.

Bodin, L., & Levy, L. (1994). Commentary—Visualization in Vehicle Routing and Scheduling Problems. *INFORMS Journal on Computing*, 6(3), 261-269.

Bontekoning, Y. M. (2006) Hub exchange operations in intermodal hub-and-spoke networks, PhD Dissertation, The Netherlands TRAIL Research School, Delft.

Briskorn, D., Drexl, A., & Hartmann, S. (2006). Inventory-based dispatching of automated guided vehicles on container terminals. [Article]. *Or Spectrum*, 28(4), 611-630. doi: 10.1007/s00291-006-0033-8

Caris, A. et al (2008). Planning problems in intermodal freight transport: accomplishments and prospects. *Transportation Planning and Technology*, June 2008 Vol. 31, No. 3, p. 277-302

Ceyssens, B. (2007) 'Simulatie als instrument voor efficiëntiebepaling van de werking op een containerterminal', Eindverhandeling, Universiteit Hasselt, Hasselt

Chen, T. (1999). Yard operations in the container terminal-a study in the 'unproductive moves'. [Article]. *Maritime Policy & Management*, 26(1), 27-38. doi: 10.1080/030888399287041

Cordeau, J. F., Laporte, G., Legato, P., & Moccia, L. (2005). Models and tabu search heuristics for the Berth-allocation problem. [Article]. *Transportation Science*, 39(4), 526-538. doi: 10.1287/trsc.1050.0120

Corry, P., & Kozan, E. (2006). An assignment model for dynamic load planning of intermodal trains. [Article]. *Computers & Operations Research*, 33(1), 1-17. doi: 10.1016/j.cor.2004.05.013

Daganzo, C. F. (1989). THE CRANE SCHEDULING PROBLEM. [Article]. *Transportation Research Part B-Methodological*, 23(3), 159-175.

Das, S. K., & Spasovic, L. (2003). Scheduling material handling vehicles in a container terminal. [Article]. *Production Planning & Control*, 14(7), 623-633. doi: 10.1080/09537280310001626278

Decastilho, B., & Daganzo, C. F. (1993). HANDLING STRATEGIES FOR IMPORT CONTAINERS AT MARINE TERMINALS. [Article]. *Transportation Research Part B-Methodological*, 27(2), 151-166.

Dekker, R., Voogd, P., & van Asperen, E. (2006). Advanced methods for container stacking. [Article]. *Or Spectrum*, 28(4), 563-586. doi: 10.1007/s00291-006-0038-3

Duinkerken, M., Dekker, R., Kurstjens, S., Ottjes, J., & Dellaert, N. (2006). Comparing transportation systems for inter-terminal transport at the Maasvlakte container terminals. *OR Spectrum*, 28(4), 469-493.

Ferreira, L. & Sigut, J. (1995) Modelling intermodal freight terminal operations, Road and Transport Research Journal, 4(4), pp. 4_16.

Gambardella, L. M., Mastrolilli, M., Rizzoli, A. E., & Zaffalon, M. (2001). An optimization methodology for intermodal terminal management. [Article]. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 12(5-6), 521-534.

Goldschmidt, O. (1992). SIMULATED ANNEALING AND BOLTZMANN MACHINES - AARTS,E, KORST,J. [Book Review]. *Transportation Science*, 26(4), 358-361.

Günther, H. O. en Kim, K.H. (2006) 'Container Terminals and Terminal Operations', *OR Spectrum*, 28:4, 437-445

Hassan, S. A. (1993) 'Port Activity Simulation: an Overview', *ACM SIGSIM Simulation Digest*, 23:2, 17-36

Holguín-Veras, J., Jara-Díaz, S., (1999). Optimal pricing for priority service and space allocation in container ports. *Transportation Research B* 33, 81-106.

Huynh, N. N. (2005) Methodologies for reducing truck turn time at marine container terminals, PhD Dissertation, University of Texas, Austin.

Imai, A., Chen, H. C., Nishimura, E., & Papadimitriou, S. (2008). The simultaneous berth and quay crane allocation problem. [Article]. *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review*, 44(5), 900-920. doi: 10.1016/j.tre.2007.03.003

Imai, A., Nagaiwa, K., & Tat, C. W. (1997). Efficient planning of berth allocation for container terminals in Asia. [Article]. *Journal of Advanced Transportation*, 31(1), 75-94.

Imai, A., Nishimura, E., & Papadimitriou, S. (2001). The dynamic berth allocation problem for a container port. [Article]. *Transportation Research Part B-Methodological*, 35(4), 401-417.

Imai, A., Nishimura, E., & Papadimitriou, S. (2003). Berth allocation with service priority. [Article]. *Transportation Research Part B-Methodological*, 37(5), 437-457. doi: 10.1016/s0191-2615(02)00023-1

Imai, A., Nishimura, E., Hattori, M., & Papadimitriou, S. (2007). Berth allocation at indented berths for mega-containerships. [Article]. *European Journal of Operational Research*, 179(2), 579-593. doi: 10.1016/j.ejor.2006.03.034

Imai, A., Sasaki, K., Nishimura, E., & Papadimitriou, S. (2006). Multi-objective simultaneous stowage and load planning for a container ship with container rehandle in yard stacks. [Article]. *European Journal of Operational Research*, 171(2), 373-389. doi: 10.1016/j.ejor.2004.07.066

Kang, J. H., Ryu, K. R., & Kim, K. H. (2006). Deriving stacking strategies for export containers with uncertain weight information. [Article]. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 17(4), 399-410. doi: 10.1007/s10845-005-0013-x

Kemper, P. & Fischer, M. (2000) Modelling and analysis of a freight terminal with stochastic Petri nets, in: IFAC Control in Transportation Systems, Braunschweig, Germany, pp. 267_272.

Kim, K. H., & Kim, H. B. (1998). The optimal determination of the space requirement and the number of transfer cranes for import containers. [Article]. *Computers & Industrial Engineering*, 35(3-4), 427-430.

Kim, K. H., & Kim, H. B. (1999,a). Segregating space allocation models for container inventories in port container terminals. [Article]. *International Journal of Production Economics*, 59(1-3), 415-423.

Kim, K. H., Kim, K. W., Hwang, H., & Ko, C. S. (2004,a). Operator-scheduling using a constraint satisfaction technique in port container terminals. [Proceedings Paper]. *Computers & Industrial Engineering*, 46(2), 373-381. doi: 10.1016/j.cie.2003.12.017

Kim, K. H., & Kim, K. Y. (1999,b). An optimal routing algorithm for a transfer crane in port container terminals. [Article]. *Transportation Science*, 33(1), 17-33.

Kim, K. H., & Kim, K. Y. (1999,d). Routing straddle carriers for the loading operation of containers using a beam search algorithm. [Article]. *Computers & Industrial Engineering*, 36(1), 109-136.

Kim, K. Y., & Kim, K. H. (1997). A routing algorithm for a single transfer crane to load export containers onto a containership. [Article]. *Computers & Industrial Engineering*, 33(3-4), 673-676.

Kim, K. Y., & Kim, K. H. (1999,c). A routing algorithm for a single straddle carrier to load export containers onto a containership. [Article]. *International Journal of Production Economics*, 59(1-3), 425-433.

Kim, K. H., & Park, Y. M. (2004). A crane scheduling method for port container terminals. [Article]. *European Journal of Operational Research*, 156(3), 752-768. doi: 10.1016/s0377-2217(03)00133-4

Kim, K. H., Park, Y. M., & Jin, M. J. (2008). An optimal layout of container yards. [Article]. *Or Spectrum*, 30(4), 675-695. doi: 10.1007/s00291-007-0111-6

Koo, P. H., Lee, W. S., & Jang, D. W. (2004). Fleet sizing and vehicle routing for container transportation in a static environment. [Article]. *Or Spectrum*, 26(2), 193-209. doi: 10.1007/s00291-003-0152-4

Kozan, E. (2000). Optimising container transfers at multimodal terminals. [Proceedings Paper]. *Mathematical and Computer Modelling*, 31(10-12), 235-243.

Kozan, E., & Preston, P. (1999). Genetic algorithms to schedule container transfers at multimodal terminals. *International Transactions in Operational Research*, 6(3), 311-329.

Kulick, B. C. & Sawyer, J. T. (2001) The use of simulation to calculate the labor requirements in an intermodal rail terminal, in: Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference, Avlinton, Virginia, pp. 1038_1041.

Lagoudis, I. N., & Platis, A. N. (2009). Using birth-and-death theory for container terminal strategic investment decisions. *International Journal of Decision Sciences, Risk and Management*, 1(1-2), 81-103.

Lee, L. H., Chew, E. P., Tan, K. C., & Han, Y. B. (2006). An optimization model for storage yard management in transshipment hubs. [Article]. *Or Spectrum*, 28(4), 539-561. doi: 10.1007/s00291-006-0045-4

Legato, P., & Monaco, M. F. (2004). Human resources management at a marine container terminal. [Article]. *European Journal of Operational Research*, 156(3), 769-781. doi: 10.1016/s0377-2217(03)00134-6

Lim, J. K., Kim, K. H., Yoshimoto, K., Lee, J. H., & Takahashi, T. (2003). A dispatching method for automated guided vehicles by using a bidding concept. [Article]. *Or Spectrum*, 25(1), 25-44.

Macharis, C. (2000). Strategische modellering voor intermodale terminals. Socio-economische evaluatie van de locatie van binnenvaart/weg terminals in Vlaanderen, PhD Thesis, Vrije Universiteit Brussel, Brussel

Macharis, C., & Bontekoning, Y. M. (2004). Opportunities for OR in intermodal freight transport research: A review. [Article]. *European Journal of Operational Research*, 153(2), 400. doi: 10.1016/s0377-2217(03)00161-9

Martinez, F. M., Gutierrez, I. G., Oliveira, A. O., & Bedia, L. M. A. (2004). Gantry crane operations to transfer containers between trains: A simulation study of a Spanish terminal. [Article]. *Transportation Planning and Technology*, 27(4), 261-284. doi: 10.1080/0308106042000263069

Meyer, P. (1998) Entwicklung eines simulationsprogramms für umschlagterminals des kombinierten verkehrs, PhD Dissertation, University of Hannover.

Moccia, L., Cordeau, J. F., Gaudioso, M., & Laporte, G. (2006). A branch-and-cut algorithm for the quay crane scheduling problem in a container terminal. [Article]. *Naval Research Logistics*, 53(1), 45-59. doi: 10.1002/nav.20121

Munkres, J. (1957). ALGORITHMS FOR THE ASSIGNMENT AND TRANSPORTATION PROBLEMS. [Article]. *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, 5(1), 32-38.

Neumann, W. P., & Medbo, P. (2009). Integrating human factors into discrete event simulations of parallel flow strategies. [Article]. *Production Planning & Control*, 20(1), 3-16. doi: 10.1080/09537280802601444

Nguyen, V. D., & Kim, K. H. (2009). A dispatching method for automated lifting vehicles in automated port container terminals. [Proceedings Paper]. *Computers & Industrial Engineering*, 56(3), 1002-1020. doi: 10.1016/j.cie.2008.09.009

Ottjes, J. A., Veeke, H. P. M., Duinkerken, M. B., Rijsenbrij, J. C., & Lodewijks, G. (2006). Simulation of a multiterminal system for container handling. [Article]. *Or Spectrum*, 28(4), 447-468. doi: 10.1007/s00291-006-0039-2

Petering, M. E. H. (2009). Effect of block width and storage yard layout on marine container terminal performance. [Article]. *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review*, 45(4), 591-610. doi: 10.1016/j.tre.2008.11.004

Rizzoli, A. E., Fornara, N., & Gambardella, L. M. (2002). A simulation tool for combined rail/road transport in intermodal terminals. [Proceedings Paper]. *Mathematics and Computers in Simulation*, 59(1-3), 57-71.

Sammarra, M., Cordeau, J. F., Laporte, G., & Monaco, M. F. (2007). A tabu search heuristic for the quay crane scheduling problem. [Article]. *Journal of Scheduling*, 10(4-5), 327-336. doi: 10.1007/s10951-007-0029-5

Shields, J. J. (1984). CONTAINERSHIP STOWAGE - A COMPUTER-AIDED PREPLANNING SYSTEM. [Article]. *Marine Technology and Sname News*, 21(4), 370-383.

Siggerud, K. (2006). Intermodal transportation: Challenges to and potential strategies for developing improved intermodal capabilities. GAO-06-855T, US Government Accountability Office

Stahlbock, R., & Voss, S. (2008). Operations research at container terminals: a literature update. [Review]. *Or Spectrum*, 30(1), 1-52. doi: 10.1007/s00291-007-0100-9

Taleb-Ibrahimi, M., De Castilho, B., Daganzo, C.F., (1993). Storage space vs handling work in *container terminals*. *Transportation Research B* 27, 13–32.

Steenken, D., Voss, S. en Stahlbock, R. (2004) 'Container Terminal Operation and Operations Research', *OR Spectrum*, 26, 3-49

Vacca, I., Bierlaire, M., & Salani, M. (2006). Optimization at Container Terminals: Status, Trends and Perspectives.

Vis, I. F. A. (2006). A comparative analysis of storage and retrieval equipment at a container terminal. [Article]. *International Journal of Production Economics*, 103(2), 680-693. doi: 10.1016/j.ijpe.2006.01.002

Vis, I. F. A., & de Koster, R. (2003). Transshipment of containers at a container terminal: An overview. [Review]. *European Journal of Operational Research*, 147(1), 1-16.

Vis, I. F. A., de Koster, R., Roodbergen, K. J., & Peeters, L. W. P. (2001). Determination of the number of automated guided vehicles required at a semi-automated container terminal. [Article]. *Journal of the Operational Research Society*, 52(4), 409-417.

Vis, I. F. A., & Harika, I. (2004). Comparison of vehicle types at an automated container terminal. [Article]. *Or Spectrum*, 26(1), 117-143. doi: 10.1007/s00291-003-0146-2

Voges, J., Kesselmeier, H. & Beister, J. (1994) Simulation and performance analysis of combined transport terminals, in: Proceedings INTERMODAL '94 Conference, Amsterdam, The Netherlands.

Wiese, J., Suhl, L., & Kliewer, N. (2009). Mathematical programming and simulation based layout planning of container terminals. *International Journal of Simulation and Process Modeling*, 5(4), 313-323.

Wilson, I. D., & Roach, P. A. (1999). Principles of combinatorial optimization applied to container-ship stowage planning. [Article]. *Journal of Heuristics*, 5(4), 403-418.

Wilson, I. D., & Roach, P. A. (2000). Container stowage planning: a methodology for generating computerised solutions. [Article]. *Journal of the Operational Research Society*, 51(11), 1248-1255.

Wilson, I. D., Roach, P. A., & Ware, J. A. (2001). Container stowage pre-planning: using search to generate solutions, a case study. [Proceedings Paper]. *Knowledge-Based Systems*, 14(3-4), 137-145.

Yang, C. H., Choi, Y. S., & Ha, T. Y. (2004). Simulation-based performance evaluation of transport vehicles at automated container terminals. [Article]. *Or Spectrum*, 26(2), 149-170. doi: 10.1007/s00291-003-0151-5

Zaffalon, M., Rizzoli, A. E., Gambardella, L. M., & Mastrolilli, M. (1998). *Resource allocation and scheduling of operations in an intermodal terminal*. San Diego: Soc Computer Simulation.

2. Vulgariserende literatuur

Caris, A. (2010). *Intermodal freight transport*. Slides cursus Transport en Ruimte 2010

Haven Genk N.V. (z.d.) *Geschiedenis en bespreking trimodale terminal en extra diensten Haven Genk N.V.*. Informatiebrochure verkregen op 24 november 2010 van Haven Genk N.V.

Rutten, L. (2008). *Petri Net*. Cursus KHLim, Diepenbeek.

3. Boeken

Kelton, W.D., Sadowski, R.P. en Sturrock, D.T. (2008) *Simulation with Arena (Fourth edition)*. New York, The McGraw-Hill Companies, Inc

Macharis, C., Verbeke, A. (1999). *Executive Summary & inleidende marktsituering van het intermodaal vervoer. Economische en strategische aspecten van het intermodaal vervoer in Vlaanderen*. (p. 7-70). Leuven/Apeldoorn: Garant

Stopford, M. (2009). *Maritime economics, 3rd edition*. Oxon, Routledge

4. Internetbronnen

ATO (z.d.). Internetbron, *ATO Antwerpen*. Opgevraagd via <http://www.ato-antwerp.com/> op 29 december 2010

Beltway Companies (2010), Internetbron, *Kalmar (Ottawa) Yard Tractors from the Beltway Companies in Maryland*. Opgevraagd via http://www.beltwaycompanies.com/pre_owned_list.asp?newused=B&category=&mfg=2519&ModelYearFrom=&ModelYearThru=&stocknumber=&submit=Search op 3/11/2010

Bromma (z.d.), Internetbron, *Run to win: Bromma yard spreaders*. Opgevraagd via <http://www.bromma.com/show.php?id=1016097> op 4/11/2010

Cargotec (2010), Internetbron, *Loaded container handlers*. Opgevraagd via <http://www.kalmarind.com/show.php?id=1020620> op 3/11/2010

Contrail (2009), Internetbron, *LokoTractor*. Opgevraagd via <http://www.contrail-europe.com/index.php?div=8|0> op 5/11/2010

Cursus Markov ketens (z.d.), Internetbron, *Markov0405*. Opgevraagd via <http://homepage.mac.com/lcnlmmns/education/MarkovSite0405/> op 2/11/2010

Ergotec (2010), Internetbron, *Straddle carriers*. Opgevraagd via <http://www.kalmarind.com/show.php?id=1020838> op 3/11/2010

Gijsberts, A. (2008) Internetbron, *De waarde van simulatie voor managers*. Opgevraagd via http://www.logistiek.nl/dossierartikelen/id683De_waarde_van_simulatie_voor_managers.html op 15 februari 2011

Gottwald port technology (2010), Internetbron, *Automated Guided Vehicles AGV – The Future is Already Here*. Opgevraagd via <http://www.gottwald.com/gottwald/site/gottwald/en/products/agv.html> op 3/11/2010

Haven Genk (2007). Internetbron, *Haven Genk N.V.*. Opgevraagd op 27 december 2010, via www.havengenk.be

Haven van Antwerpen (2008). Internetbron, *Haven van Antwerpen*. Opgevraagd via <http://www.havenvanantwerpen.be> op 28 december 2010

Konings, R., Bontekoning, Y., Maat, K. (2006). Internetbron, *De concurrentiekracht van intermodaal vervoer in ruimtelijk perspectief: intermodaal op welke schaal? 27ste Vlaams Wetenschappelijk Economisch Congres: Mobiliteit en (Groot)Stedenbeleid*. Opgevraagd van <http://www.vub.ac.be/vwec2006/overz-com.html> op 01/04/2010.

Koninklijke Schuttevaer (2007), Internetbron, *Gorinchem, transferium concurrent binnenlandse terminals*. Opgevraagd via <http://bortan.punt.nl/index.php?a=2007-04>) op 4/11/2010

K-Tainer Leasing B.V. & Trading B.V. (2011). Internetbron, *Technische containerbeschrijving*. Opgevraagd via <http://www.k-tainer.eu/nl/container-verkoop/standaard-container> op 4 januari 2011

Macharis, C. (2007). Internetbron, *Intermodaal vervoersbeleid in België en Nederland. Dossier Multimodaal transport*. Opgevraagd van http://www.logistiek.nl/dossierartikelen/id920-Intermodaal_vervoersbeleid_in_Belgi_en_Nederland.html op 01/04/2010

Nomden, G. (2007). Internetbron, *De opmars van simulatie in logistiek*. Opgevraagd via http://www.logistiek.nl/experts/id1044-De_opmars_van_simulatie_in_logistiek.html op 15 februari 2011

Provinciale Ontwikkelingsmaatschappij Limburg (2010). Internetbron, *Vier Vlaamse POM's werken in Europees project samen aan meer toegevoegde waarde en werkgelegenheid in de logistieke sector in Vlaanderen*. Opgevraagd via <http://www.pomlimburg.be/fb111iftb560fhr1fhr152.aspx> op 27 december 2010

Provincie Antwerpen (2009). Internetbron, *Extended Gateway Provant/LPA*. Opgevraagd via http://www.provant.be/mobiliteit/haven/logant/provincie_antwerpen_/economisch_belang_lo/waarom_logistiek/extended_gateway_pro/ op 28 december 2010

PSA Antwerp (2010). Internetbron, *PSA Antwerp*. Opgevraagd via <http://www.psa-antwerp.be> op 29 december 2010

Ronak Container & Cargo Logistics Pvt. Ltd. (2010), Internetbron, *Reach stackers*. Opgevraagd via <http://www.rcclgroup.com/reach-stackers.html> op 4/11/2010

ScienceDaily (2007), Internetbron, *Ports Could Hasten Freight Traffic By Doubling Up On Crane Trips*. Opgevraagd via <http://www.sciencedaily.com/releases/2007/06/070605185651.htm> op 3/11/2010

Terberg Benschop (2010), Internetbron, *M.T.S. (Multi Trailer System)*. Opgevraagd via <http://www.terbergbenschop.nl/producten/maatwerk.php> op 5/11/2010

TNT Holding B.V. (2008). Internetbron, *Vervangen van T documenten*. Opgevraagd via http://www.tnt.com/express/nl_be/site/home/customer_service/douane/vervangen_van_t_documenten0.html op 28 december 2010

VK Group (2008), Internetbron, *associated terminal operators – Antwerpen*. Opgevraagd via <http://clientarea.vkgroup.be/ShowNews.asp?CT=910&ID=1413> op 27/11/2010

BIJLAGEN

Belangrijke documenten van de binnenvaartplanning

Bijlage 1: Schippers manifest

Haven Genk N.V.		Page 1			
Kolenhavenstraat 6 3600 Genk Tel.: 089 300671 / 673 / 677 Fax: 089 300676					
Rapport : SHIPPERS MANIFEST					
Geprint : 17-12-2010 10:58					
Vessel : SAMOREUS	GA18122010	AG20122010	✓ = Afspraak met terminal bevestigd		
Datum	Terminal		Lossen	Laden	
Maandag - 20-12-2010 06:00	KAAI 730	18 X 20DV Full	18		
Maandag - 20-12-2010 08:30	KAAI 364	2 X 20DV Empty	✓ 2	✓ 3	1 X 20DV Empty 2 X 40DV Empty
Maandag - 20-12-2010 10:30	KAAI 1700	1 X 20DV Full 1 X 40HC Full	2	1	1 X 40DV Full
Maandag - 20-12-2010 11:00	KAAI 1742			1	1 X 20DV Full
Maandag - 20-12-2010 11:30	KAAI 913	1 X 20DV Full	1		
Maandag - 20-12-2010 12:00	KAAI 869			7	5 X 40DV Full 2 X 40HC Full
Totaal aantal containers:			23	12	
Totaal gewicht (kgs):			357.514	166.781	
Totaal aantal TEU:			24,0	22,0	

Bijlage 2: Barge manifest outgoing

Barge manifest outgoing							Voyage GA18122010	
Haven Genk N.V.							Barge Manifest outgoing GA18122010, page 1	
Kolenhavenstraat 6							17-12-2010 10:59	
3600 Genk							Voyage SAMOREUS	
Tel.: 089 300671 / 673 / 677							From GENK 18-12-2010	
Fax: 089 300676							To ANT 20-12-2010	
pos.	Container	Type	F/E	Gross(kgs)	Delivery reference	Booking	To motorvessel / Port of discharge	
Export terminal: K1700 (KAAI 1700) 20-12-2010 10:30								
TRUCK	FCIU 811400 0	40HC	F	31.248	38507470	303540	Rio Negro / BUENOS AIRES	
TRUCK	HLXU 316045 2	20DV	F	28.746	38507470	303540	Rio Negro / BUENOS AIRES	
Export terminal: K364 (KAAI 364) 20-12-2010 08:30								
TRUCK	MSKU 378977 3	20DV	E	2.200	MAERSK STOCK / CTNR	303424		
TRUCK	MSKU 407157 0	20DV	E	2.200	MAERSK STOCK / CTNR	303424		
Export terminal: K730 (KAAI 730) 20-12-2010 06:00								
TRUCK	AMFU 300404 5	20DV	F	15.700	018IB0200520	303506	MSC Rebecca / Istanbul	
TRUCK	CLHU 295746 2	20DV	F	15.700	018IB0200520	303506	MSC Rebecca / Istanbul	
TRUCK	GLDU 228034 4	20DV	F	15.700	018IB0200520	303506	MSC Rebecca / Istanbul	
TRUCK	GLDU 398979 8	20DV	F	15.700	018IB0200520	303506	MSC Rebecca / Istanbul	
TRUCK	MEDU 119787 5	20DV	F	15.700	018IB0200520	303506	MSC Rebecca / Istanbul	
TRUCK	MEDU 188375 1	20DV	F	15.700	018IB0200520	303506	MSC Rebecca / Istanbul	
TRUCK	MEDU 263405 4	20DV	F	15.700	018IB0200520	303506	MSC Rebecca / Istanbul	
TRUCK	MEDU 285743 8	20DV	F	15.700	018IB0200520	303506	MSC Rebecca / Istanbul	
TRUCK	MEDU 299075 4	20DV	F	15.700	018IB0200520	303506	MSC Rebecca / Istanbul	
TRUCK	MEDU 306304 3	20DV	F	15.700	018IB0200520	303506	MSC Rebecca / Istanbul	
TRUCK	MEDU 338872 0	20DV	F	15.700	018IB0200520	303506	MSC Rebecca / Istanbul	
TRUCK	MSCU 014016 4	20DV	F	15.700	018IB0200520	303506	MSC Rebecca / Istanbul	
TRUCK	MSCU 017158 7	20DV	F	15.700	018IB0200520	303506	MSC Rebecca / Istanbul	
TRUCK	MSCU 150127 7	20DV	F	15.700	018IB0200520	303506	MSC Rebecca / Istanbul	
TRUCK	MSCU 657413 1	20DV	F	15.700	018IB0200520	303506	MSC Rebecca / Istanbul	
TRUCK	TCKU 373296 3	20DV	F	15.700	018IB0200520	303506	MSC Rebecca / Istanbul	
TRUCK	TGHU 384917 5	20DV	F	15.700	018IB0200520	303506	MSC Rebecca / Istanbul	
TRUCK	TRLU 894295 3	20DV	F	15.700	018IB0200520	303506	MSC Rebecca / Istanbul	
Export terminal: K913 (KAAI 913) 20-12-2010 11:30								
TRUCK	NYKU 301289 5	20DV	F	10.520	5350698790	303485	Tsingtao Express / PORT KELANG	

Bijlage 3: Barge manifest incoming

Barge manifest incoming							Voyage manifest AG20122010	
Haven Genk N.V.							17-12-2010 10:59	
Kolenhavenstraat 6							Voyage SAMOREUS	
3600 Genk							From ANT 20-12-2010	
Tel.: 089 300671 / 673 / 677							To GENK 21-12-2010	
Fax: 089 300676								
Container	Type	F/E	Gross(kgs)	Pickup reference	Booking	Document remarks	Loading/discharge date/time	
Import terminal: K1700 (KAAI 1700) 20-12-2010 10:30								
CBHU 199457 0	40DV	F	7.714	CCNT	303548	T1 WIMBOS W'GEM > NIET OP	21-12-2010	08:00
Import terminal: K1742 (KAAI 1742) 20-12-2010 11:00								
MSKU 707871 0	20DV	F	21.200	PINCODE VOLGT	303424	VRIJ GOED	21-12-2010	
Import terminal: K364 (KAAI 364) 20-12-2010 08:30								
	20DV	E	2.200	RTM109446	303546		04-01-2011	
	40DV	E	4.150	RTM109463	303545		21-12-2010	
	40DV	E	4.150	RTM109464	303538		21-12-2010	
Import terminal: K869 (KAAI 869) 20-12-2010 12:00								
TOLU 371107 2	40DV	F	29.533	00504635	303568	T1 KUEHNE+NAGEL	21-12-2010	08:00
APZU 435636 5	40DV	F	27.020	00504634	303569	T1 KUEHNE+NAGEL	21-12-2010	10:00
APZU 447744 9	40DV	F	15.922	00504636	303570	T1 KUEHNE+NAGEL	21-12-2010	13:00
PCIU 448288 9	40DV	F	13.423	3370859	303535	T1 DKM	22-12-2010	08:00
PCIU 458671 2	40DV	F	13.589	0690713	303535	T1 DKM	22-12-2010	10:00
PCIU 830897 1	40HC	F	13.808	3870911	303535	T1 DKM	21-12-2010	08:00
PCIU 991103 4	40HC	F	14.072	2990743	303535	T1 DKM	21-12-2010	10:00
Total number of containers: 12								
Total number of TEU: 22								
Total weight(kgs): 166781								

Bijlage 4: Crane manifest

'CRANE MANIFEST' UITGAAND SAMOREUS, 'ETD' GENK, 18-12-2010

Barge : SAMOREUS / Tel. 0475 25 26 31

Reis : GA18122010 van GENK 18-12-2010 naar Antwerpen 20-12-2010

Boeking	Terminal	Container	Type	Bruto Kg	Positie	Opmerkingen
303540	K1700	FCIU 811400 0	40HC	31.248	TRUCK	
303540	K1700	HLXU 316045 2	20DV	28.746	TRUCK	
303424	K364	MSKU 378977 3	20DV	2.200	TRUCK	
303424	K364	MSKU 407157 0	20DV	2.200	TRUCK	
303506	K730	MSCU 657413 1	20DV	15.700		
303506	K730	MSCU 014016 4	20DV	15.700		
303506	K730	TGHU 384917 5	20DV	15.700		
303506	K730	CLHU 295746 2	20DV	15.700		
303506	K730	MSCU 017158 7	20DV	15.700		
303506	K730	AMFU 300404 5	20DV	15.700		
303506	K730	GLDU 228034 4	20DV	15.700		
303506	K730	TRLU 894295 3	20DV	15.700		
303506	K730	MEDU 299075 4	20DV	15.700		
303506	K730	MEDU 119787 5	20DV	15.700		
303506	K730	TCKU 373296 3	20DV	15.700		
303506	K730	MEDU 188375 1	20DV	15.700		
303506	K730	MEDU 285743 8	20DV	15.700		
303506	K730	MEDU 263405 4	20DV	15.700		
303506	K730	MEDU 308304 3	20DV	15.700		
303506	K730	GLDU 398979 8	20DV	15.700		
303506	K730	MSCU 150127 7	20DV	15.700		
303506	K730	MEDU 338872 0	20DV	15.700		

303485 K913 NYKU 301289 5 20DV 10.520 TRUCK

Aantal containers : 23

Totaal aantal TEU : 24,00

Totaal bruto gewicht (Kg): 357.514

Bijlage 5: Pickup notice

Haven Genk N.V.
 Kolenhavenstraat 6
 3600 Genk
 Tel.: 089 300671 / 673 / 677
 Fax: 089 300676

Pickup notice, page 1
 17-12-2010 09:01

PICKUP NOTICE

Ex terminalKAAI 364

Barge SAMOREUS
Voyage AG20122010

Pickup notice for the following containers

Date / time 20-12-2010 08:30

Container	Type	F/E	Gross Contents	UNnr	IMO	Seal
			Pickup reference	Document remarks		
Shipping company KLINE						
Origin/depot ATO > K364						
	40DV	E	4.150			
			RTM109464			
	40DV	E	4.150			
			RTM109463			
	20DV	E	2.200			
			RTM109446			

Total number of containers: 3

Bijlage 6: Discharge list

Haven Genk N.V.
 Kolenhavenstraat 6
 3600 Genk
 Tel.: 089 300671 / 673 / 677
 Fax: 089 300676

Discharge list, page 1
 17-12-2010 11:00

DISCHARGE LIST

To terminalKAAI 364

Barge SAMOREUS
Voyage GA18122010

The following containers will be delivered at your terminal

Date / time 20-12-2010 08:30

Container	Type	F/E	Gross (kgs)	Contents	UNnr	IMO	Seal
				Shipping company	Delivery reference		
Destination ATO > K364							
MSKU 378977 3	20DV	E	2.200	MAERSK			
					MAERSK STOCK / CTNR		
MSKU 407157 0	20DV	E	2.200	MAERSK			
					MAERSK STOCK / CTNR		

Total number of containers: 2

Bijlage 7: Te laden/lossen containers

TN96452791

LCT604 Expected Loading BG (K420) 15/12/10 12:18:11
 Blz: 1

Transp : SREUS Bzk :
 11813521
 Reis . . . : 206827
 Lijn . . . :
 V/L : Leeg
 POD . . . : GNK GENK Gesorteerd op volgens
 container

LL Stackpos. Container BrG Lijn Tp HH BD R

Stacklst	OUT-Reference	BrG	Lijn	Tp	HH	BD	R
20	CRXU 203384 5 37839826	2,2	UDB	DV	8.6		
20	FCIU 213250 0 5350383280	2,2	UDB	DV	8.6		
20	NYKU 248708 9 5350383300	2,2	UDB	DV	8.6		
20	NYKU 301289 5 5350698790	2,2	UDB	DV	8.6		
40	ITAU 418303 1 36507322	4,0	UDB	DV	8.6		
40	CPSU 470841 2 36507322	4,0	UDB	DV	8.6		
40	UACU 817406 9 NLRTM018006	4,0	UDB	DV	8.6		

 Tot 0 = 7 containers #20ft = 4 / #40ft = 3 #Andere =
 BrGew.tot= 20.8 Gew 20 = 8.8 Gew 40 = 12.0 Gew andere =
 .0

 Tot 0 = 7 containers #20ft = 4 / #40ft = 3 #Andere =
 Totaal Gew = 20.8 Gew 20 = 8.8 Gew 40 = 12.0 Gew andere =
 .0

Documenten verbonden aan tijdelijke opslag bulkgoederen

Bijlage 8: Leverdocumenten verzonden door de klant



From : Vansteenkiste Hans Date 17/12/2010
To : Haven Genk
To : Dhr J Meysen & Dhr B Putzeys & Dhr J Hermans
Concerning : **Overview material to be delivered from Port of Genk**

Name Barge Okyalos / Cassidy
Material Charge Chrome
Supplier CMC Cometals
Ordernumber 4560002361/20
Delivery number 20100831333
Weight 470T, to fill up Q4 quota
Date Thursday 9/12/2010 as from 6.00 am
Transport by Haven Genk
Unloading place box 26
Sampling

Name Barge
Material
Supplier
Ordernumber
Delivery number
Weight
Date
Transport by Haven Genk
Unloading place
Sampling

Name Barge
Material
Supplier
Ordernumber
Delivery number
Weight
Date
Transport by Haven Genk
Unloading place
Sampling

Name Barge
Material
Supplier
Ordernumber
Delivery number
Weight
Date
Transport by Haven Genk
Unloading place
Sampling

Faxbericht



Aan : Transport Vanschoonbeek	Fax Nr : 011/673687
T.a.v. : Jean-Marie- Freddy - Samira	Datum : 16/12/2010
Vanwege : Haven Genk NV	Betreft : Bestelling vrachtwagen (1)
Pagina's : 1 (deze inbegrepen)	Tel. Contact : +- 10 H

Geachte,

Betreft levering : Op ALZ

Naam schip : Ex ORIANA 5 – 35mm

Gewicht : 150 ton

Materiaal : Charge chroom

Laaddatum+plaats : 17/12/2010 om 6 h Hal 7 Box 16

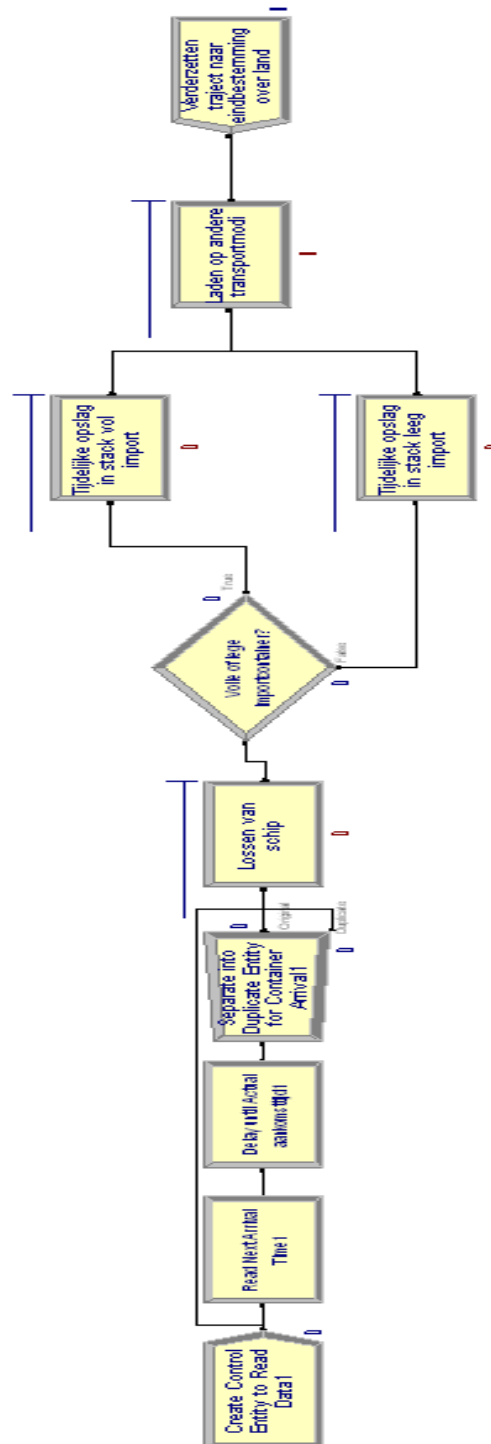
Leverings plaats : ALZ BOX 26 (navragen bij portier) +aanmelden bij stockers

Leveringsnr° ALZ : 20100835071

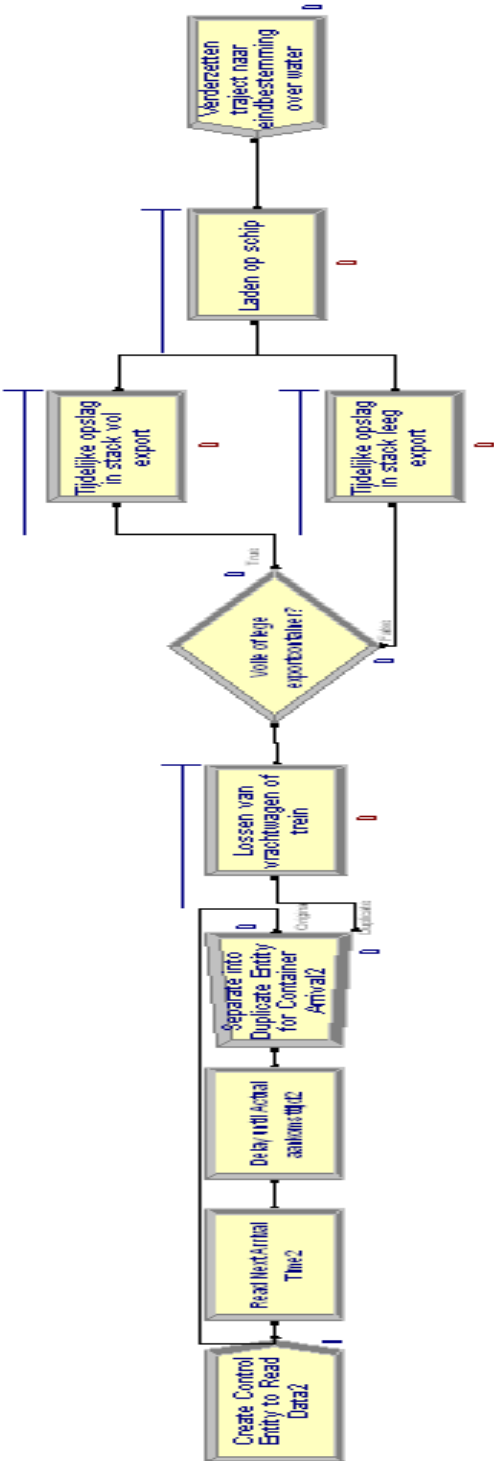
M vr gr Johan

Simulatiemodellen Haven Genk in Arena

Bijlage 10: Simulatiemodel losproces van importcontainers



Bijlage 11: Simulatiemodel laadproces van exportcontainers



Auteursrechtelijke overeenkomst

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

Analyse van de werking van binnenvaartterminals

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

Jaar: **2011**

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,

Verdonck, Lotte

Datum: **30/05/2011**