

Container Transferium Rotterdam

*Onderzoek naar de logistieke prestatie van container transport tussen
zeeterminals en een Transferium, gelegen in het directe achterland van de
Rotterdamse haven*

Eindrapport



Afstudeerverslag

D.W. Froeling

Delft / Rotterdam, maart 2008



Container Transferium Rotterdam

*Onderzoek naar de logistieke prestatie van container transport tussen
zeeterminals en een Transferium, gelegen in het directe achterland van de
Rotterdamse haven*

Eindrapport

Delft / Rotterdam, maart 2008

Door: D.W. Froeling
Stud.nr.: 1062921
E-mail: dirkfroeling@hotmail.com

Afstudeerverslag
Technische Universiteit Delft
Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen
Waterbouwkunde en Geotechniek
Havens en Scheepvaartwegen

Afstudeercommissie:

Prof. Ir. H. Ligteringen	TU Delft
Prof. Ir. J.C. Rijsenbrij	TU Delft
Ir. R. Groenveld	TU Delft
Ir. T. Vellinga	TU Delft / Havenbedrijf Rotterdam N.V.
Ir. M. van Schuylenburg	Havenbedrijf Rotterdam N.V.
Dr. P.W. de Langen	Erasmus Universiteit Rotterdam / Havenbedrijf Rotterdam N.V.



Voorwoord

Dit rapport is het laatste onderdeel van mijn master Waterbouwkunde aan de faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen op de Technische Universiteit Delft.

Als belangrijkste haven van Europa is een goede bereikbaarheid van de Rotterdamse haven absolute noodzaak. Toen ik de kans kreeg voor mijn afstuderen een bijdrage te leveren aan de bereikbaarheidsproblematiek van de haven, heb ik deze gegrepen. Het Container Transferium bleek een actueel onderwerp binnen het Havenbedrijf Rotterdam in verband met de constante groei van het containertransport.

De eerste maanden van het onderzoek zijn uitgevoerd op het Havenbedrijf in Rotterdam. Met een inspirerend uitzicht over de Rotterdamse haven en met vele experts op het gebied van de bereikbaarheid en de containerbusiness om mij heen ben ik begonnen aan het onderzoek. Na enkele maanden heb ik mijn werk voortgezet op de TU Delft en ben ik aan de slag gegaan met het simuleren van het Transferium.

Via deze weg wil ik graag Maurits van Schuylenburg bedanken voor de directe begeleiding en inspiratie. Verder ben ik veel dank verschuldigd aan de overige leden van mijn afstudeercommissie voor de begeleiding, inhoudelijke inbreng en het opbouwende commentaar.

Dirk Froeling

Delft / Rotterdam, maart 2008

Samenvatting

De verkeersbelasting op de A15, de belangrijkste ontsluitingsweg van de Rotterdamse haven, zal mede door de sterke groei van de containeroverslag, fors groeien, wat vanuit het oogpunt van bereikbaarheid en luchtkwaliteit absoluut onwenselijk is. Vanuit deze problematiek is het idee ontstaan van een Container Transferium:

Het basisidee van een Container Transferium is om containers gebundeld te vervoeren tussen de grote containerterminals op de Maasvlakte en een locatie in het directe achterland van Rotterdam. Dit ontlast de A15 in het havengebied en moet leiden tot vermindering van congestie en daardoor een verbetering van de luchtkwaliteit. Het Container Transferium kan worden gezien als een deel van de haven van Rotterdam in het achterland. Het transport tussen de zeeterminals en een Transferium zal gebeuren met behulp van binnenvaartschepen, ook wel “shuttles” genoemd.

Het doel van dit onderzoek was het logistiek inzichtelijk maken van containertransport via één Container Transferium, gelegen in het directe achterland van de Rotterdamse haven, zodanig dat dit effectief bijdraagt aan een verbeterde bereikbaarheid.

Bij het idee van een Container Transferium is er van uitgegaan dat er meerdere, kleinere Transferia in het achterland worden aangelegd. Elk Transferium heeft een bepaald doelgebied in het achterland. Het Transferium dat in dit rapport is onderzocht is zal een volledig nieuw aan te leggen Transferium zijn en moet een capaciteit van 200.000 TEU (Twenty Foot Equivalent Unit) per jaar kunnen verwerken. Naast het overslaan van containers van en naar de zeeterminals heeft het Transferium opslaggelegenheid voor lege containers (een *empty depot*). Het Transferium heeft een verbinding met drie containerterminals, allen gelegen op de Maasvlakte, namelijk ECT Delta, APMT en Euromax.

Om de logistieke prestatie van het Transferium te beoordelen is eerst een analyse gedaan naar de afwikkeling van het containertransport. Met behulp van de verkregen resultaten is dit transport tussen de zeeterminals en het Transferium vervolgens verder onderzocht met behulp van een simulatie. Dit samen heeft tot de volgende bevindingen geleid:

1. De capaciteit van de shuttles

Tussen het Transferium en de zeeterminals kan met verschillende typen shuttles gevaren worden. De capaciteit van deze shuttles (het maximaal aantal containers per shuttle) heeft een grote invloed op het transport op het gebied van:

- De doorlooptijd van de containers door het systeem: Hoe kleiner de capaciteit van de shuttles, des te korter is de doorlooptijd.
- De bezettingsgraad van de shuttles: Indien met shuttles met kleine capaciteit gevaren wordt is het aantal shuttles beter op de containerstroom af te stemmen dan indien met shuttles met grotere capaciteit gevaren wordt.

Hieruit volgt dat kleinere shuttles beter presteren dan grotere shuttles. De capaciteit van de shuttles die het beste scoren ligt tussen de 32 TEU (Neokempenaars) en de 48 TEU (Dortmund-Eemskanaalschepen).

2. De planning van de shuttles

Voor het transport tussen het Transferium en de zeeterminals is gekeken naar het varen van de shuttles volgens een vaste planning en naar het varen van de shuttles zonder een vaste planning. Het voordeel van een vaste planning is dat de shuttles op een constante afstand ten opzichte van elkaar blijven varen, wat gunstig is voor de doorlooptijd van de containers. Een ander voordeel is een goede betrouwbaarheid, omdat de aankomsttijden bij de zeeterminals vast staan. Op deze manier kunnen de zeeterminals goed rekening houden met de planning van de shuttles.

3. De route van de shuttles

Wat betreft de route van de shuttles zijn twee opties onderzocht: Het varen van een rondrit, waarbij de shuttles per cyclus langs alle drie de zeeterminals varen, en een route waarbij elke shuttle op en neer vaart tussen één specifieke zeeterminal en het Transferium. Zowel op het gebied van de doorlooptijd als de bezettingsgraad blijkt het varen van een rondrit het beste te presteren.

De gegeneraliseerde transportkosten

Uiteraard zijn de transportkosten van de containers een belangrijke factor bij de keuze van de verladers voor de keuze van transport. Deze transportkosten bestaan niet alleen uit directe overslag- en transportkosten (de tarieven van de vervoerders), maar ook uit indirecte transportkosten die samenhangen met de doorlooptijden en de leverbetrouwbaarheid. Deze kosten zijn meegenomen in de bovenstaande keuzes. Dit leidt tot de volgende (directe) kosten en doorlooptijd:

- De overslagkosten op het Transferium liggen in de orde van grootte van 25 euro per container.
- De transportkosten voor een Transferium, gelegen op een afstand van de zeeterminals van ongeveer 55 kilometer, liggen tussen de 21 en 25 euro per container.
- De gemiddelde doorlooptijd van de containers, indien met 32 of 48 TEU-shuttles gevaren wordt, ligt tussen de 6 en 7 uur.

Het containertransport via een Transferium moet concurreren met het vervoer van containers over de weg. Het belangrijkste aspect waar het vervoer via het Transferium beter op presteert is de betrouwbaarheid van de levertijd van de containers. Dit verdient dan ook alle aandacht bij het verder ontwikkelen van een Container Transferium.

In dit onderzoek lag de nadruk op het Transferium en het transport tussen dit Transferium en de drie zeeterminals. De gevolgen van het transport via het Transferium voor de zeeterminals zijn

buiten beschouwing gebleven. Aangezien de zeeterminals een onmisbare schakel zijn binnen het Transferium-concept dienen de gevolgen voor de zeeterminals helder in kaart te worden gebracht. Ook containeroverslag met behulp van een drijvende container kraan verdient extra aandacht, omdat dit voor de zeeterminals een grote meerwaarde kan hebben in combinatie met een Container Transferium.

De resultaten van dit onderzoek leveren een belangrijke input voor deze verdere studies.

Inhoudsopgave

Voorwoord	i
Samenvatting	ii
Inhoudsopgave	v
1 Inleiding	1
1.1 Groei haven en bereikbaarheidsproblematiek	1
1.2 Het concept van het Container Transferium	1
1.3 Stand van zaken bij aanvang onderzoek	2
1.4 Opbouw onderzoek	2
2 Situatieschets en problematiek	3
2.1 De Rotterdamse haven	3
2.1.1 Algemeen	3
2.1.2 Groei containerterminals	4
2.1.3 Ontsluiting haven	6
2.1.4 Verbetering van de bereikbaarheid	6
2.2 Organisatie achterlandcontainervervoer	8
2.2.1 Carrier haulage versus merchant haulage	8
2.2.2 Organisatie binnenvaart	8
2.2.3 Organisatie van het wegvervoer	8
2.3 Karakteristieken containervervoer	8
2.4 Classificatie van schepen en vaarwegen	10
2.4.1 Algemeen	10
2.4.2 Vaarwegen rond Rotterdam	10
3 Probleemanalyse	12
3.1 Probleemstelling	12
3.2 Doelstelling	13
4 Uitgangspunten en randvoorwaarden	14
4.1 Containers	14
4.2 Functies Transferium	14
4.2.1 Douane faciliteiten	14
4.2.2 Empty depot functie	15
4.2.3 Full depot functie	15
4.2.4 De opslag van containers	16
4.3 Markt Transferium	19
4.3.1 Definitie capaciteit	19
4.3.2 Capaciteit en zoekgebied Transferium	19
5 Varianten logistiek systeem	21
5.1 Inleiding	21
5.2 Logistieke concepten	21

5.3	Overslagwijze zeeterminal	22
5.4	Type shuttle.....	22
5.5	Locatiekeuze Transferium.....	23
5.6	Overslagwijze Transferium.....	24
5.7	Achterlandverbindingen	27
6	Analyse varianten.....	29
6.1	Inleiding	29
6.2	Aannames en uitgangspunten analyse.....	29
6.2.1	Aannames overslagwijze zeeterminal	29
6.2.2	Aannames shuttles	30
6.2.3	Aannames overslagwijze Transferium.....	33
6.2.4	Algemene aannames	33
6.3	Resultaten analyse varianten.....	34
6.3.1	De shuttles	34
6.3.2	Aantal ligplaatsen voor de shuttles op het Transferium.....	38
6.3.3	Benodigde capaciteit zeeterminals	40
6.3.4	Afwikkeling achterland	41
6.4	Conclusies varianten.....	43
6.4.1	De capaciteit van de shuttles	43
6.4.2	De locatiekeuze van het Transferium	43
6.4.3	Overslagwijze van het Transferium	44
6.4.4	Achterlandverbindingen	45
7	Concepten voor het Transferium.....	46
7.1	Het “shuttle per terminal” concept.....	46
7.2	Het “rondrit” concept	47
8	Simulatie Transferium.....	49
8.1	Inleiding	49
8.2	Doelen van de simulatie.....	51
8.3	Modelbeschrijving	53
8.3.1	Systeemgrenzen	53
8.3.2	Beschrijving van de stroom containers	54
8.3.3	Beschrijving van de componenten.....	58
8.4	Beperkingen model	61
8.5	Uitvoer simulatieruns.....	62
8.5.1	Plan van aanpak	62
8.5.2	Validatie model	64
8.5.3	Resultaten simulatieruns.....	64
8.6	Analyse van de output.....	71
8.6.1	Directe Transferium kosten.....	71
8.6.2	De gegeneraliseerde transportkosten.....	74

8.6.3	Kostenvergelijking.....	79
8.6.4	Invloed van de rentekosten.....	81
8.6.5	Vergelijking met het wegvervoer.....	82
8.7	Conclusies.....	84
8.7.1	Vergelijking tussen “freestyle” varen en het varen volgens vaste planning.....	84
8.7.2	Vergelijking tussen de rondrit en de shuttle per terminal.....	84
8.7.3	Vergelijking tussen de verschillende shuttlegroottes.....	85
8.7.4	Overige conclusies.....	87
8.7.5	Samenvatting conclusies	88
9	Conclusies en aanbevelingen.....	90
9.1	Recapitulatie onderzoeksdoel en uitgangspunten	90
9.2	Conclusies met betrekking tot de resultaten	91
9.3	Aanbevelingen en vervolg onderzoek.....	93
	Literatuurlijst.....	96
	Lijst van figuren	98
	Lijst van tabellen.....	99
	Bijlagen.....	101
	Bijlage A: Scheepsafmetingen en laadcapaciteit	102
	Bijlage B: Kosten binnenvaart	104
	Bijlage C: Rekenmodel analyse varianten	109
	Bijlage D: Procesbeschrijving van de componenten	113
	Bijlage E: Overzicht simulatieruns.....	138
	Bijlage F: Resultaten simulatieruns	140
	Bijlage G: Kostenberekeningen Transferium	158

1 Inleiding

1.1 *Groei haven en bereikbaarheidsproblematiek*

De Rotterdamse haven zal, als belangrijkste containerhaven van Europa en één van de belangrijkste van de wereld, rekening moeten houden met een sterke groei van de containeroverslag. Deze groei van het containertransport zal vragen om uitbreiding van de Rotterdamse haven. Aangezien de huidige Maasvlakte nagenoeg vol zit, wordt aan de toenemende ruimtevraag voldaan door de aanleg van de Maasvlakte 2. Dit nieuwe haven- en industrieterrein, met een totale geplande oppervlakte van circa 1.000 hectare, zal toegang bieden aan de grootste containerschepen.

Bij het creëren van nieuw haven- en industrieterrein houdt het natuurlijk niet op. Een goede afwikkeling van de goederenstroom is absoluut noodzakelijk. Een goede bereikbaarheid van de haven is essentieel om de concurrentiepositie van de haven te behouden.

Om de bereikbaarheid van de Rotterdamse haven te waarborgen is er een bereikbaarheidsplan voor de haven opgesteld, met hierin verschillende initiatieven.

De verkeersbelasting op de A15, de belangrijkste ontsluitingsweg van de haven, zal mede door de sterke groei van de containeroverslag, fors groeien, wat vanuit het oogpunt van bereikbaarheid en luchtkwaliteit absoluut onwenselijk is.

Het is daarom van groot belang om een groter deel van de import / export containers te gaan vervoeren met trein of binnenvaart. De ontwikkeling van een Container Transferium concept zou hieraan een belangrijke bijdrage kunnen leveren.

1.2 *Het concept van het Container Transferium*

Het basisidee van een Container Transferium is om containerstromen gebundeld te vervoeren tussen de grote zeeterminals aan de westkant van de haven en een locatie in het directe achterland van Rotterdam, om zodoende de A15 in het havengebied te ontlasten, wat moet leiden tot vermindering van congestie en een verbetering van de luchtkwaliteit. Het Container Transferium kan worden gezien als een deel van de haven van Rotterdam in het achterland.

Tussen de zeeterminals en het Container Transferium worden containers vervoerd met binnenvaartshuttles. Door de concentratie van stromen kunnen verbindingen met de verschillende zeeterminals worden opgezet, wat moet leiden tot een effectief en betrouwbaar vervoerssysteem tussen het Container Transferium en de zeeterminals.

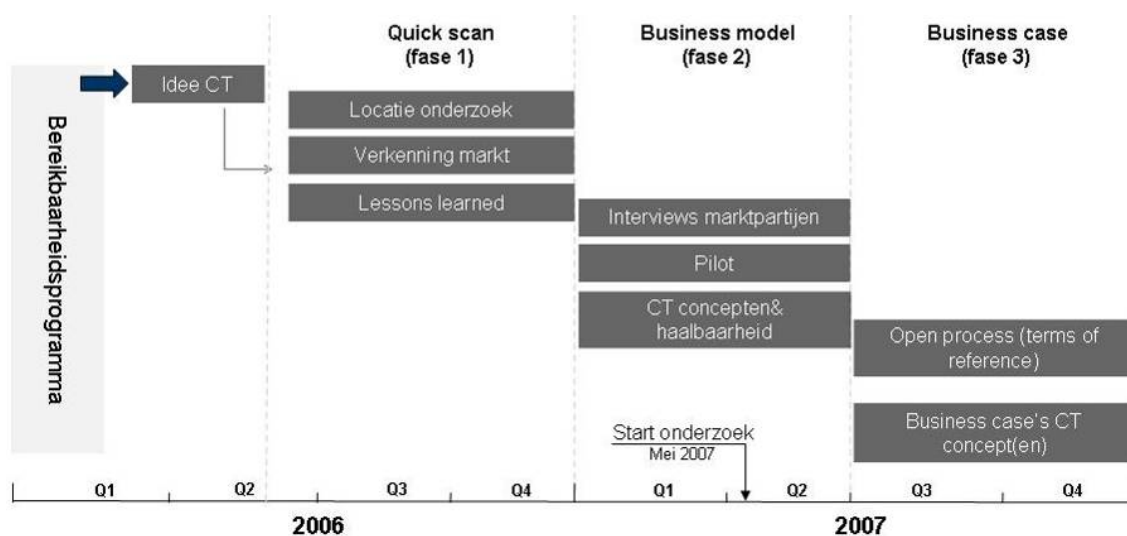
Het vervoer tussen het Container Transferium en de eindbestemming vindt voor een groot deel plaats met een truck, maar mogelijk deels ook met de binnenvaart. Empty depots en

douanefaciliteiten maken deel uit van het Container Transferium concept. Bovendien kan de terminal gunstig zijn voor vestiging van distributiecentra.

Omdat het wegvervoer vanaf de A15 snel uitwaaiert naar de verschillende bestemmingen in het achterland, moet de locatie van het Transferium zich bevinden in de directe omgeving van de Rotterdamse haven.

1.3 Stand van zaken bij aanvang onderzoek

In 2006 is in het Havenbedrijf het idee ontstaan van het Container Transferium (CT). Na een eerste verkenning in fase 1 is besloten verder te gaan met een diepgaandere haalbaarheidsstudie.



Figuur 1: Plan van aanpak Container Transferium [1]

Bij aanvang van dit onderzoek, in mei 2007, bevond het onderzoek zich in deze haalbaarheidsstudie.

1.4 Opbouw onderzoek

In dit verslag zal eerst de achtergrondinformatie worden beschreven om een goed inzicht te krijgen in de huidige problematiek.

In het systeem van transport met gebruik van een Transferium zijn verschillende varianten te erkennen. Deze zullen worden beschreven en een eerste analyse zal worden uitgevoerd. Aan de hand van deze analyse zullen verschillende concepten nader worden bekeken. Bij de analyse van de concepten is gebruik gemaakt van een simulatie van het systeem.

Het onderzoek zal sluiten met een terugblik op de verschillende varianten en concepten en met conclusies en aanbevelingen.

2 Situatieschets en problematiek

2.1 De Rotterdamse haven

2.1.1 Algemeen

De Rotterdamse haven is in Europa de grootste haven op het gebied van containeroverslag. De bereikbaarheid van de Rotterdamse haven is van groot belang, want de kwaliteit van de toegang tot het achterland met de verschillende modaliteiten is een belangrijke factor in de competitie tussen zeehavens voor het aantrekken van containers.

De drie verschillende modaliteiten (de modal shift) waarmee het achterland met containers kan worden voorzien zijn:

1. Per truck
2. Per binnenvaart
3. Per trein

In dit hoofdstuk zal de huidige situatie, die van belang is voor het functioneren van het Container Transferium, worden toegelicht en zullen de ontwikkelingen worden beschreven.

Een beschrijving van het spoorvervoer zal achterwege blijven, aangezien het Transferium geen betrekking heeft op deze modaliteit.

Onderstaand figuur geeft een overzicht van de Rotterdamse haven.



Figuur 2: Overzicht Rotterdamse haven

Het vrachtverkeer rijdt van en naar de Rotterdamse haven om containers voor het achterland op te pikken en exportcontainers te lossen. Het grotendeel van deze containers komt van de Maasvlakte 1, waar ECT en APM Terminals hebben, en van de Waal-Eemhaven, waar ECT en RST terminals hebben. In de toekomst zal er ook nog extra containertransport gaan plaatsvinden van en naar de geplande Maasvlakte 2.

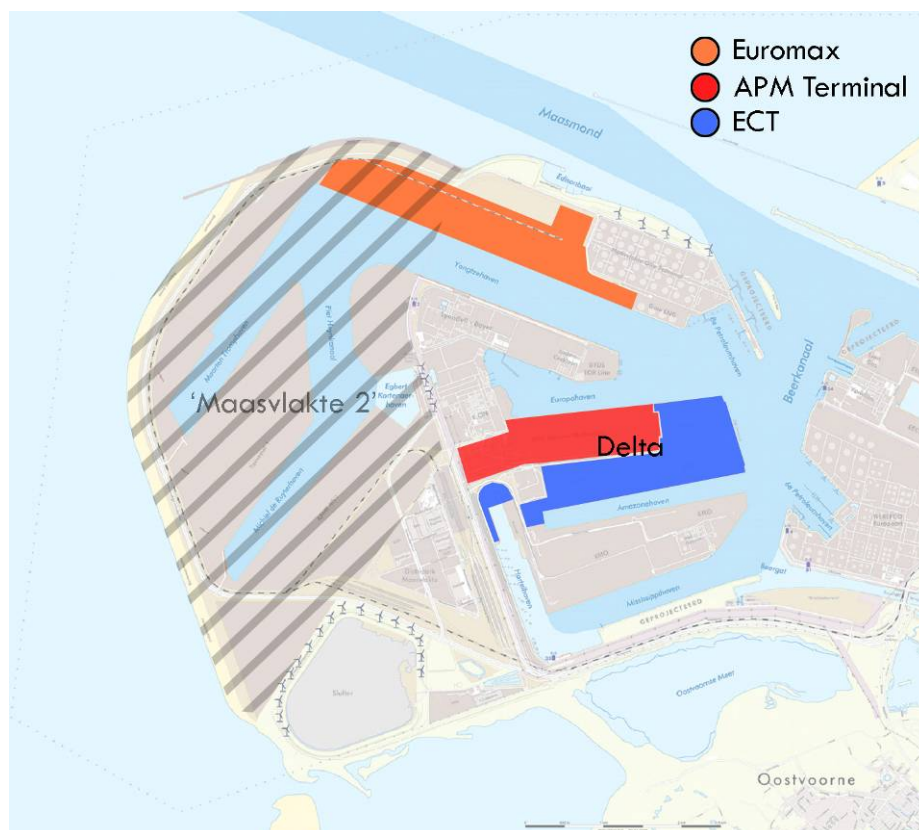
Veruit de belangrijkste ontsluitingsweg van de containerterminals is de A15. De capaciteit van de A15 is beperkt en nu al is de kans op vertraging door congestie aanzienlijk. Dit maakt de A15 een zeer kwetsbare schakel in de bereikbaarheid van de Rotterdamse haven met het achterland. Het wegtransport biedt een rechtstreekse verbinding met het achterland en de verschillende terminals.

Een ander deel van de ontsluiting van de containerterminals vindt plaats via de binnenvaart. De transportketen van de binnenvaart heeft vaak een extra overslag in vergelijking met het wegverkeer. Om van het achterland naar de terminals te komen zal de container eerst naar een terminal in het achterland worden gebracht, om daar vervolgens overgeladen te worden op een binnenvaartschip, dat richting de Rotterdamse haven zal vertrekken.

Niet altijd hoeft de gehele lading van een binnenvaartschip bij dezelfde terminal gelost te worden, vaak heeft een deel van de lading een andere bestemming, wat ertoe leidt dat binnenvaartschepen binnen de Rotterdamse haven “hoppen”. Dit houdt in dat er per binnenvaartschip meerdere terminals worden aangedaan met vaak kleine call sizes. Voor de terminals is dit een zware belasting en het brengt planningsproblemen met zich mee. Een vertraging bij de ene terminal werkt door op een andere terminal.

2.1.2 Groei containerterminals

Onderstaand figuur geeft een overzicht van de Maasvlakte 1 in de Rotterdamse haven, en van de Maasvlakte 2, die nog aangelegd moet worden.



Figuur 3: De containerterminals op Maasvlakte 1

Op Maasvlakte 1 (MV1) is momenteel een tweetal containerterminals in staat de zeer grote zeeschepen af te handelen, namelijk ECT Delta en APM Terminals, die zich op het Delta schiereiland bevinden. Een derde terminal wordt aangelegd, Euromax, en verwacht wordt dat deze Euromax terminal nog in 2008 zijn eerste container zal overslaan.

- ECT Delta

ECT Delta bestaat eigenlijk uit drie terminals met gescheiden opslag van de containers (de stacks). Elk van deze drie terminals beschikt over een kade met grote kranen, die geschikt zijn de grootste zeeschepen af te handelen. Om deze kostbare 'diepzeekade' te ontlasten zal 2008 de "Delta Barge Feeder Terminal" op de kop van het Delta schiereiland operatief worden. Deze "dedicated barge"-kade is specifiek bedoeld voor kleinere containerschepen (zoals de containerbinnenvaart en de kleine zeeschepen), zodat deze schepen niet bij de veel duurdere diepzeekades hoeven aan te leggen [25].

- APMT

Ook de APM Terminal bevindt zich op het Delta schiereiland. Momenteel heeft APMT alleen een diepzeekade. Voor de aanleg van een dedicated barge- kade is er eventueel aan de andere kant van het Delta schiereiland een mogelijkheid.

- Euromax

De Euromax terminal op MV1 is nog onder constructie, maar zal in 2008 operationeel worden. Dedicated barge afhandeling staat gepland in een verder stadium van Euromax, aan de oostzijde van de terminal, gelegen tegen de Maasvlakte Olie Terminal.

De komende jaren zal de containeroverslag op de Maasvlakte worden uitgebreid. ECT zal verder uitbreiden met extra kranen en nieuwe software aansturing. De capaciteit van ECT zal daardoor verder toenemen tot een geschat maximum van 6,6 miljoen TEU (Twenty Feet Equivalent Unit) in 2012. Ook APMT is aan het uitbreiden met extra ruimte en herinrichting van de terminal. De maximale capaciteit wordt geschat op 2,4 miljoen TEU.

Daarnaast zal de toekomstige Euromax terminal een uiteindelijke capaciteit krijgen van 2,9 miljoen TEU. [2]

Tabel 1: Capaciteitsverdeling zeeterminals MV1 in 2012

Terminal	Capaciteit (x miljoen TEU)	Aandeel (%)
ECT	6,6	55,5%
APMT	2,4	20,2%
Euromax	2,9	24,4%
Totaal	11,9	100,0%

Na de ingebruikname van de Maasvlakte 2 (MV2) zal het containertransport zich hier verder uitbreiden. Gepland staat te starten met de aanleg van MV2 in 2008 en in 2013 moet de eerste container over de kade gaan. In 2033 moet de MV2 volledig in gebruik zijn.

Momenteel zijn er 3 containerpartijen bekend die zich op de nieuwe Maasvlakte zullen vestigen: APMT, Rotterdam World Gateway en Euromax.

APMT zal naar verwachting uiteindelijk een capaciteit hebben van 4,5 miljoen TEU en Rotterdam World Gateway (bestaande uit o.a. DP World) een capaciteit van ongeveer 4 miljoen TEU. Euromax heeft de mogelijkheid zijn terminal van MV1 te verlengen op MV2.

Naast deze partijen is er nog meer oppervlakte op MV2 beschikbaar gesteld voor containeroverslag. Deze oppervlakte zal echter nog moeten worden toegewezen aan (een) geschikte partij(en). Naar verwachting zal de Maasvlakte 2 uiteindelijk een capaciteit leveren van 16 – 20 miljoen TEU [34].

2.1.3 Ontsluiting haven

Alles wijst er dus op dat de groei van de containeroverslag in de haven van Rotterdam zal blijven doorzetten. Naast deze groei is de modal shift steeds meer aan het stagneren. Het percentage containers dat per binnenvaartschip en trein van en naar het achterland wordt vervoerd neemt niet meer toe.

De drukte op de zeeterminals is een belangrijke reden voor dit stagneren. Binnenvaartschepen moeten steeds vaker lang wachten, waardoor er gekozen wordt voor de trucks (die overigens ook met wachttijden te maken hebben). Door deze aanhoudende groei van de containeroverslag en de blijvende voorkeur voor de truck neemt de congestiekans op de A15 in de haven in hoog tempo toe. Zo werden op het deel van de A15 in de Rotterdamse haven in 2004 ‘slechts’ 619 files geteld, in 2006 waren dat er al 2693 [3].

Vanwege dit toenemende aantal trucks neemt op de A15 ook de fijnstofproblematiek toe, terwijl Rotterdam juist streeft naar een vermindering van deze uitstoot.

2.1.4 Verbetering van de bereikbaarheid

Om tot een verbetering te komen van de bereikbaarheidsproblematiek wordt er op verschillende plaatsen in de logistieke keten naar oplossingen gezocht. Door verschillende partijen, zoals de overheid, het bedrijfsleven en Havenbedrijf Rotterdam, wordt er hiervoor geïnvesteerd. Verschillende projecten moeten de bereikbaarheid van de haven garanderen en voorkomen dat door de constante groei van de goederenstromen de haven zou vastlopen. Het Container Transferium is één van deze projecten, maar staat er niet alleen voor. Enkele overige projecten, die moeten bijdragen aan een verbetering van de bereikbaarheid van de Rotterdamse haven worden beschreven:

- Aanleg Maasvlakte 2

Al eerder is gesproken over de toenemende ruimte vraag in de Rotterdamse haven, waaraan voldaan moet worden. Direct ten westen van het huidige haven- en industriegebied wordt in de Noordzee een nieuwe locatie voor havenactiviteiten en

industrie gecreëerd. Maasvlakte 2 zal netto 1.000 hectare bedrijfsterrein omvatten, direct gelegen aan diep vaarwater. Door deze uitbreiding van de huidige haven zal de capaciteit voor de overslag van containers in de toekomst verdubbelen [34]. De Maasvlakte 2 zorgt voor een verbeterde bereikbaarheid voor de grote zeeschepen, en stimuleert zodoende verdere groei.

- Meer collectief personenvervoer

In het haven- en industriegebied is openbaar vervoer beperkt aanwezig. Het Havenbedrijf zet zich, samen met regionale en lokale overheden en het bedrijfsleven in voor meer collectief personenvervoer in het woon-werkverkeer. Op die manier worden bedrijven in het havengebied beter bereikbaar en neemt de drukte op de A15 af.

- Opening Betuweroute

De goederentrein is een goede vervoersoplossing voor vrachttransport over langere afstanden. Maar de laatste jaren wordt het ook op het spoor steeds meer dringen. Bovendien hebben reizigerstreinen voorrang boven goederentreinen dat het goederenvervoer per trein niet ten goede komt. De opening van de Betuweroute brengt hier verandering in en vergroot de capaciteit van het spoor.

- Bouw nieuwe inland terminals

Vervoer per binnenvaart zal eveneens verder groeien. Nieuwe inland terminals verbeteren het vervoersnetwerk voor de binnenvaart.

- Verbeterde afwikkeling van het wegverkeer

Ondanks alle geplande maatregelen voor het terugdringen van het vrachtverkeer en een betere doorstroming is aanleg van nieuwe infrastructuur in het havengebied onvermijdelijk. De Rijksoverheid heeft hierbij het initiatief. Zo zal Rijkswaterstaat komende jaren de capaciteit van de A15 richting de Maasvlakte vergroten.

Verder zijn er plannen in ontwikkeling voor een extra oeververbinding ten westen van de huidige Beneluxtunnel, om de druk van de A15 te verlichten. De A15 zal dan niet meer de enige snelweg zijn die de haven rechtstreeks met het achterland verbindt.

2.2 Organisatie achterlandcontainervervoer

2.2.1 Carrier haulage versus merchant haulage

In het vervoer van maritieme containers vanuit een zeehaven naar het achterland kan een belangrijk onderscheid worden gemaakt voor wat betreft de relatie klant - vervoerder. Het is mogelijk dat de zeerederij voor het aansluitende inlandvervoer zorg draagt, ofwel dat de verlader/ontvanger zelf het vervoer vanuit de zeehaven naar de eindbestemming regelt. In het eerste geval, waarin de rederij als klant optreedt, spreekt met van carrier haulage, in het tweede geval van merchant haulage.

Een belangrijk verschil is dat onder merchant haulage de verlader/ontvanger in beginsel de plicht heeft de lege container na lossing naar hun herkomst (de zeehaven) terug te brengen. Bij het vervoer onder carrier haulage probeert de rederij zelf de repositie van containers te optimaliseren. Hierdoor bestaat het tarief bij merchant haulage vaak uit de volledige roundtrip (vol heen, leeg terug), terwijl bij carrier haulage een enkele reis het uitgangspunt voor tariefstelling kan zijn [4].

2.2.2 Organisatie binnenvaart

In de containervaartmarkt, die voor wat betreft haar belangrijkste routes ruwweg uiteenvalt in de Rijnvaart en het vervoer tussen Rotterdam en Antwerpen, zijn een aantal rederijen actief. Deze rederijen hebben zelf geen of nauwelijks eigen schepen in de vaart, maar schakelen voor het vervoer particuliere schippers in, die op contractbasis voor hen varen. De rederijen treden vooral op in de rol van organisator van het vervoer per binnenschip. Zij beschikken over de noodzakelijke walorganisatie, die de organisatie van vervoersdiensten voor haar rekening kan nemen.

2.2.3 Organisatie van het wegvervoer

Er bestaat een zeer ruim aanbod van wegvervoerondernemingen, die bovendien tamelijk gelijksoortige vervoersdiensten aanbieden, waardoor het nogal moeilijk is zich op effectieve wijze van de concurrenten te onderscheiden. Hierdoor is de concurrentie binnen het wegvervoer scherp. In vele gevallen vinden de transportactiviteiten plaats onder regie van de rederijen, die als carrier haulage opereren. De rederij bepaalt welke bedrijven voor het transport worden ingezet. Het grote aantal kleine ondernemingen brengt de rederij in een sterke positie, waarbij ondernemingen tegenover elkaar kunnen worden uitgespeeld.

2.3 Karakteristieken containervervoer

De keuze van vervoerswijze wordt door verschillende criteria bepaald, die naar omstandigheden in belang kunnen variëren. Er is daarom geen éénduidige rangorde aan te geven in de factoren

die de vervoerswijzekeuze bepalen [4]. De karakteristieken van het vervoer die een verlader voor zijn vervoerskeuze belangrijk acht zijn onder andere:

- De totale transporttijd
- Betrouwbaarheid van het transport (stiptheid van de levering)
- De prijs die de verlader voor de vervoersdienst moet betalen

Transporttijd

De snelheid van het vervoer is uiteraard een belangrijke factor voor de keuze van vervoer: Een kortere transporttijd wordt over het algemeen verkozen boven een langere transporttijd, omdat men dan eerder over de goederen kan beschikken. Zo kan bij een snellere doorlooptijd door de verlader/ontvanger gewerkt worden met kleinere voorraden en kortere besteltijden.

Echter, waar rekening mee gehouden dient te worden, is dat men namelijk niet altijd tegen elke prijs de geringste transporttijd wil realiseren. De omstandigheden en de aard van de goederen spelen hierbij een belangrijke rol in het containervervoer.

Het wegvervoer blijft, ondanks de steeds toenemende congestie op de wegen, vaak de snelste vervoerswijze. Het grote doordringingvermogen en de snelle beschikbaarheid van de vrachtwagen zijn daarbij essentieel. Een container die eenmaal op het chassis staat, kan rechtstreeks van zeehaven naar klant en terug worden vervoerd. Extra overslaghandelingen, zoals in de binnenvaart en bij het spoorvervoer blijven achterwege. Zelfs bij het laden of lossen bij de klant kan de container op de vrachtwagen blijven staan. De beperkte beschikbaarheid van binnenschip of trein door gebondenheid aan dienstregelingen werkt over het algemeen ook door in de doorlooptijden, terwijl de vrachtwagen steeds vrijwel onmiddellijk inzetbaar is.

Overigens heeft de binnenvaart in het lege containervervoer een groter marktaandeel, aangezien de tijdsdruk in dergelijk vervoer veel geringer is.

Betrouwbaarheid van het transport

Betrouwbaarheid van het vervoer is eveneens een belangrijke vervoerskwaliteit. Indien meer zekerheid geboden kan worden voor wat betreft aankomsttijden in het vervoer, is er meer bereidheid om transportkosten af te wege tegen hogere kosten die zouden ontstaan door te late aflevering. Fileproblemen en wachttijden op terminals zouden de kans op vertragingen vergroten. Vooral het wegverkeer wordt hiermee in toenemende mate geconfronteerd.

De betrouwbaarheid die spoor en binnenvaart kunnen bieden hangt onder meer af van de kwaliteit van de aansluiting op het spoor- en/of waterwegennet. Meerdere actoren zijn betrokken in de transportketen en dit kan ten koste gaan van de betrouwbaarheid.

Transportkosten

Uiteraard spelen eveneens de kosten van het vervoer een belangrijke rol. Gekeken moet worden naar de kosten van de volledige transportketen, aangezien bij vervoer per binnenvaart of spoor een extra overslaghandeling nodig is en er vaak van meerdere vervoerswijzen gebruik wordt gemaakt.

2.4 Classificatie van schepen en vaarwegen

2.4.1 Algemeen

De huidige vloot van binnenvaartschepen is divers en bestaat uit een groot aantal schepen van verschillende typen. Deze typen zijn vaak ontstaan uit een combinatie van ladingeigenschappen en de eigenschappen van de vaarweg.

Wat betreft de containerbinnenvaart geldt dat vrijwel ieder schip voor droge lading ook geschikt is voor het vervoer van containers. Slecht een aantal binnenvaartschepen zijn speciaal gebouwd voor het vervoeren van containers. De dedicated containerbinnenvaartschepen zoals de Jowi en Amistade (470 TEU) en de Neokemp en Novakemp (32 TEU) geven aan dat de containerbinnenvaart verschillende schaalniveaus kent.



Figuur 4: De Jowi [26]



Figuur 5: De Neokemp [26]

Voor de verschillende scheepsafmetingen wordt gebruik gemaakt van een klasse-indeling [5]. De toegepaste klasse-indeling komt overeen met die welke sinds 1992 door de Conferentie van Europese Ministers van Verkeer (C.E.M.T.) wordt gevolgd en welke gebaseerd is op de afmetingen van standaard schepen en duwstellen. Onderstaande tabel geeft een kort zicht van de indeling. De volledige klasse-indeling is te zien in bijlage A.

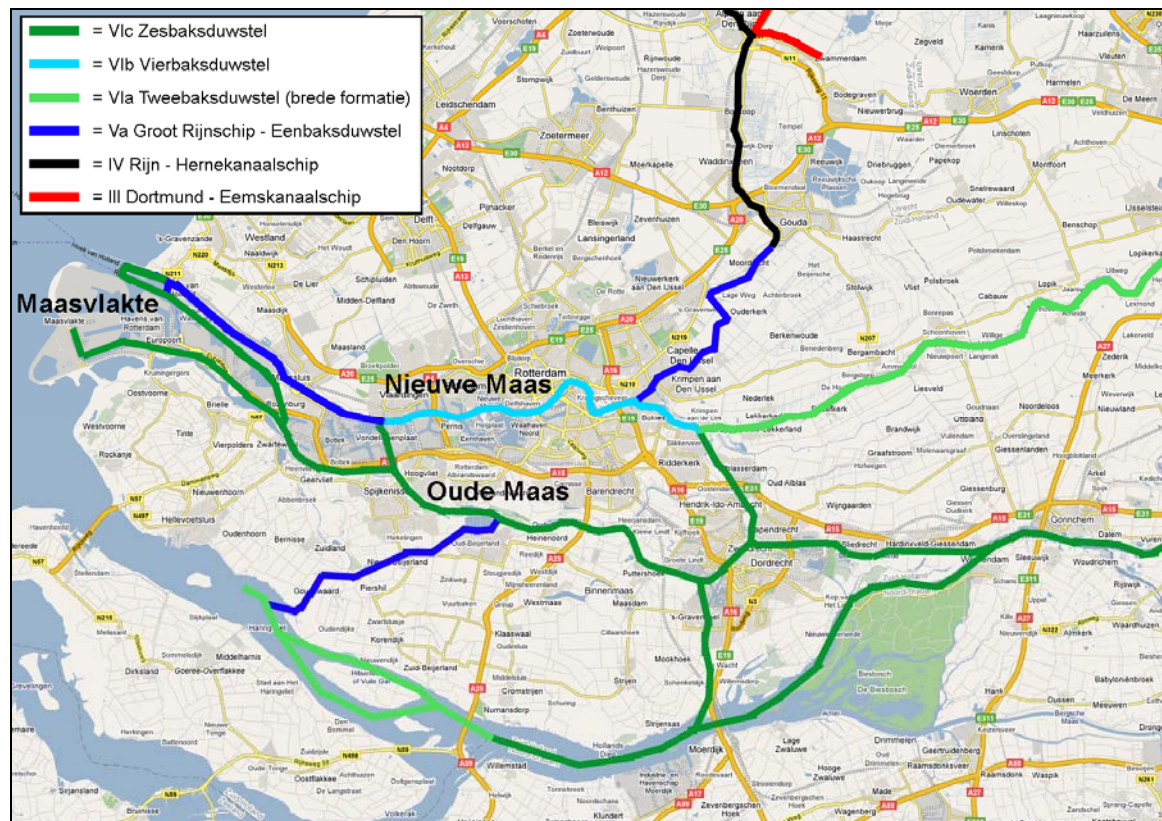
Tabel 2: Klasse-indeling volgens C.E.M.T.

Scheepstype	Vaarwegklasse
Spits / Peniche / Barge	I
Kempenaar / Kast-Campinois / Campine-Barge	II
Dortmunder / Dortmund - Eemskanaalschip	III
Rijn-Hernekanaalschip	IV
Rijn-Hernekanaalschip (duwstel)	IV
Groot Rijschip	Va
Groot Rijschip (duwstel)	Va
2-baksduwvaart (gestrekte formatie)	Vb
2-baksduwvaart (2 naast elkaar)	Vla
4-baksduwvaart	Vlb
6-baksduwvaart (2x3 of 3x2)	Vlc

Voor het aanduiden van de capaciteit van vaarwegen wordt ook vaak gebruik gemaakt van de C.E.M.T. indeling. Dit geeft de maximale scheepsafmetingen voor een bepaalde vaarweg.

2.4.2 Vaarwegen rond Rotterdam

Onderstaand figuur geeft een overzicht van het gebied rondom Rotterdam.



Figuur 6: Klasse-indeling vaarwegen rond Rotterdam [33], [35]

In dit figuur zijn de verschillende vaarwegen met bijbehorende klassen weergegeven. De achterlandverbindingen van de haven voor de binnenvaart betreffen de vaarwegen vanaf de Maasvlakte tot en met de Nieuwe Maas en de Oude Maas.

3 Probleemanalyse

3.1 Probleemstelling

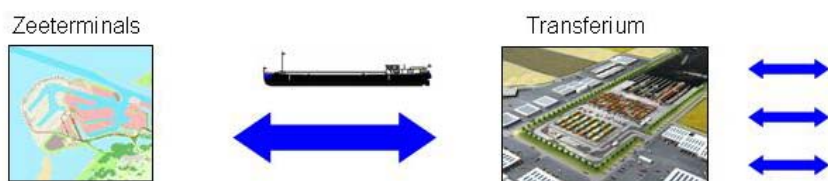
Het concept van een Container Transferium heeft 3 primaire doeleinden [9]:

- Het verlichten van de congestieproblematiek van de A15 in de regio Rotterdam, om zo de bereikbaarheid van de containerterminals op de Maasvlakte te verbeteren.
- Verbeteren van de luchtkwaliteit in de haven door minder fijnstof, CO₂ en NO_x.
- Het reduceren van de overbelasting van de zeeterminals.

Het huidige wegtransport heeft in steeds grotere mate te maken met congestie op de A15, wat tot steeds grotere vertragingen leidt. Eenmaal aangekomen bij de zeeterminal heeft de truck vaak nog extra te maken met aanzienlijke wachttijden, voordat de truck gelost en vervolgens weer geladen kan worden.

Gebruik van één of meerdere zogeheten Container Transferium is een nieuw logistiek concept. Een Transferium, gelegen in het directe achterland van de Rotterdamse haven, heeft een verbeterde bereikbaarheid voor het wegverkeer, want het verkeer heeft geen last meer van de congestie op de A15. Het Transferium beoogt ook een vlottere afwikkeling van de trucks met een kleinere wachttijd dan dat de trucks momenteel hebben bij de zeeterminals.

Hier tegenover staat echter wel dat er extra kosten en tijd zijn gebonden bij het laden en lossen bij een Transferium. De container zal zijn laatste/eerste deel van zijn route afleggen per binnenvaart. Dit leidt tot een gebundelde stroom in de haven.



Figuur 7: De vervoersketen met Transferium

Het concept van het Transferium moet op een zo effectief mogelijke wijze bijdragen aan de afhandeling van containers.

Bij de afhandeling van containers via een Transferium is een drietal factoren erg belangrijk voor het functioneren van het concept van het Transferium:

1. De kosten

Uiteraard spelen de kosten van het vervoer een belangrijke rol. Indien vervoer via het Transferium veel duurder zou zijn dan direct transport tussen achterland en de zeeterminals, dan zal het Transferium in de vervoersketen worden overgeslagen.

2. De betrouwbaarheid

De betrouwbaarheid is zeer belangrijk voor vervoer via het Transferium. Indien het vervoer een aanzienlijke kans op vertraging zou oplopen bij transport via Transferium, dan vervalt een belangrijk voordeel van het vervoer via Transferium. Voor zowel de binnenvaart als voor de trucks geldt dat, indien ze moeten wachten bij het Transferium, ze zelf zullen doorreizen tot de zeeterminals.

3. De doorlooptijd van de containers

Een goede doorstroom van de containers door het Transferium is eveneens zeer essentieel. Indien het transport via het Transferium er aanzienlijk langer over zou doen dan het huidige vervoer, zal dit ten koste gaan van het transport via Transferium.

3.2 Doelstelling

Hier volgt de doelstelling van dit onderzoek:

“Het doel van dit onderzoek is het logistiek inzichtelijk maken van containertransport via één Container Transferium, gelegen in het directe achterland van de Rotterdamse haven, zodanig dat dit effectief bijdraagt aan een verbeterde bereikbaarheid.”

Om de doelstelling te bereiken zal een aantal vragen beantwoord worden:

- Wat zijn de dimensies van het Transferium?
- Wat is de optimale capaciteit van de shuttles, die op en neer pendelen?
- Hoe is de nieuwe situatie in vergelijking met de huidige situatie?

In de doelstelling wordt nadrukkelijk vermeld dat het om één Transferium gaat. Bij het logistieke concept van een Container Transferium kan worden gedacht aan één Transferium of aan meerdere Transferia. Het logistieke concept blijft uiteraard onveranderd. Het heeft echter wel invloed op de capaciteit van het Transferium.

Voor het Transferium, het transport van/naar het Transferium en de handling bij de zeeterminal zal gekeken worden naar de doorlooptijd van de containers en de kosten van het vervoer.

Als eerste zullen de verschillende varianten voor het logistieke systeem grof worden doorgerekend. Hierdoor wordt inzicht verkregen in de kosten en doorlooptijden van de verschillende elementen van het systeem. Vervolgens zullen verschillende concepten nader worden bekeken.

4 Uitgangspunten en randvoorwaarden

4.1 Containers

De eerste containers hadden een dimensie van 8 voet x 8 voet x 20 voet (komt overeen met 2,44 meter x 2,44 meter x 6,10 meter). Vanwege deze lengteafmeting wordt bijvoorbeeld de capaciteit van een schip of de opslagcapaciteit van een terminal uitgedrukt in het aantal 20-voet-containers uitgedrukt en heet TEU (Twenty Feet Equivalent Unit). Tegenwoordig wordt naast de 20-voets-containers ook gebruik gemaakt van onder andere 40-voets-containers en nog een klein deel containers met andere afmetingen.

De verhouding tussen het aantal containers en het aantal TEU wordt gegeven door middel van de TEU-factor. In 2006 zijn er in totaal afgerond 5,87 miljoen containers overgeslagen, wat overeen kwam met 9,69 miljoen TEU [6].

Dit geeft een TEU-factor van 1,65. Deze TEU-factor wordt verondersteld constant te zijn.

4.2 Functies Transferium

Op het Transferium dienen de containers tijdelijk opgeslagen te worden. Er zal onderscheid gemaakt worden tussen de opslag van lege containers in het empty depot en volle containers op het full depot. Dit onderscheid wordt gemaakt vanwege de verschillen in opslag tussen volle en lege containers:

- Lege containers hebben een langere gemiddelde verblijftijd in de stack dan volle containers.
- Lege containers worden vaak hoger opgestapeld dan volle containers.
- Volle en lege containers hebben verschillende faciliteiten nodig. Zo dienen lege containers te kunnen worden gerepareerd of schoongemaakt, en moeten volle containers goed worden bewaakt.

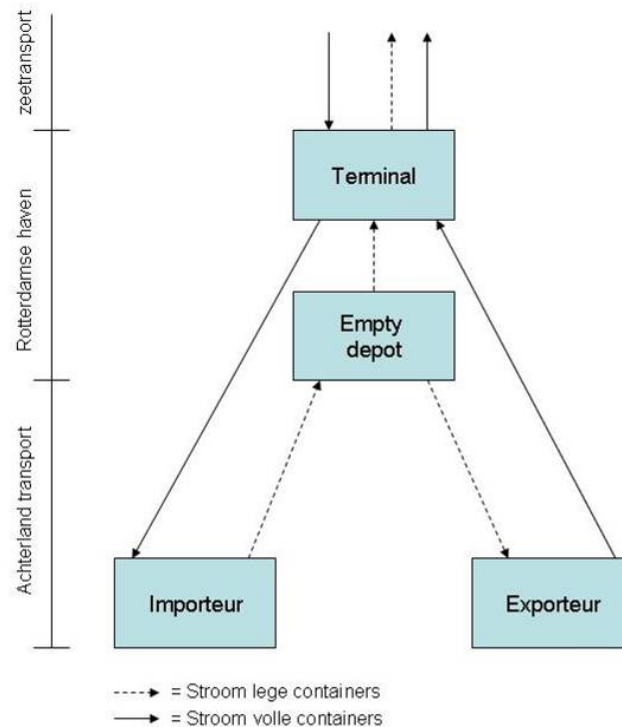
Naast deze depots zal het Transferium ook over douanefaciliteiten moeten beschikken. De genoemde functies zullen hieronder worden toegelicht.

4.2.1 Douane faciliteiten

Het Transferium is te beschouwen als de toegangspoort van de zeeterminals. Door de douaneformaliteiten af te handelen op het Transferium, wordt het traject tussen het Transferium en de zeeterminals een “intern” transport. De overslag op de zeeterminals kan hierdoor zonder haperingen en oponthoud verlopen [3]. Het Transferium kan op deze manier gezien worden als een landinwaartse uitbreiding van de zeeterminals. Douane faciliteiten op het Transferium zijn absoluut noodzakelijk.

4.2.2 Empty depot functie

Vanwege een onbalans en fluctuaties tussen de import en export van containers is tijdelijke opslag van lege containers onvermijdelijk. Onderstaand figuur geeft de containerstromen schematisch weer.



Figuur 8: Schematische weergave containerstromen [7]

Direct transport tussen importeur en exporteur vindt praktisch niet plaats, omdat lege containers vaak gecontroleerd dienen te worden op schade en eventueel gereinigd moeten worden, en omdat er vaak onvoldoende informatie-uitwisseling is tussen de verschillende partijen.

Momenteel ligt een groot empty depot in het Waal-Eemhavengebied (zie Figuur 2). Omdat bijna alle lege containers een empty depot bezoeken, zorgt dit voor de nodige verkeersproblematiek ter plaatse. Door het Transferium ook te gaan gebruiken voor de opslag van lege containers wordt onder andere het Waal-Eemhavengebied ontlast.

Op de grens van het achterland en de haven kan een empty depot zowel efficiënt de markt bedienen als lege containers tijdig aanleveren bij de zeeterminals voor intercontinentaal transport. Zodoende is het gunstig het Transferium deze functie te geven.

4.2.3 Full depot functie

Naast de opslag van lege containers zullen ook volle containers moeten kunnen worden opgeslagen op het Transferium. Onderscheid dient hier gemaakt te worden tussen import en export containers.

Momenteel vindt de opslag van veel volle containers plaats op de zeeterminals. Dit is ongewenst vanwege de beperkte ruimte in het Rotterdamse havengebied. Door een deel van deze opslag op te vangen op het Transferium wordt er ruimte gecreëerd op de zeeterminals. Volle importcontainers kunnen van de zeeschepen direct klaargezet worden om te worden doorvervoerd naar het Transferium. Hetzelfde geldt voor exportcontainers: Op het laatste moment kunnen deze containers richting de zeeterminals worden vervoerd, om zo de belasting voor de zeeterminals te beperken.

4.2.4 De opslag van containers

De opslag van de containers op het Transferium kan op verschillende manieren gebeuren. Onderscheid wordt gemaakt tussen de opslag van de volle en lege containers.

Hieronder zijn twee verschillende werktuigen beschreven, die de volle containers op het Transferium kunnen verplaatsen: Een straddle carrier en een reach stacker.



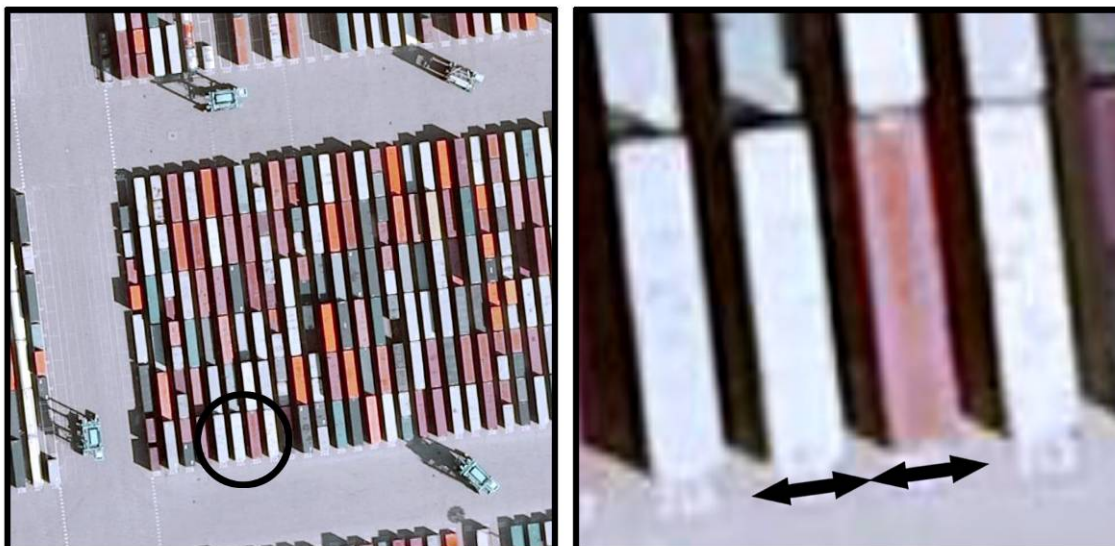
Figuur 9: Een straddle carrier [27]



Figuur 10: Een reach stacker [28]

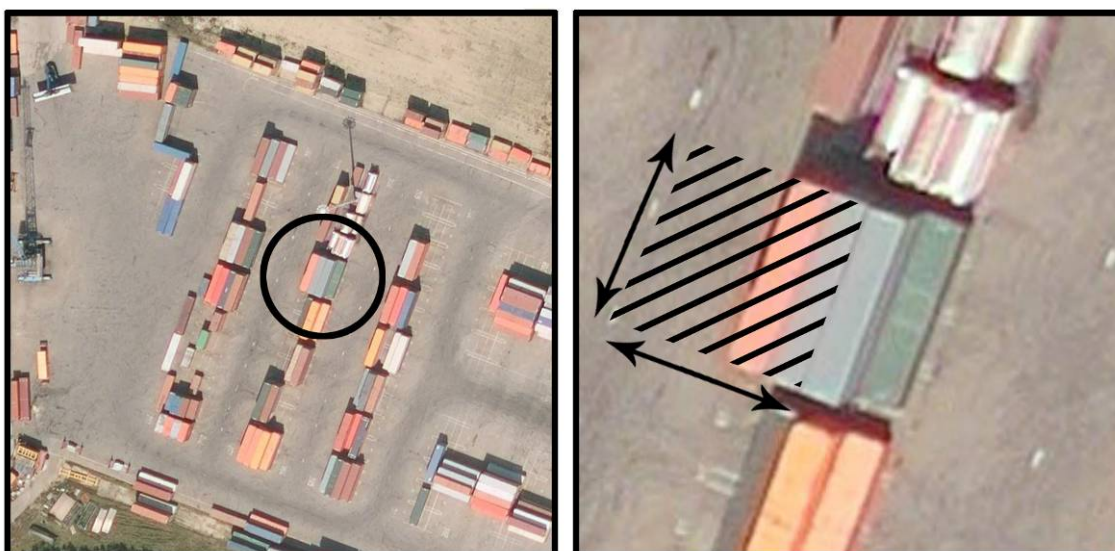
Een *straddle carrier*, ook wel containerlift genoemd, is een voertuig dat in staat is standaard containers op te pikken, te vervoeren en vervolgens weer kan neerzetten op de grond, op een oplegger van een truck of op andere containers. Hierdoor is het mogelijk met straddle carriers al het vervoer van containers op de terminal te regelen. Het voertuig is slechts iets breder dan de containers en is zodoende in staat de containers effectief in rijen van 3 containers hoog te stapelen (zie Figuur 9 en Figuur 10).

Straddle carriers hebben een relatief grote capaciteit om de containers af te handelen. Nadelen zijn dat een straddle carrier om grote investeringskosten vraagt, aanzienlijke onderhoudskosten heeft en goed opgeleid personeel nodig heeft [8].



Figuur 11: Overzicht van een stack volle containers bij APMT op de Maasvlakte, bediend door straddle carriers

Een reach stacker is een minder geavanceerd vervoersmiddel voor containers dan de straddle carrier. Een reach stacker heeft een arm waarmee hij de containers kan oppikken. Dankzij deze arm is hij in staat om een 2^e rij containers te bereiken, waardoor de rij containers in totaal 4 breed kan zijn, en om de containers 3 hoog te stapelen. Toch blijft het ruimtegebruik per container gemiddeld vrij groot, omdat de reach stackers een brede ruimte nodig hebben om met de container te kunnen draaien (zie Figuur 12). Voordelen zijn dat de reach stackers simpel en flexibel zijn in gebruik en dat de reach stackers goedkoper zijn dan de straddle carriers [8].



Figuur 12: Overzicht van een stack volle containers bij ECT in Willebroek, bediend door reach stackers

In Figuur 11 en Figuur 12 is de oppervlakte te zien, die het opslaan van 40 voets-containers vraagt, inclusief de ruimte die vereist is voor het transport van de containers. Indien de containers

door zowel de reach stackers als de straddle carriers drie hoog gestapeld worden, heeft elke 40 voets-container de volgende oppervlakte nodig:

Tabel 3: Benodigde opslagoppervlakte voor volle containers [8]

	Oppervlakte per FEU (m ²)	Oppervlakte per TEU (m ²)
Straddle carrier	20	10
Reach stacker	50	25

Voor het verplaatsen van lege containers wordt vaak gebruik gemaakt van minder zware werktuigen, namelijk zogeheten *empty handlers*.



Figuur 13: Een empty handler [29]

Empty handlers zijn goedkoper dan de eerder beschreven werktuigen en ze zijn lichter uitgevoerd, omdat ze uitsluitend bedoeld zijn voor de relatief lichte, lege containers. Om de ruimte te bepalen, die elke lege container in beslag zal nemen, wordt gekeken naar twee bestaande empty depots in Rotterdam, met elk een bepaalde capaciteit en een bepaalde oppervlakte [7]. Uit deze gegevens kan de gemiddelde oppervlakte per TEU worden bepaald.

Tabel 4: Benodigde opslagoppervlakte voor lege containers

	Maximale terrein capaciteit (in TEU)	Terreinoppervlakte (m ²)	Oppervlakte per TEU (m ²)
Van Doorn	13.000	80.000	6,2
Kramer	15.000	100.000	6,7

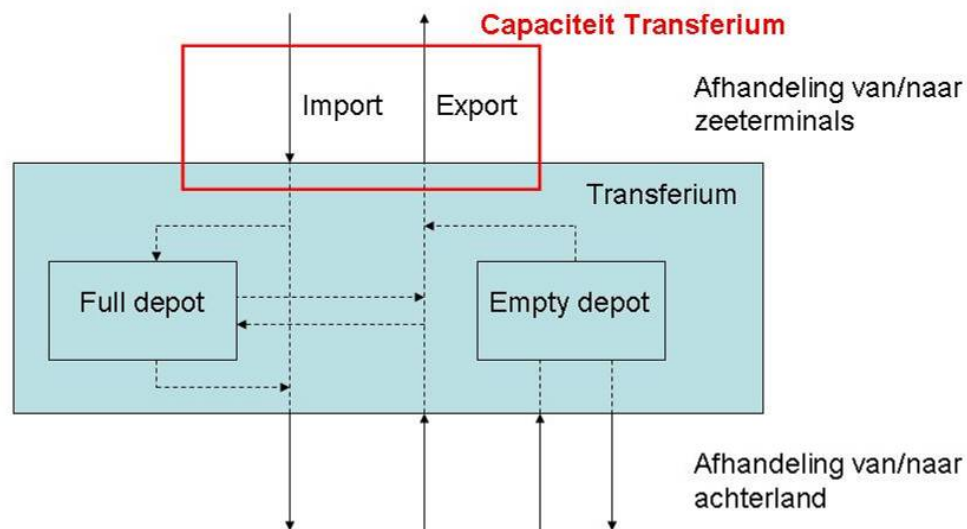
Deze oppervlakte is inclusief ruimte voor bijvoorbeeld activiteiten als reiniging en reparaties van de containers. Om een veilige schatting te maken van de oppervlakte zal worden uitgegaan van 6,7 m² per TEU.

4.3 Markt Transferium

4.3.1 Definitie capaciteit

Voor het ontwerp van een Container Transferium is het zeer belangrijk te weten op wat voor capaciteit het Transferium ontworpen moet worden.

Met de capaciteit wordt bedoeld de hoeveelheid TEU's per jaar die tussen het Transferium en de zeeterminals afgehandeld zullen worden. Zie onderstaand figuur.



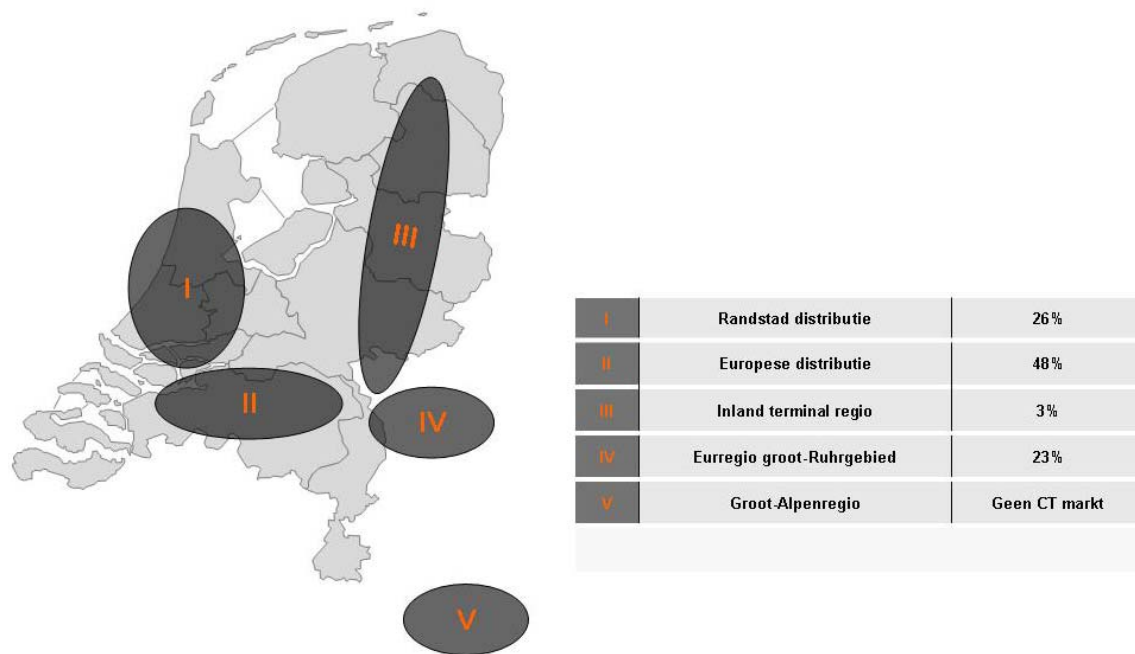
Figuur 14: Capaciteit Transferium

De afhandeling van/naar achterland kan zowel per binnenvaart of per truck plaatsvinden. Voor het transport van containers via het spoor is het niet interessant via het Transferium te reizen. Dit transport zal rechtstreeks plaatsvinden tussen de zeeterminals en het achterland, omdat dit transport al in grote mate gebundeld is.

Niet inbegrepen in de capaciteit van het Transferium is het transport van lege containers van importeur naar exporteur, die via het empty depot zullen reizen (zie Figuur 8).

4.3.2 Capaciteit en zoekgebied Transferium

Het voor het Transferium relevante containertransport via de truck van- en naar de zeeterminals is vanuit marktperspectief verdeeld in verschillende geografische segmenten. Onderstaand figuur is gebaseerd op metingen van ECT Delta.



Figuur 15: geografische segmenten containertransport [1]

Bij dit onderzoek wordt ervan uitgegaan dat, om deze verschillende markten te bedienen meerdere Transferia in het directe achterland zullen worden aangelegd, om zo een optimale ligging van de Transferia ten opzichte van het achterland te verkrijgen.

De aanname is dat het gehele systeem van de transferia uiteindelijk een verlichting van de A15 dient te geven van 10% van het vrachtverkeer, gebaseerd op huidige verkeersintensiteiten. Dit komt overeen met een verlichting van ongeveer 500.000 TEU per jaar.

Dit onderzoek zal kijken naar 1 locatie. Dit Transferium zal aanvankelijk een capaciteit op zich nemen van 200.000 TEU en heeft uitsluitend betrekking op vracht van en naar de Maasvlakten.

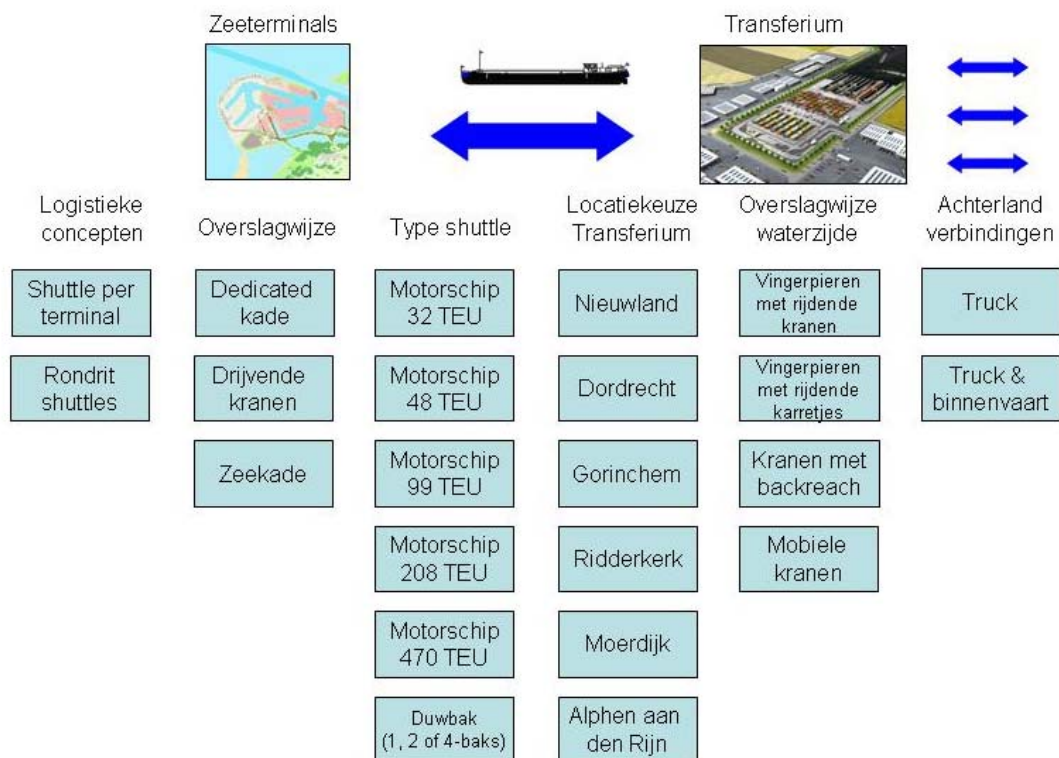
De locatie moet qua ligging aan de volgende randvoorwaarden voldoen [9]:

- Op korte afstand (<5 km) gelegen van een snelweg met voldoende capaciteit
- Direct gelegen aan een hoofdvaarweg
- Voldoende oppervlakte
- Geen directe woonbebouwing in de omgeving
- Mogelijkheid tot hinderwetcategorie 4 of hoger

5 Varianten logistiek systeem

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zal kort worden beschreven welke verschillende varianten onderzocht zullen worden. In onderstaand figuur is een overzicht te zien van de varianten waar naar gekeken zal worden.



Figuur 16: Overzicht mogelijke varianten

5.2 Logistieke concepten

De shuttles die op en neer zullen varen tussen het Transferium en de terminals op de Maasvlakte kunnen op verschillende manieren varen:

- De shuttles kunnen uitsluitend op en neer varen tussen het Transferium en één containerterminal op de Maasvlakte. Dit houdt in dat de shuttles op het Transferium uitsluitend geladen worden met containers bestemd voor één zeeterminal.
- De shuttles kunnen op het Transferium geladen worden met containers voor verschillende zeeterminals. Ze varen dus een rondrit langs van het Transferium langs de verschillende zeeterminals, waar ze containers lossen en ook weer laden.

5.3 **Overslagwijze zeeterminal**

De wijze van overslag op de zeeterminals kan gevolgen hebben op de doorlooptijd van de containers. Er zijn verschillende opties:

- Een dedicated barge kade
In geval van een dedicated barge kade op de zeeterminals wordt de kade uitsluitend gebruikt voor het afhandelen van binnenvaartschepen.
- Gebruik van de zeekade
In dit geval maken de binnenvaartschepen / de shuttles van dezelfde kade gebruik als de grote zeecontainerschepen.
- Het concept van een drijvende containerkraan

Een derde optie is het gebruik van drijvende containerkranen. Het principe van een drijvende kraan is zeer innovatief en nog in ontwikkeling.

Met de drijvende kraan kunnen containers direct worden overgeslagen van een zeeschip naar een binnenvaartschip, wat langzij het zeeschip komt te liggen. Een drijvende container kraan werkt aan de basin-zijde van een zeeschip wat langs de zeekade van een containerterminal ligt. De kraan zet de containers van het zeeschip op binnenvaartschepen, die de containers direct richting het achterland kunnen brengen.

In 2004 heeft Jan van Klinken [20] een studie gedaan naar mogelijke configuraties voor de drijvende container kraan. Hij concludeerde dat de drijvende kraan zou bestaan uit een grote kraan, die de containers van de grote zeeschepen zou pakken en op een drijver zou plaatsen. Vervolgens zou een kleinere barge-kraan de containers van de drijver op het binnenvaartschip zetten. Door middel van deze overslag is het mogelijk geld en tijd te besparen in het transport en het opslaan van de containers op de zeeterminals.

Als vervolg op dit onderzoek heeft Roser Obrer Marco [21] gekeken naar de logistieke en economische aspecten van de drijvende container kraan. Ook uit dit onderzoek werd geconcludeerd dat de productiviteit van de zeekades verhoogd kan worden dankzij een kraan aan de basin-zijde van een zeeschip, die aan de kade ligt. Naast een hogere productiviteit kan deze vorm van overslag leiden tot goedkoper transport van en naar het achterland en zorgt het voor een verlichting van de zeeterminals.

5.4 **Type shuttle**

Eerder in dit rapport is al gesproken over de classificatie van binnenvaartschepen. Tussen het Transferium kan met verschillende typen shuttles op en neer gevaren worden. Gekeken wordt naar verschillende typen shuttles aan de hand van de besproken klasse-indeling (C.E.M.T.)

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de afmetingen en van de verschillende capaciteiten van de typen shuttles waar naar gekeken zal worden. De gegevens zijn verkregen uit de tabel in bijlage A.

Tabel 5: Overzicht typen shuttles

Shuttle type	Vaarweg-klasse CEMT	max capaciteit (TEU)	Lengte (m)	Breedte (m)	Laadvermogen (ton)
NeoKempenaar	II	32	65	7	800
Dortmund-Eemskanaalschip	III	48	80	8,2	1000
Rijn-Hernekanaalschip	IV	99	105	9,5	1500
Groot Rijnschip	Va	208	110	11,4	3000
Jowi-klasse	Vlb	470	135	17	4520
Duwvaart, 1 bak	Va	208	110	11,4	3000
2-baksduwvaart (gestrekte formatie)	Vb	416	195	11,4	6000
2-baksduwvaart (2 naast elkaar)	Vla	416	110	22,8	6000
4-baksduwvaart	Vlb	832	195	22,8	12000

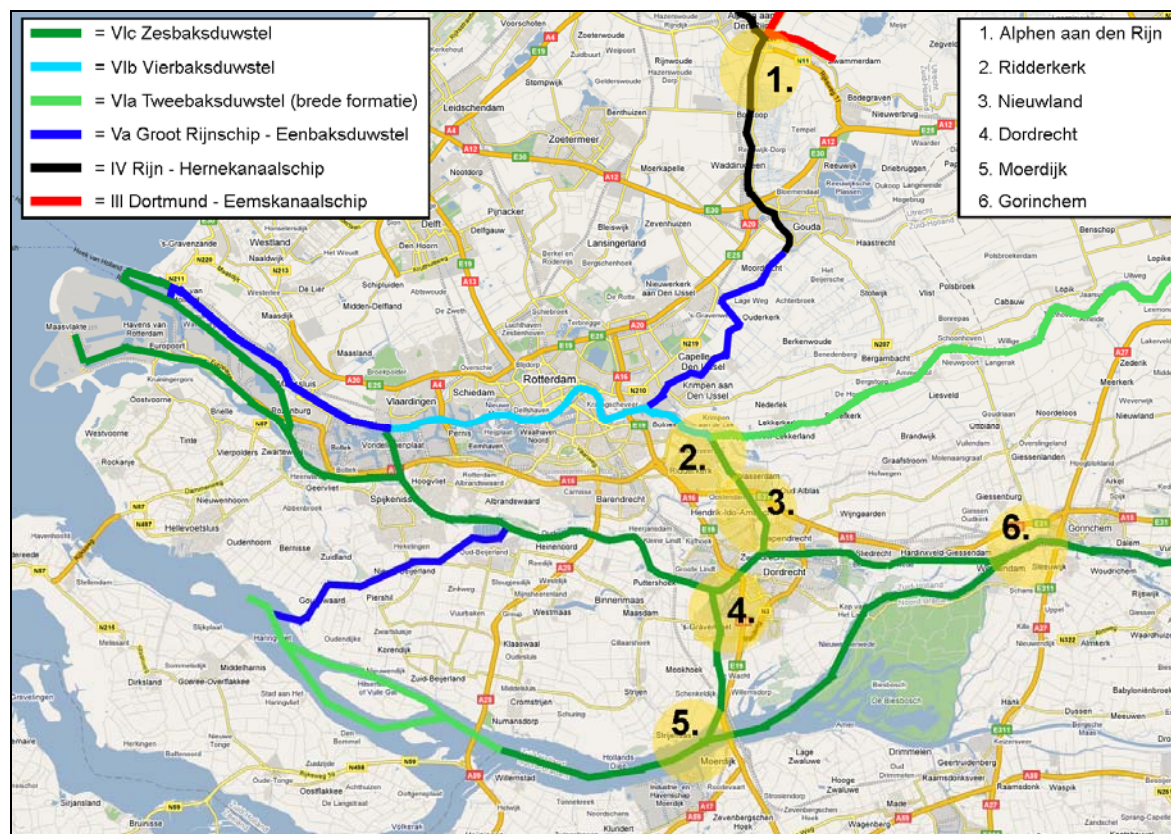
Onderstaande tabel geeft de percentages van voorkomen weer per klasse in Nederland in 2000.

Tabel 6: Nederlandse actieve binnenvloot 2000 [5]

CEMT- klasse	Aantal schepen	percentage
< I	242	5%
I	386	8%
II	776	17%
III	1027	22%
IV	1039	23%
V	965	21%
VI	136	3%

5.5 Locatiekeuze Transferium

Uit eerder verkennend onderzoek, namelijk in [1] en [9], is een aantal locaties gevonden, die aan de gestelde randvoorwaarden voor het zoekgebied (lijken te) voldoen. De locaties zijn gegeven in onderstaand figuur.



Figuur 17: Overzicht locatiemogelijkheden Transferium

Onderstaande tabel geeft voor de verschillende locaties de vaarafstand tot de Maasvlakte. Ook is de bepalende vaarwegklasse per locatie gegeven.

Tabel 7: Overzicht locaties

Locatie	Vaarafstand (km)	Vaarwegklasse
1. Alphen aan den Rijn	75	IV
2. Ridderkerk	50	VIc
3. Nieuwland	52	VIc
4. Dordrecht	55	VIc
5. Moerdijk	62	VIc
6. Gorinchem	70	VIc

5.6 Overslagwijze Transferium

Voor het Transferium kan gekozen worden tussen verschillende wijze van overslag van de containers. Deze keuze heeft invloed op de kosten en de doorlooptijd van de containers door het Transferium. In deze paragraaf worden vier mogelijkheden beschreven die kunnen zorgen voor de afhandeling aan de waterzijde op het Transferium.

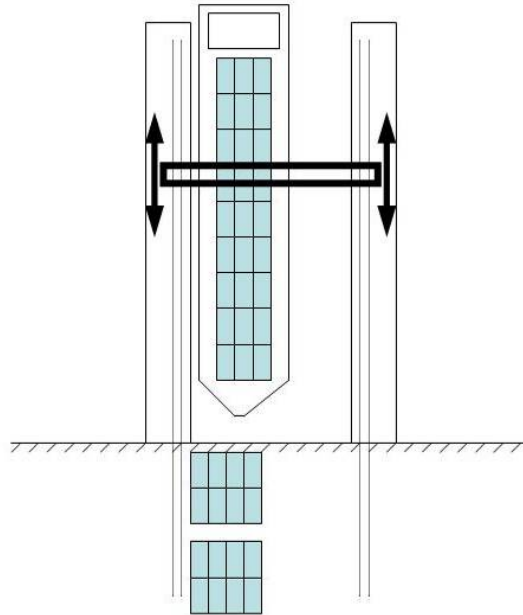
Vingerpieren met rijdende kraan

In dit geval wordt er gebruik gemaakt van insteekhavens voor de binnenvaart. Het transport van en naar schip gebeurt door middel van bemande portaalkranen. Aan de kopse kant van het bassin bevindt zich het transferpunt, vanwaar het transport van de containers van en naar de

opslag (de stack) plaatsvindt (met bijvoorbeeld shuttle carriers). In dit geval wordt de overslag en de opslag dus gescheiden.

Voordelen: - Beperkte ruimte landzijde vereist
 - Waterzijde effectief benut

Nadelen: - Beperkte overslagsnelheid
 - Hoge investeringskosten



Figuur 18: Vingerpien met rijdende kraan

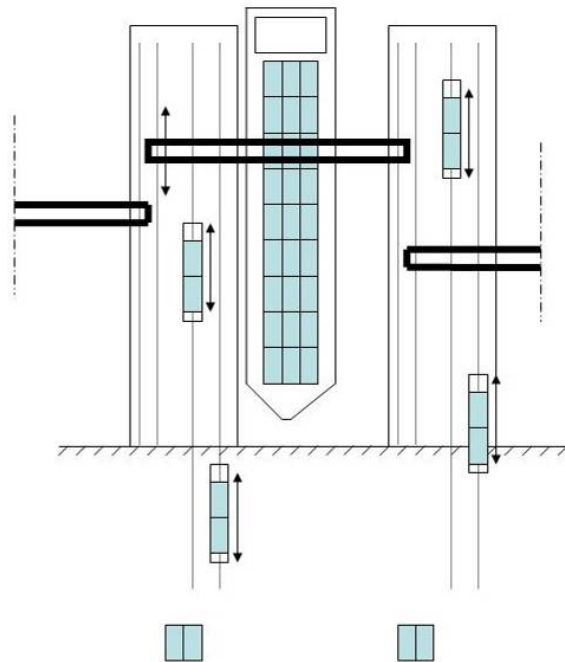
Vingerpien met rijdende karretjes

Het principe van vingerpien met rijdende karretjes is hetzelfde als de vingerpien met rijdende kraan. Echter, de portaalkraan blijft nu boven het schip en laadt/lost de containers nu op een geautomatiseerd kadetransport. De karretjes rijden op een rails en rijden op en neer over de vingerpien. Wederom bevindt zich aan de kopse kant het transferpunt.

Een andere optie binnen deze variant is dat de karretjes de stack in rijden, in plaats van op en neer te rijden tussen het transferpunt en de vingerpien,. De capaciteit van dit systeem wordt hetzelfde verondersteld als de capaciteit indien ze niet helemaal de stack in rijden. Er zullen dan wel extra karretjes ingezet moeten worden.

Voordelen: - Grote overslagsnelheid
 - Waterzijde effectief benut

Nadelen: - Hoge investeringskosten



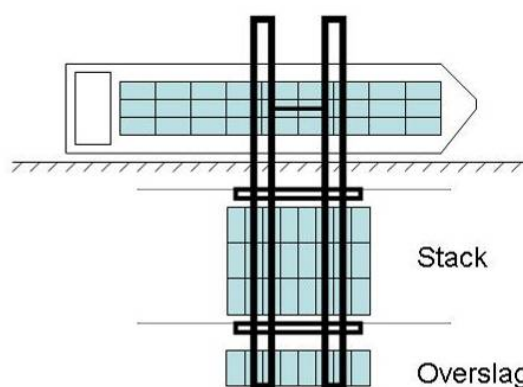
Figuur 19: Vingerpieren met rijdende karretjes

Wide Span Gantry Crane

In geval van kleine terminals bestemd voor binnenschepen kunnen bij de Wide Span Gantry Crane de containers tussen de poten van de containerkranen worden opgeslagen, zodat de kraan ook wordt gebruikt om de containers binnen de terminal te verplaatsen. Aan de achterzijde heeft de kraan een arm voor de overslag op de trucks. Op deze manier worden alle operaties van lossen, vervoeren, opslaan en laden door dezelfde containerkraan uitgevoerd. De schepen liggen evenwijdig aan de kade.

Voordelen: - Beperkte ruimte landzijde vereist

Nadelen: - Beperkte overslagsnelheid



Figuur 20: Wide Span Gantry Crane [36]

Mobiele kraan

Bij gebruik van een mobiele kraan liggen de schepen ook evenwijdig aan de kade. Met een kraan, die toegang heeft tot het gehele schip, worden de containers van en naar de kade getransporteerd. Vanaf de kade vindt het transport plaats van/naar de stack.

Voordelen: - Lage investeringskosten

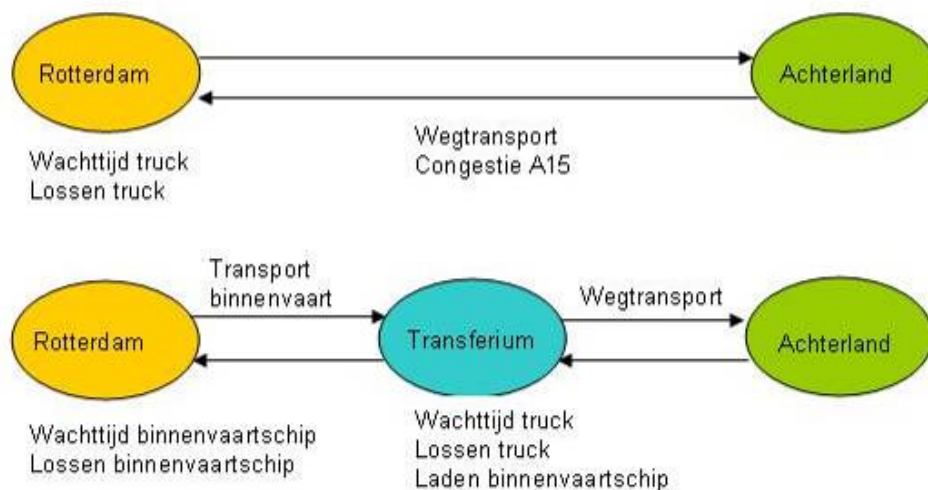
Nadelen: - Beperkte overslagsnelheid



Figuur 21: Mobiele kraan [36]

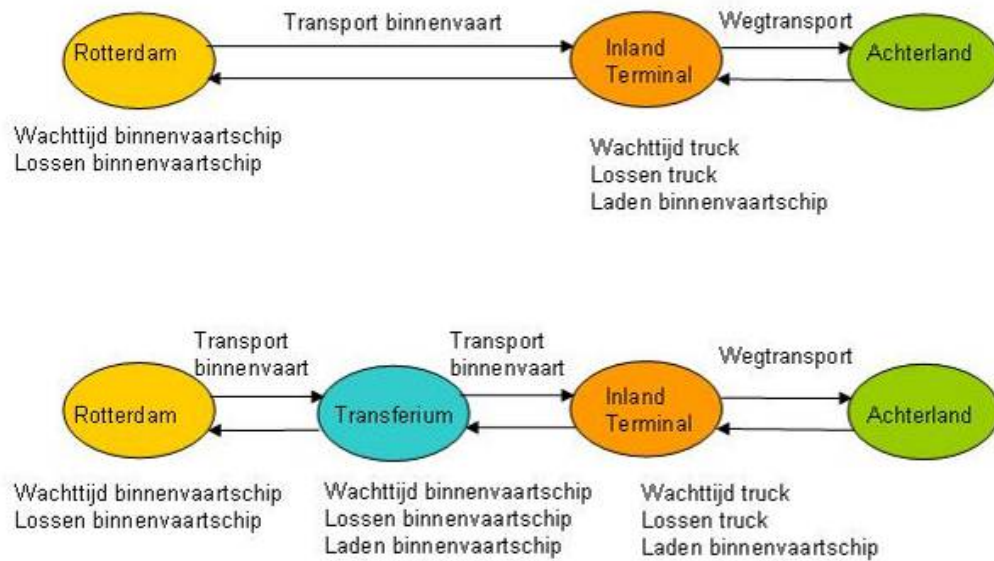
5.7 Achterlandverbindingen

Het Transferium kan ontworpen worden op overslag van alleen vrachtwagens naar de shuttles. Aan de waterzijde zullen in dit geval uitsluitend de shuttles aanleggen. Onderstaand figuur geeft de extra stap in de vervoersketen weer, indien een container via het Transferium reist.



Figuur 22: Extra overslag bij gebruik wegvervoer van Transferium

Echter, ook voor de binnenvaart kan gebruik van het Transferium interessant zijn. Hieronder is het verschil te zien bij gebruik van het Transferium.



Figuur 23: Extra overslag bij gebruik binnenvaart van Transferium

Het doel van het Transferium voor de binnenvaart is het bundelen van de containers voor de verschillende zeeterminals. Huidige binnenvaartschepen hebben vaak lading bij zich die bestemd is voor verschillende terminals. Hierdoor moeten ze langs de verschillende terminals in de haven “hoppen” met relatief kleine calls. Het bundelen van de kleinere calls per terminal zal leiden tot een effectievere afhandeling omdat er minder aanlopen zullen zijn bij de zeeterminals.

Hier tegenover staan echter wederom de extra kosten van het laden en lossen bij het Transferium.

6 Analyse varianten

6.1 Inleiding

Om een eerste indruk te krijgen van de invloeden van de verschillende mogelijkheden wordt de invloed van verschillende varianten op verschillende wijzen getoetst.

Met behulp van een eerste analyse worden een aantal zaken met elkaar vergeleken. Tot slot worden hier conclusies uitgetrokken die meegenomen zullen worden in het verdere onderzoek.

6.2 Aannames en uitgangspunten analyse

Om tot een aardig beeld te komen van de invloed van de verschillende mogelijkheden zullen er een aantal aannames gedaan moeten worden. In deze paragraaf staan de aannames opgesomd, die zijn gedaan voor de eerste analyse van de varianten.

6.2.1 Aannames overslagwijze zeeterminal

Bij een dedicated barge kade kunnen de shuttles prioriteit krijgen. Dit heeft de volgende voordelen:

- De shuttles hebben niet of nauwelijks met wachttijden te maken, wat de doorlooptijd van de containers ten goede komt.
- Een strakke planning met betrekking tot de shuttles is mogelijk, wat het mogelijk maakt het systeem te optimaliseren en wat de betrouwbaarheid van het systeem ten goede komt.
- Het wordt aantrekkelijk voor de overige binnenvaart om via het Transferium te varen (indien het Transferium zich uiteraard ook op binnenvaart richt), aangezien de shuttles voorrang kunnen krijgen bij de kade.

In geval er van een zeekade gebruik wordt gemaakt, zal dit een nadelig effect hebben op de doorlooptijd en op de betrouwbaarheid van het systeem, omdat bij de zeekades de grote zeecontainerschepen altijd voorrang zullen krijgen boven de shuttles. De kade en de kranen zijn tevens gedimensioneerd op de grote schepen, wat afhandeling aan een dergelijke kade duur maakt.

In hoofdstuk 2 was te lezen dat in de toekomst gepland staat op elke zeeterminal een dedicated kade voor binnenvaart te hebben. Vanwege bovengenoemde nadelen zal afhandeling van de shuttles aan de zeekade buiten beschouwing blijven.

Gebruik van het principe van drijvende container kranen is een andere optie. Het grote voordeel van deze directe overslag is dat er geen opslag op de zeeterminal meer nodig is en, in verband met het Transferium, dat de doorlooptijd van de containers aanzienlijk verlaagd wordt. De drijvende container kraan valt echter buiten dit onderzoek en is interessant voor vervolgstudies.

Hieruit volgend worden met betrekking tot de vervolgberekeningen in dit hoofdstuk de volgende aannames gedaan:

- De overslag van de containers naar en van de shuttles op de zeeterminal vindt plaats op een dedicated barge kade.
- De overslagsnelheid naar een binnenvaartschip bedraagt 20 containers per uur. Hierbij is uitgegaan van maximaal één containerkraan per shuttle, onafhankelijk van met wat voor shuttle er gevaren wordt.
- Er zijn goede overslag- en aan- en afvoersystemen op de zeeterminal voor de dedicated terminal
- Vanwege de goede planningsmogelijkheden zal er geen sprake zijn van wachttijd voor de shuttles bij de zeeterminals.

6.2.2 Aannames shuttles

Met betrekking tot de shuttles zijn de volgende aannames gedaan:

Tabel 8: Input shuttles

lengteklasse	vaarsnelheid (km/h)	Beladingsgraad	Aantal kranen mogelijk
NeoKempenaar	15	75%	1
Dortmund-Eemskanaalschip	15	75%	1
Rijn-Hernekanaalschip	15	75%	1
Groot Rijnschip	15	75%	1
Jowi-klasse	15	75%	1
Duwvaart, 1 bak	12	75%	1
2-baksduwvaart (gestrekte formatie)	12	75%	1
2-baksduwvaart (2 naast elkaar)	12	75%	1
4-baksduwvaart	11,5	75%	1

Opmerkingen hierbij:

- Er wordt uitgegaan van constante vaarsnelheden [10], zowel heen als terug. De invloed van stroming wordt dus verwaarloosd. De stroming in het zoekgebied wordt naast de rivierafvoer tevens bepaald door het getij.
- Voor alle schepen geldt een beladingsgraad van 75% [11] en alle schepen worden afgehandeld met maximaal 1 kraan.
- Ten aanzien van de duwvaart dient er opgemerkt te worden dat de logistieke meerwaarde van de duwvaart buiten beschouwing blijft. Met de logistieke meerwaarde van de duwvaart wordt bedoeld dat voor de duwvaart meerdere duwbakken kunnen worden geduwd door één duwboot: Terwijl de duwboot onderweg is met één of enkele geladen duwbakken, kunnen aan de kade al weer andere duwbakken geladen/gelost worden. Dit zal een gunstig effect op de kosten hebben. Echter, er dient wel rekening gehouden te worden met extra faciliteiten om de duwbakken te verplaatsen en te laten wachten bij zowel het Transferium als bij de zeeterminals

Kosten shuttles

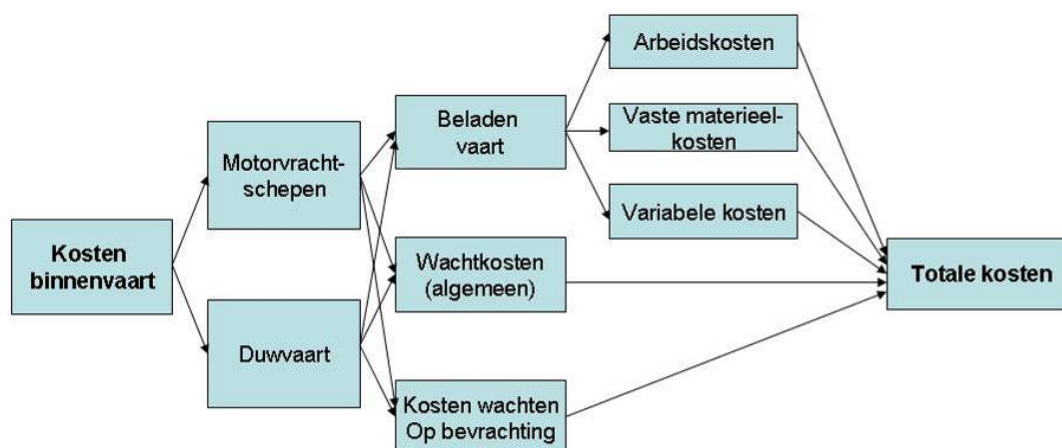
Om tot een inzicht te komen in de kosten van de shuttles worden de kosten gesplitst in een aantal verschillende kostenposten, zoals onderzocht is door het NEA [12]. Opgemerkt dient te worden dat het onderzoek in 2003 gedaan is en daardoor niet volledig actueel. Echter, het geeft een goed inzicht in de verschillende kostenposten. De volgende kostenposten zijn te erkennen:

1. Arbeidskosten
Bestaande uit het loon van alle bemanning
2. Vaste materieelkosten
Bestaande uit afschrijvingskosten, verzekeringskosten, rentekosten, een deel van de kosten voor reparatie en onderhoud en een post overige materiaalkosten (administratiekosten e.d.)
3. Variabele kosten
Bestaande uit brandstofkosten en het overige deel van de kosten voor reparatie en onderhoud

De verschillende kostenposten zijn omgerekend naar euro per uur en zijn afhankelijk gesteld van het laadvermogen. Verder is er een verdeling gemaakt voor de kosten voor verschillende reisfasen, zoals beladen vaart, de kosten tijdens wachten in het algemeen en de kosten tijdens wachten op bevrachting.

Deze kosten verschillen voor motorvrachtschepen en voor de duwvaart. Vandaar dat hier ook onderscheid in is gemaakt. Op deze manier kunnen per type binnenvaartschip de totale kosten worden bepaald door de verschillende kostenposten op te tellen.

In onderstaand schema is de kostenstructuur te zien.



Figuur 24: Overzicht kostenstructuur binnenvaart

Enkele opmerkingen:

- Voor de berekeningen van het Transferium wordt er vanuit gegaan dat er geen wachtkosten (algemeen) zijn, maar uitsluitend kosten voor het wachten op bevrachting (tijdens laden en lossen).
- Zoals op te merken is, worden er ook geen kosten voor onbeladen vaart meegenomen. Er wordt vanuit gegaan dat de shuttles zowel heen als terug beladen zijn.

In bijlage B zijn de gegevens van de kostenposten te zien. Toegepast op de gebruikte indeling van schepen zien de kosten er als volgt uit:

Tabel 9: Overzicht kosten binnenvaart [12]

Shuttle type	Arbeidskosten (€ / vaaruur)	Vaste materieelkosten (€ / vaaruur)	Variabele kosten (€ / vaaruur)	Wachtkosten algemeen (€ / liguur)	Kosten wachten op bevrachting (€ / liguur)
NeoKempenaar	€ 31,87	€ 17,24	€ 25,57	€ 49,11	€ 42,93
Dortmund-Eernskanaalschip	€ 34,21	€ 23,51	€ 30,88	€ 57,72	€ 51,08
Rijn-Hernekanaalschip	€ 43,92	€ 38,96	€ 44,07	€ 82,88	€ 74,36
Groot Rijnschip	€ 64,88	€ 83,30	€ 83,15	€ 148,18	€ 135,60
Jowi-klasse	€ 108,80	€ 85,00	€ 127,22	€ 158,00	€ 143,00
Duwvaart, 1 bak	€ 106,28	€ 60,00	€ 90,00	€ 138,00	€ 138,00
2-baksduwvaart	€ 112,74	€ 93,35	€ 139,79	€ 206,09	€ 206,09
4-baksduwvaart	€ 119,20	€ 180,35	€ 253,19	€ 299,55	€ 299,55

De kosten per TEU kunnen nu per situatie worden uitgerekend door te kijken naar de vaartijd, de wachttijd en het aantal TEU per cyclus.

6.2.3 Aannames overslagwijze Transferium

De aannames met betrekking tot de overslagwijze op het Transferium staan hieronder gegeven.

Tabel 10: Aannames overslagwijze Transferium

Overslagwijze Transferium	capaciteit kraan (moves/uur)
Stack onder kraan	20
Mobiele kraan	20
vingerpielen met rijdende kranen	20
vingerpielen met rijdende karretjes	40

Deze aannames zijn gemaakt aan de hand van overslagcapaciteiten van zeeterminals op zeeschepen (voor de Wide span gantry crane en de mobiele kraan). De volgende invloeden zullen hierbij aan elkaar gelijk worden gesteld:

- Een grotere capaciteit voor binnenvaartschepen in vergelijking met zeeschepen, vanwege de kortere route per kraancycclus voor de containers.
- Een kleinere capaciteit voor binnenvaartschepen in vergelijking met zeeschepen, vanwege de grotere instabiliteit van de schepen en het mogelijk ontbreken van celgeleiders.

6.2.4 Algemene aannames

- Aantal operationele dagen Transferium

Er wordt vanuit gegaan dat het Transferium non-stop geopend is, vergelijkbaar met de werkdagen van de ECT Delta terminal. Bij ECT wordt elke dag gewerkt, behalve op eerste kerstdag, op Nieuwjaarsdag en op de dagen met dichte mist en windkracht 9 Bft of hoger. Aangehouden wordt: 362 dagen per jaar, 24 uur per dag [13].

- Aanlegtijd

In de berekeningen wordt een aanlegtijd van 0,5 uur aangehouden, zowel voor de zeeterminal als voor het Transferium.

- Import/export

Onderstaande tabel geeft het aantal geïmporteerde en het aantal geëxporteerde containers voor de Rotterdamse haven in 2006.

Tabel 11: Percentages import / export [6]

	Leeg (# containers)	Beladen (# containers)	Totaal (# containers)	Percentage
Import	629.091	2.399.138	3.028.229	51,6%
Export	577.359	2.263.780	2.841.139	48,4%

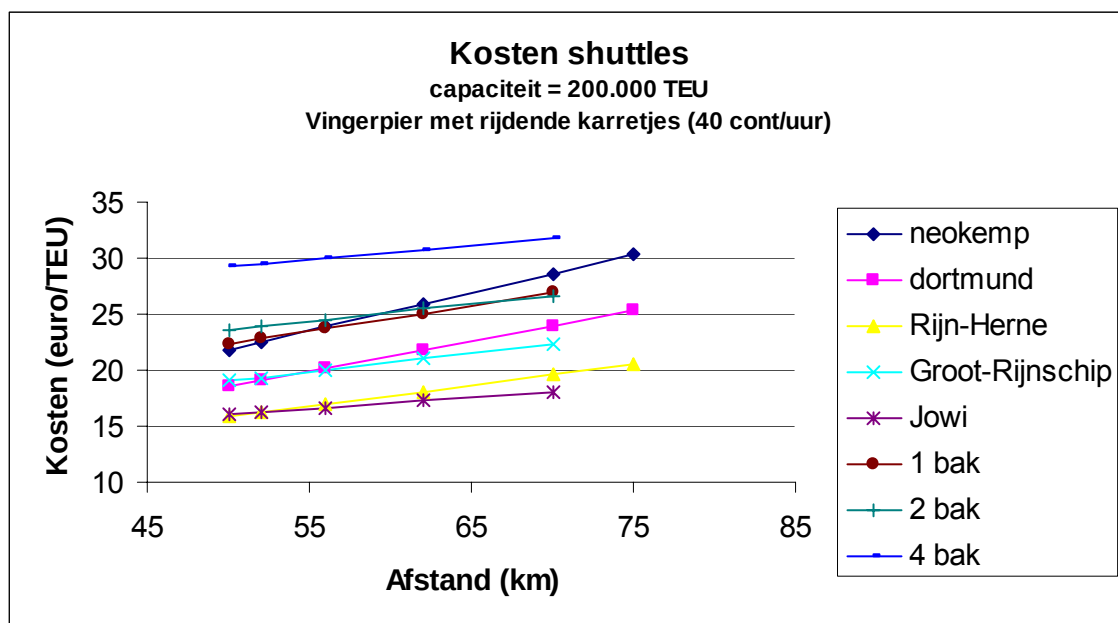
6.3 Resultaten analyse varianten

De resultaten dienen uitsluitend om inzicht te krijgen hoe de verschillende variabelen effect hebben op elkaar en op andere variabelen, zoals de kosten, de doorlooptijd, het aantal shuttles en het aantal vereiste ligplaatsen. In bijlage C is de opzet van het rekenmodel te zien.

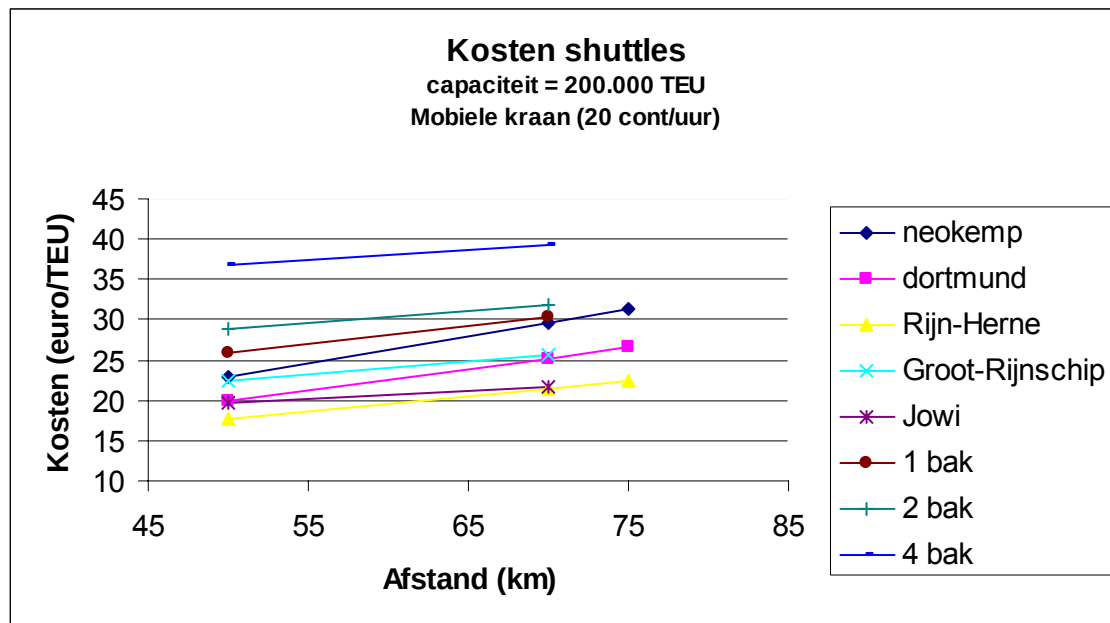
6.3.1 De shuttles

De kosten

Allereerst is voor de verschillende locaties gekeken wat de invloed op de kosten van de shuttles zou zijn. De afstand is de gemiddelde afstand tussen de zeeterminals en het Transferium. De kosten zijn uitgedrukt in euro per TEU. Hieronder volgen de resultaten:



Figuur 25: Grafiek kosten shuttles (met vingerpiers met rijdende karretjes)



Figuur 26: Grafiek kosten shuttles (met mobiele kraan)

Hieruit volgt:

Tabel 12: Kostenverschillen

Type schip	capaciteit (TEU)	extra kosten (euro/teu/km)	kostenverschil 40 moves/uur min 20 moves/uur (euro/teu)
NeoKempenaar	32	0,34	1,07
Dortmund-Eemskanaalschip	48	0,27	1,28
Rijn-Hernekanaalschip	99	0,19	1,86
Groot Rijnschip	208	0,16	3,39
Jowi-klasse	470	0,10	3,58
Duwvaart, 1 bak	208	0,23	3,45
2-baksduwvaart	416	0,15	5,15
4-baksduwvaart	832	0,13	7,49

Conclusies voor de shuttles:

- De toename van de kosten verloopt lineair met toenemende afstand. Dit is het kostenverschil voor de shuttles. Wat hierin niet is meegenomen is het feit dat een grotere afstand tussen zeeterminal en Transferium in vele gevallen zal leiden tot een kleinere afstand tussen het Transferium en de eindbestemming. Wat er echter wel uit af te leiden is, is dat des te kleiner de capaciteit van het schip is, des te meer zullen de kosten per TEU toenemen bij toenemende afstand tussen het Transferium en de zeeterminals.
- De extra kosten per kilometer zijn onafhankelijk van de overslagsnelheid op het Transferium (dus dezelfde gradiënt voor verschillende overslagsnelheden)
- Des te groter de capaciteit van het schip, des te meer zullen de kosten per TEU toenemen, indien met een trager overslagsysteem wordt gewerkt.

Het volgende dient nog opgemerkt te worden:

- De berekeningen zijn uitgevoerd uitgaande van een overslagwijze op het Transferium van vingerpieten met rijdende karretjes. Vanwege de grote capaciteit van deze overslagwijze, is de cyclustijd relatief klein, wat weer leidt tot relatief lage kosten per TEU. Een

langzamer overslagsysteem zal hierdoor wat hogere kosten per TEU met zich meebrengen, wat betreft het vervoer tussen Transferium en zeeterminal.

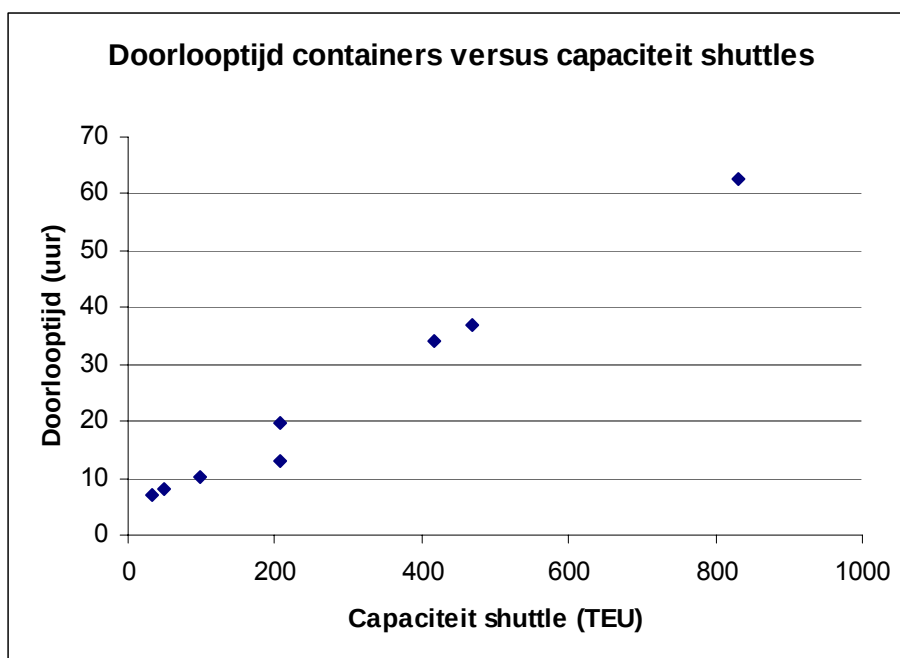
- De locatie Alphen aan den Rijn ligt op 75 kilometer. De beperkende vaarwegklasse voor deze locatie is CEMT klasse IV. Vandaar dat voor deze afstand alleen de kleinere shuttles zijn berekend.

De doorlooptijd

Hieronder zijn de resultaten te zien wat betreft de doorlooptijd voor de verschillende shuttles, met als locatie Dordrecht.

Tabel 13: Doorlooptijd voor verschillende typen shuttles

Type schip	capaciteit (TEU)	Doorlooptijd (uur)
NeoKempenaar	32	6,9
Dortmund-Eemskanaalschip	48	8
Rijn-Hernekanaalschip	99	10,3
Groot Rijnschip	208	12,9
Jowi-klasse	470	36,8
Duwvaart, 1 bak	208	19,8
2-baksduwvaart	416	34
4-baksduwvaart	832	62,6



Figuur 27: Grafiek doorlooptijd containers

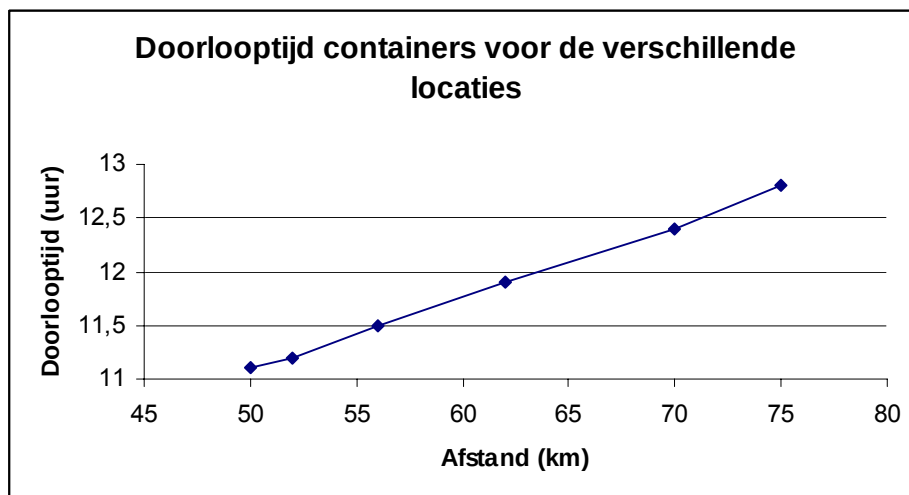
De doorlooptijd is in dit geval de tijd die een container erover doet om van het Transferium tot de zeeterminal te komen, en andersom.

Te zien is dat de doorlooptijd toeneemt met toenemende shuttlecapaciteit. Dit vanwege de volgende redenen:

- De laad- en lostijd van grotere schepen zal uiteraard langer zijn dan voor kleinere schepen.

- Indien met grote schepen gevaren wordt, zal er een groter aantal containers op het Transferium of op de zeeterminal verzameld moeten worden, om de shuttle te kunnen laden. Een container zal bij gebruik van grotere schepen dus langer op de terminal doorbrengen.

De invloed van de verschillende locaties op de doorlooptijd is te zien in onderstaand figuur.



Figuur 28: Grafiek doorlooptijd versus locatie

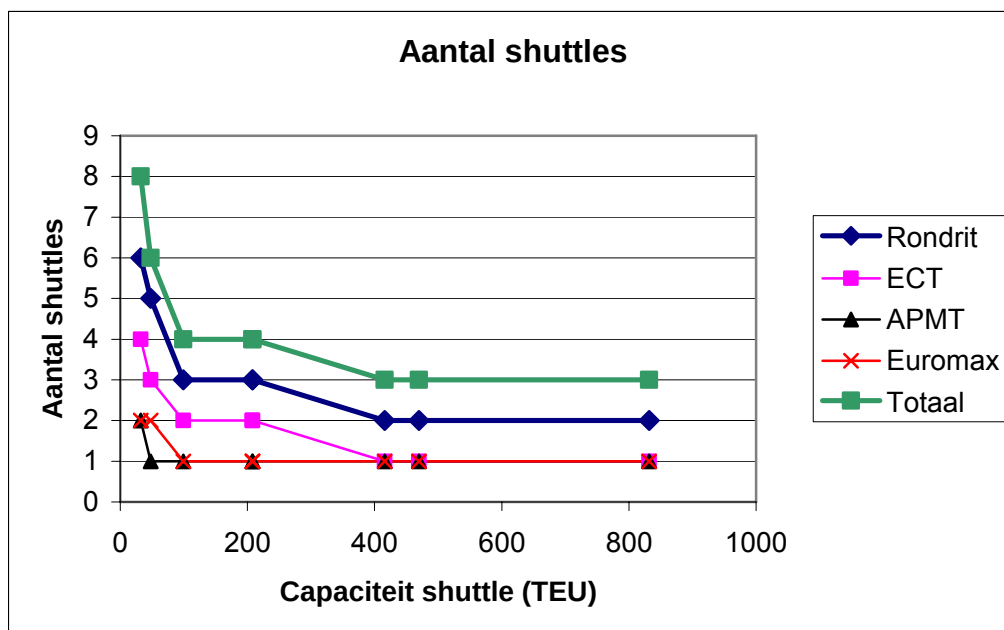
De toename van de doorlooptijd bij een toename van de afstand is toe te wijzen aan de extra vaartijd van de shuttles. Wat hierbij niet is inbegrepen is de tijdwinst die eventueel geboekt wordt doordat het Transferium dichterbij het achterland ligt:

In geval van vervoer van/ naar het achterland per binnenvaart zal deze tijdwinst in vele gevallen ongeveer gelijk zijn aan de extra vaartijd van de shuttles. In dit geval maakt de locatiekeuze dus niet veel uit.

Echter, in geval van vervoer van/ naar het achterland per truck zal deze tijdwinst in vele gevallen een stuk kleiner zijn dan de extra vaartijd van de shuttles. Dit komt omdat de gemiddelde snelheid van een truck hoger zal liggen dan de gemiddelde snelheid van de shuttles. In dit geval heeft een kleinere vaarafstand tussen zeeterminal en Transferium dus een positief effect op de doorlooptijd.

Aantal shuttles

Het aantal shuttles dat op en neer moet pendelen tussen het Transferium en de zeeterminal, om de gewenste capaciteit af te handelen, hangt af van de cyclustijd van een shuttle, en het aantal containers dat per cyclus per shuttle wordt afgehandeld. In onderstaand figuur is verder onderscheid gemaakt tussen het principe van de rondrit van de shuttles, waarbij ze dus langs alle 3 de zeeterminals varen, en het aantal shuttles wat nodig zou zijn om elke zeeterminal apart te bedienen. Het totale aantal benodigde shuttles, indien elke zeeterminal apart wordt bediend, is tevens gegeven in het figuur.



Figuur 29: Het aantal benodigde shuttles

Er volgt logischerwijs dat er minder grote shuttles nodig zijn dan kleine shuttles. Wat echter opvalt, is dat het op een gegeven moment steeds minder uitmaakt. Een grotere shuttle leidt dan niet meer snel tot minder shuttles. Dit betekent dat er dan gevaren wordt met een overcapaciteit. Er komen dus een stuk minder containers binnen bij het Transferium dan dat er afgewikkeld kunnen worden. Uiteraard heeft dit een negatief effect op de kosten per TEU.

6.3.2 Aantal ligplaatsen voor de shuttles op het Transferium

Het aantal ligplaatsen op het Transferium hangt af van een tweetal zaken:

1. Er moeten voldoende aanlegmogelijkheden zijn voor de shuttles en eventueel de overige binnenvaart. Uitgaande van uitsluitend de shuttles volgen de volgende resultaten:

Tabel 14: Aantal ligplaatsen

capaciteit (TEU)	Schaal terminal (TEU)				
	100000	200000	300000	400000	500000
	minimaal aantal ligplaatsen				
20	1	2	3	3	4
50	1	2	2	3	3
100	1	2	2	3	3
125	1	2	2	3	3
150	1	2	2	3	3
200	1	2	2	3	3
250	1	2	2	3	3

Het aantal ligplaatsen is in deze tabel benaderd door naar de benodigde servicetijd per shuttle te kijken. Het geeft slechts een zeer grove indicatie, omdat bij deze berekening is uitgegaan van het feit dat schepen elkaar uitstekend op zullen volgen op het Transferium. Wat te zien is in de resultaten is dat het aantal ligplaatsen praktisch onafhankelijk blijkt van de shuttlecapaciteit. Dit komt omdat hoe kleiner de shuttle is, des te meer shuttles zijn nodig, echter, de servicetijd per shuttle is weer korter in vergelijking met grotere shuttles.

Uiteraard is er wel een verschil in kosten. Aanlegplaatsen voor kleinere shuttles zijn goedkoper dan de aanlegkosten voor grotere shuttles, vanwege:

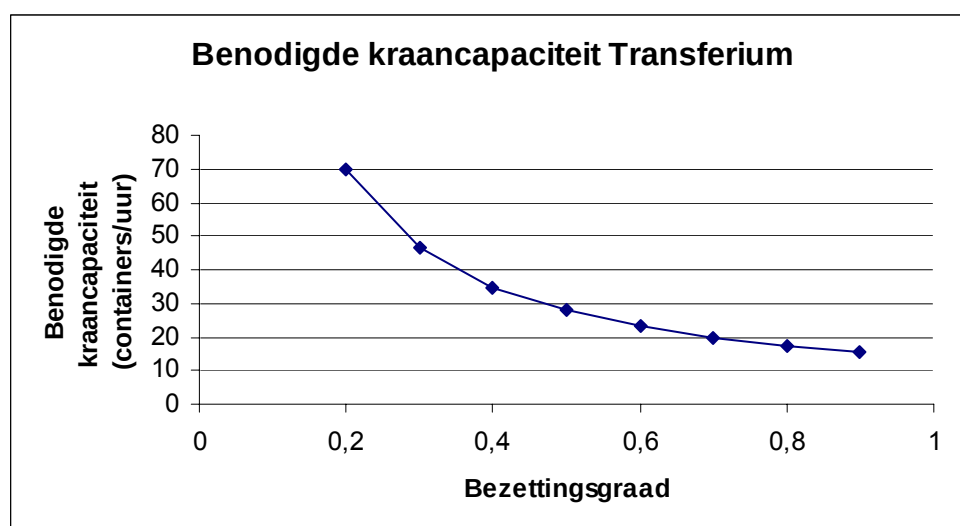
- Langere kade/vingerpielen vereist voor grotere shuttles
- Gemiddeld genomen: Hoe groter de shuttle, des te groter de diepgang (zie bijlage A).

2. De ligplaatsen moeten voldoende capaciteit hebben om het gewenste aantal containers af te handelen.

Dit hangt van de volgende factoren af:

- Het aantal kranen per ligplaats: Aangenomen is dat elk type shuttle met 1 kraan afgehandeld wordt (zie Tabel 8).
- De bezettingsgraad per ligplaats. Dit is het percentage van de tijd dat de ligplaats bezet is en er geladen/gelost wordt.
- Het aantal moves van een kraan per tijdseenheid

Onderstaand figuur geeft aan wat voor totale kraancapaciteit vereist is voor verschillende bezettingsgraden.



Figuur 30: Grafiek benodigde kraancapaciteit Transferium

Indien de overslagwijze op het Transferium beschikt over een kraancapaciteit van 20 containers per uur, zou 1 ligplaats al voldoende containers kunnen overslaan, mits deze ligplaats een bezettingsgraad heeft van minimaal 0,7. Als een snellere overslagwijze wordt gebruikt, zal een minder grote bezettingsgraad vereist zijn om de gestelde capaciteit van 200.000 TEU te kunnen verwerken.

Een bezettingsgraad van 0,7 is erg hoog, het houdt namelijk in dat 70% van de tijd er aan de ligplaats geladen/ gelost wordt. Een hoge bezettingsgraad is mogelijk haalbaar, omdat de shuttles non-stop op en neer pendelen en er dus zeer goede planningsmogelijkheden zijn.

Ten slotte is gekeken naar de invloed van de afstand op het aantal shuttles en het minimale aantal benodigde ligplaatsen. De afstand heeft uitsluitend invloed op de vaartijd tussen

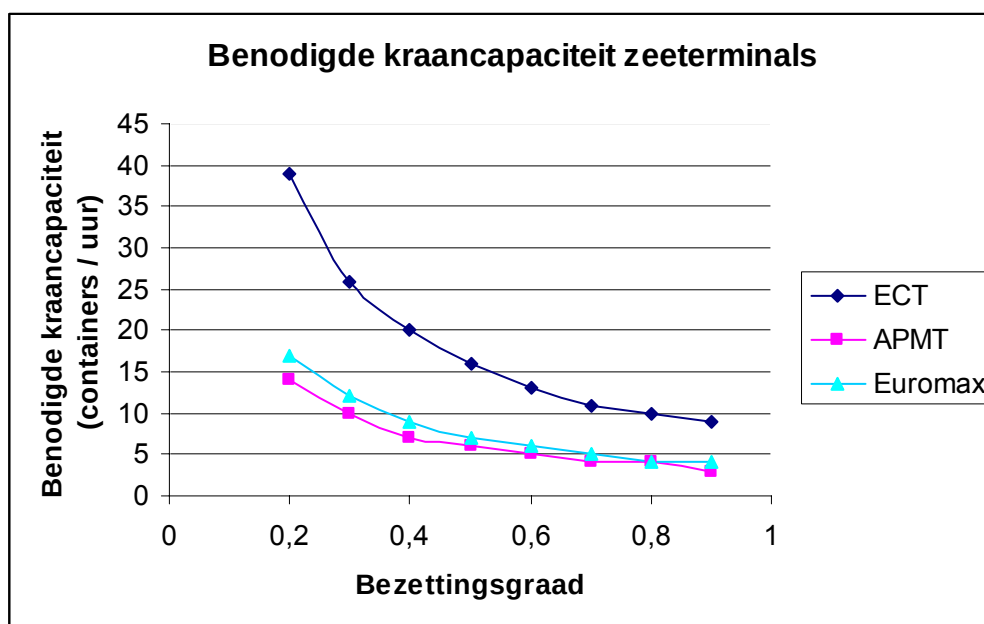
Transferium en zeeterminal. Aangezien de verschillen in de afstand relatief gering zijn, heeft de locatiekeuze weinig invloed op het aantal shuttles en het minimale aantal ligplaatsen.

Tabel 15: Aantal shuttles en ligplaatsen afhankelijk van de vaarafstand

vaarafstand (km)	aantal shuttles	minimaal aantal ligplaatsen
45	5	2
50	5	2
55	5	2
60	5	2
65	5	2
70	5	2

6.3.3 Benodigde capaciteit zeeterminals

Als aanname in de berekeningen is gesteld dat er geen wachttijd is bij de terminals en de shuttles zonder vertraging afgehandeld worden. Onderstaande grafiek geeft de benodigde kraancapaciteit weer voor verschillende bezettingsgraden van de kades, uitgaande van een capaciteit van het Transferium van 200.000 TEU. Deze bezettingsgraad gaat uitsluitend uit van de afhandeling van de shuttles.



Figuur 31: Benodigde kraancapaciteit zeeterminals

Indien de shuttles voor een bezettingsgraad van de kades bij de verschillende zeeterminals zouden zorgen van 0,6 houdt dit dus in dat de minimaal benodigde kraancapaciteit voor ECT ongeveer 13 containers per uur moet zijn, en de minimaal benodigde kraancapaciteit voor APMT en Euromax ongeveer 5 containers per uur moet zijn.

Waar rekening mee gehouden moet worden is dat het totale Transferiumconcept, bestaande uit meerdere Transferia, een capaciteit zal hebben van ongeveer 500.000 TEU. In dat geval zou de benodigde kraancapaciteit van de zeeterminals dus 2,5 maal groter moeten zijn dan in bovenstaand figuur.

6.3.4 Afwikkeling achterland

Het vervoer tussen het Transferium en het achterland kan plaatsvinden per truck of per binnenvaart. Indien dit uitsluitend per truck zal gebeuren, zullen er uitsluitend ligplaatsen op het Transferium nodig zijn voor de shuttles. Echter, indien vervoer tevens per binnenvaart plaatsvindt, zal er wel rekening gehouden moeten worden met ligplaatsen voor deze binnenvaart. Om tot inzicht te komen van het aantal ligplaatsen zal dit worden benaderd met de wachttijdentheorie.

De wachttijdentheorie

Bij de wachttijdentheorie, toegepast op het Transferium, worden de aankomsttijden en de servicetijden van de binnenvaartschepen beschreven met een statistische verdeling [14]. Het Transferium wordt zodanig geschematiseerd dat het bestaat uit een wachtrij en een aantal ligplaatsen, waar de schepen worden afgehandeld.

De volgende aannames zijn gemaakt voor het Transferium:

- De aankomsttijden van de schepen zijn exponentieel verdeeld
- De servicetijden van de schepen zijn exponentieel verdeeld

De exponentiële verdeling gaat ervan uit dat de aankomsten en servicetijden volledig willekeurig zijn met een bepaald gemiddelde. In werkelijkheid zullen zowel de aankomsten als de servicetijd verdelingen niet volledig willekeurig zijn. Er zullen meer binnenvaartschepen overdag aankomen. Daarnaast komen bepaalde klassen binnenvaartschepen vaker voor dan andere binnenvaartschepen (zie Tabel 6). Dit zal uiteraard een invloed hebben op de servicetijd verdeling van de schepen.

De wachttijdentheorie leidt hierdoor tot een ongunstige schatting en de resultaten zullen dus aan de veilige kant zijn.

Met deze verdelingen kan gekeken worden naar de kans op vertraging die een binnenvaartschip heeft op het Transferium. In geval van vertraging zijn alle ligplaatsen bezet.

Voor een dergelijk systeem zijn de volgende formules mathematisch bepaald:

Gemiddelde bezetting rho:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\text{Gemiddeld aankomst interval}}{\text{Gemiddelde servicetijd}}$$

Kans dat het systeem leeg is:

$$P(0) = \left(1 + \rho + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^{n-1}}{(n-1)!} + \frac{\rho^n}{n!(1-\rho/n)} \right)^{-1}$$

Kans dat een aankomend schip moet wachten:

$$St = P(0) \cdot \frac{\rho^n}{n!} \cdot \frac{n}{n-\rho}$$

$n = \text{aantal ligplaatsen}$

Een aantal factoren bepalen de gemiddelde waarden van de aankomsttijd en de servicetijd:

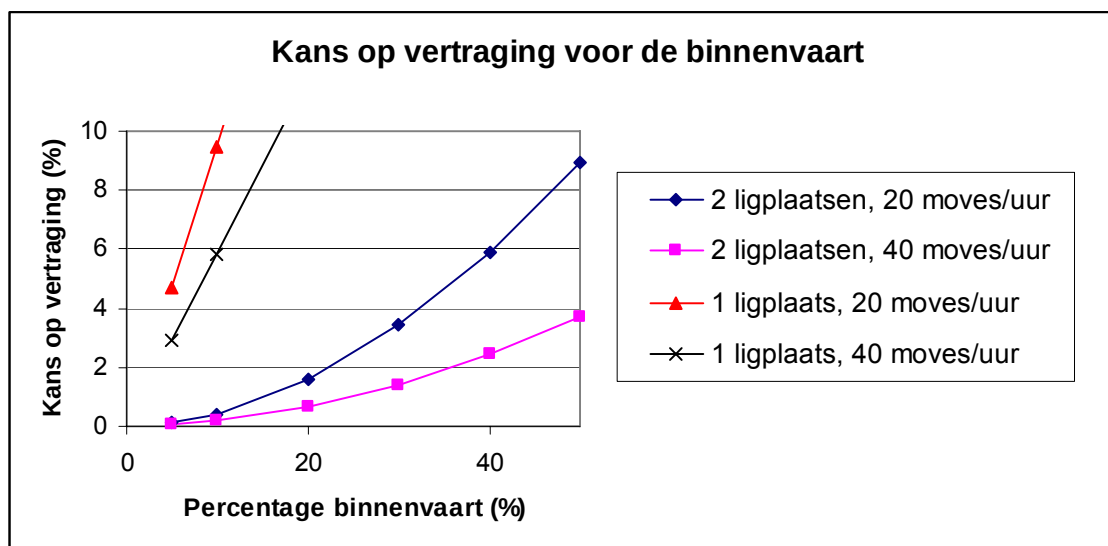
- De gemiddelde grootte van de lading die een binnenvaartschip laadt/lost bij het Transferium.
- De overslagwijze op het Transferium
- Het percentage van de containers die per binnenvaart aankomt of vertrekt op het Transferium. Het overige deel zal dus per truck reizen.

Hoe groter het gemiddeld aantal TEU dat schepen laden/lossen op het Transferium, des te minder schepen zullen per dag langskomen (λ) en des te langer zal de gemiddelde servicetijd van de schepen zijn (μ). Onderstaande tabel geeft de resultaten voor een percentage van de containers per binnenvaart van 20 %, een overslagsnelheid van 20 moves/uur en 2 ligplaatsen op het Transferium.

Tabel 16: Kans op vertraging versus aantal TEU

Gemiddelde lading (TEU)	Kans op vertraging (%)
30	2,15
40	1,8
50	1,6
60	1,48
70	1,39
80	1,33
90	1,28
100	1,24

Onderstaand figuur geeft de kans op vertraging voor de 2 verschillende overslagsnelheden op het Transferium, voor gemiddeld 40 TEU per schip.



Figuur 32: Grafiek kans op vertraging voor de binnenvaart

De gemiddelde capaciteit van de containerbinnenvaartschepen ligt een stuk hoger dan de 40 TEU [5], die is aangenomen in de grafiek. Echter, binnenvaartschepen kunnen ook een deel van hun lading laden of lossen op het Transferium.

Indien schepen gemiddeld meer containers laden/lossen zal de kans op vertraging iets afnemen. De invloed van de gemiddelde lading is echter beperkt.

6.4 Conclusies varianten

Uit bovengenoemde resultaten kunnen enkele conclusies worden getrokken.

6.4.1 De capaciteit van de shuttles

Bij de keuze met wat voor shuttles gevaren moet worden moet rekening gehouden worden met de karakteristieken die belangrijk zijn voor de vervoerskeuze. Dit zijn onder andere:

- De doorlooptijd
- De betrouwbaarheid van het transport (stiptheid van de levering).
- De kosten

De doorlooptijd

Voor de doorlooptijd geldt de eenvoudige relatie: Hoe kleiner de shuttlecapaciteit des te kleiner is de doorlooptijd. Vanuit het oogpunt van de doorlooptijd zal dus de keuze gemaakt worden voor kleine shuttles.

De betrouwbaarheid van het transport

Wat betreft de betrouwbaarheid van het systeem zal een systeem met meerdere kleinere shuttles minder kwetsbaar zijn dan grote shuttles waarvan er maar enkele varen. Indien een schip met grotere capaciteit vertraging oploopt treft dit direct een groot aantal containers.

De kosten

De kosten per TEU voor het transport tussen zeeterminal en Transferium verschillen per type shuttle. Het goedkoopst blijkt de Jowi-klasse (470 TEU), gevolgd door het Rijn-Hernekanaalschip (99 TEU).

Dit is echter met de aanname van een constante beladingsgraad. Uit de grafiek in Figuur 29 is te zien dat het aantal shuttles steeds minder afneemt bij toenemende capaciteit van de shuttles. Dit zal dus ten kosten gaan van de beladingsgraad. Vanuit dit oogpunt is het onwenselijk met de Jowi-klasse te varen en een stuk gunstiger om met kleinere schepen te varen.

De duwvaart blijkt, ondanks het niet meenemen van de logistieke meerwaarde van de duwbakken, niet interessant te zijn vanwege een te grote capaciteit. In het vervolgonderzoek zullen alleen de kleinere shuttles worden meegenomen.

6.4.2 De locatiekeuze van het Transferium

Vanwege de geringe afstandverschillen tussen de verschillende opties van de locatie van het Transferium heeft de locatiekeuze een beperkte invloed. Uit de kosten per TEU volgt dat het goedkoper is naarmate het Transferium zo dicht mogelijk bij de zeeterminals ligt. Ook voor de doorlooptijd is dit het gunstigst. Echter, een zeer belangrijke factor is het vastleggen van een

geschikte locatie. De genoemde locaties zouden geschikte locaties voor een Transferium zijn, maar het is alsnog onzeker of realisatie op de genoemde locaties daadwerkelijk mogelijk is.

Gezien de beperkte invloed van de locatiekeuze op de werking van het systeem zal de locatie worden verondersteld op 55 kilometer (locatie Dordrecht).

6.4.3 Overslagwijze van het Transferium

Betreffende de overslagwijze op het Transferium kan het volgende worden geconcludeerd:

- Voor grotere schepen is een sneller overslagsysteem voordeliger dan voor kleinere schepen. Zowel wat betreft de doorlooptijd als voor de kosten van de shuttles. Oftewel: De voordelen van een sneller overslagsysteem zijn relatief klein voor kleinere schepen.
- In Figuur 32 is te zien dat 1 ligplaats voor de binnenvaart een aanzienlijke kans op vertraging met zich meebrengt. Voor het Transferium is een grote kans op vertraging onacceptabel. Indien de afhandeling bij het Transferium onbetrouwbaar is, zal het Transferium worden overgeslagen in het transport tussen zeeterminal en achterland.

Met als uitgangspunt dat een kans op vertraging van 5 % acceptabel is, zou voor 2 ligplaatsen en een overslagsnelheid van 20 moves per uur, het percentage binnenvaart maximaal ongeveer 35 % mogen zijn. Uitgaande van de huidige modal split verdeling (ongeveer 60 % van het containervervoer gaat over de weg en ongeveer 30 % gaat per binnenvaart [6]) en van het feit dat niet alle binnenvaartschepen hun volledige lading op het Transferium zullen afleveren/ ophalen omdat de binnenvaart al in enige mate gebundeld is, zal dit voldoende zijn. Een overslagsysteem van 20 moves per uur en 2 ligplaatsen zal de binnenvaart in dit geval dus naar behoren kunnen afhandelen. Opgemerkt dient wederom te worden dat dit slechts een benadering is, aangezien de verdelingen grove aannames zijn.

Hieruit volgt dat voor een dergelijk systeem een overslagsnelheid van 20 moves per uur voldoet. Een sneller overslagsysteem, zoals de vingerpielen met rijdende karretjes, brengt beperkte voordelen met zich mee en wel extra investeringskosten.

Uit de resultaten volgt verder dat een Transferium met een capaciteit van 200.000 TEU naar verwachting 4 ligplaatsen nodig zal hebben: 2 voor de shuttles en 2 voor de binnenvaart.

Het grote voordeel van vingerpielen is de ruimtebesparing aan de waterzijde. Hier tegenover staan echter de extra investeringskosten.

Indien de ruimte aan de waterzijde op de uiteindelijke locatie beperkt is, kan worden overgestapt naar het gebruik van vingerpielen. Echter, 4 ligplaatsen voor binnenvaartschepen is te overzien. Zodoende zal de afhandeling op het Transferium plaatsvinden aan een kade waar de shuttles en binnenvaartschepen langs zij liggen.

6.4.4 **Achterlandverbindingen**

Gezien de doelstelling van dit onderzoek zal de focus in het vervolgonderzoek liggen op de afhandeling van de shuttles. Binnenvaartschepen zullen buiten beschouwing blijven.

7 Concepten voor het Transferium

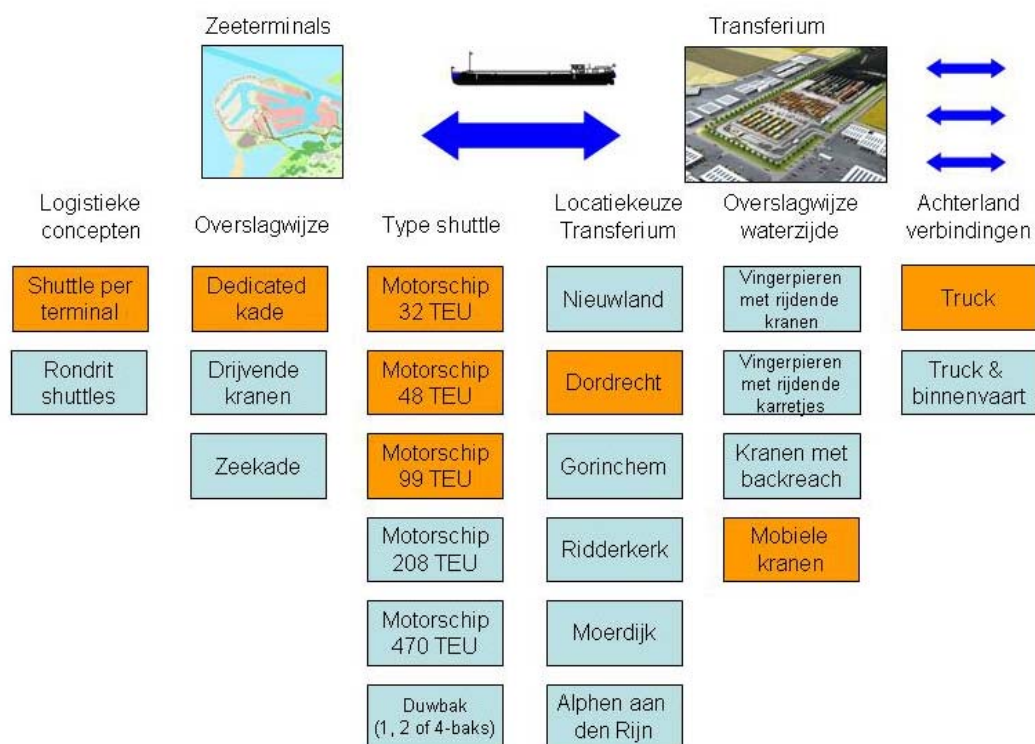
Aan de hand van de verschillende varianten uit hoofdstuk 5 en de conclusies uit hoofdstuk 6 zijn er twee concepten samengesteld:

1. Het “shuttle per terminal” concept
2. Het “rondrit” concept

Een combinatie van het Transferium met een drijvende container kraan bij de zeeterminals zal in de simulatie buiten beschouwing blijven. Wel zal het concept met een drijvende container kraan kwalitatief worden toegelicht.

7.1 Het “shuttle per terminal” concept

Onderstaand figuur geeft aan uit welke varianten het concept bestaat.

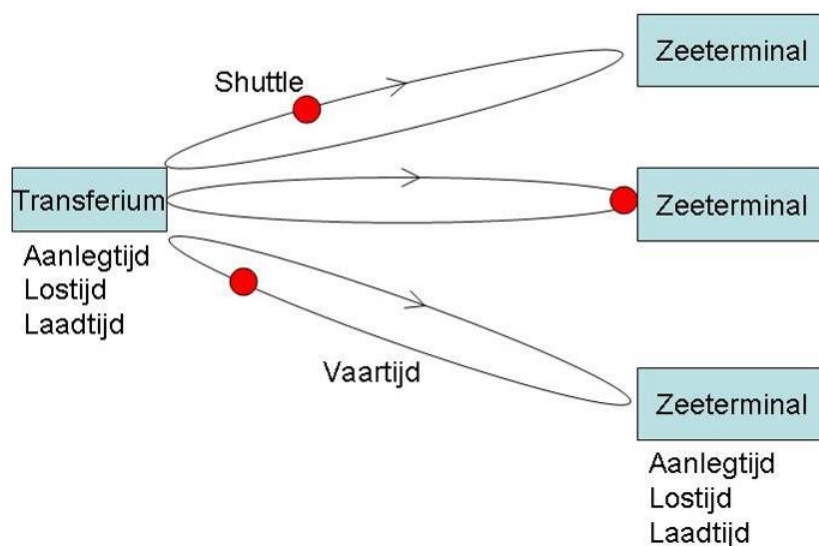


Figuur 33: “Shuttle per terminal”-concept

Zoals eerder is verteld zullen de shuttles bij het “shuttle per terminal” concept uitsluitend op en neer varen tussen het Transferium en één containerterminal op de Maasvlakte. De zeeterminals hebben een dedicated kade voor de shuttles, waardoor een zeer goede afhandeling van de shuttles mogelijk is. De drie zeeterminals, beschreven in paragraaf 2.1, zullen elk het aandeel van de containers via het Transferium vervoeren conform de waarden in Tabel 1.

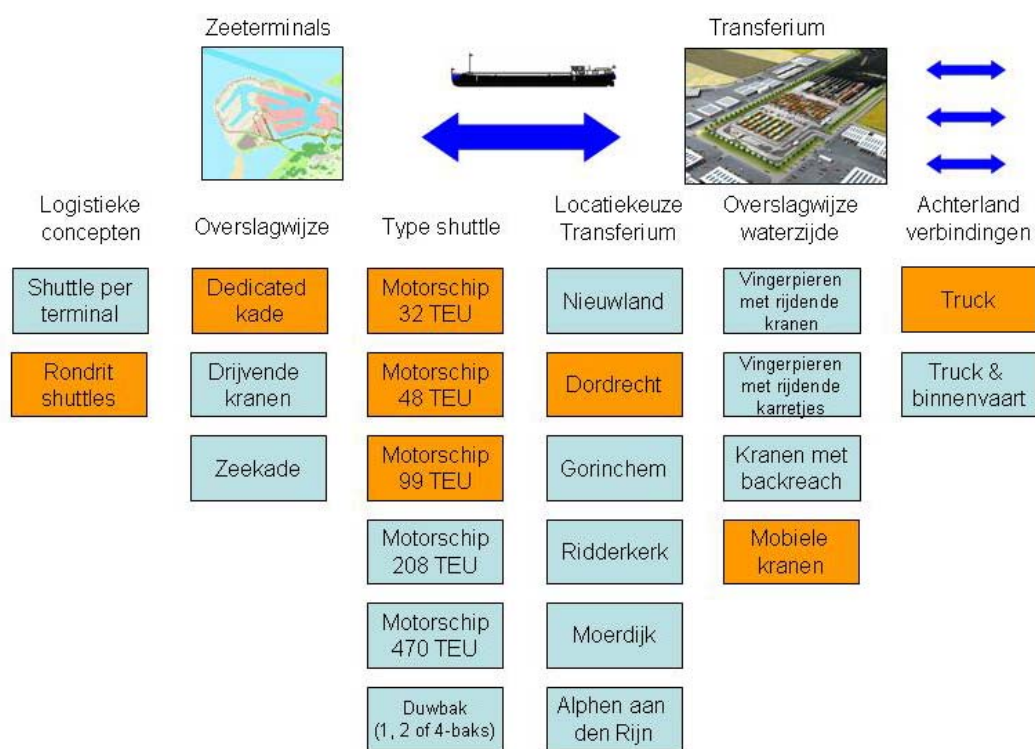
Op het Transferium zal gebruik gemaakt worden van mobiele kranen, en het Transferium zal op een gemiddelde afstand van het Transferium liggen, namelijk op 55 kilometer (wat overeenkomt met een locatie bij Dordrecht).

Ten slotte zal, aan de hand van de eerdere resultaten, uitsluitend naar de kleinere shuttles gekeken worden.



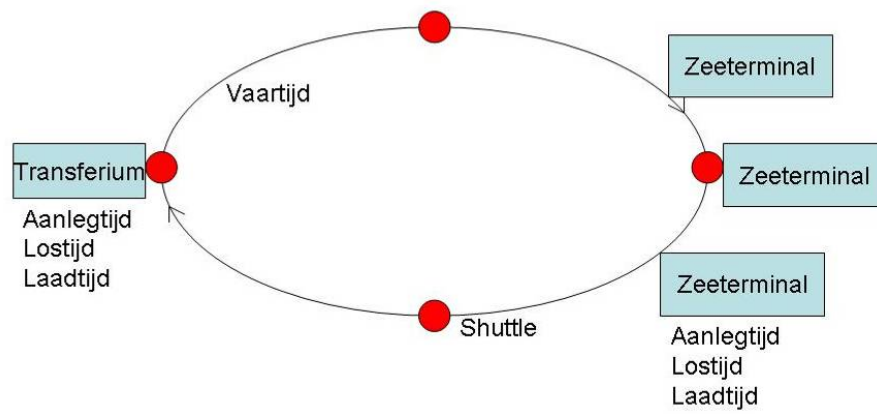
Figuur 34: Schematische weergave "shuttle per terminal"-concept

7.2 Het "rondrit" concept



Figuur 35: "Rondrit"-concept

De shuttles kunnen op het Transferium geladen worden met containers voor verschillende zeeterminals. De shuttles varen vervolgens op de Maasvlakte langs de verschillende terminals en lossen en laden bij elke terminal een deel van hun lading. Na langs elke zeeterminal te hebben gevaren kan er terug worden gevaren richting het Transferium.



Figuur 36: Schematische weergave "rondrit"-concept

8 Simulatie Transferium

8.1 Inleiding

Om tot verder inzicht te komen zal in dit hoofdstuk het Transferium worden gesimuleerd. De simulatie bootst het transportproces van het Transferium na. Dankzij een simulatie kan de situatie worden nagespeeld om de werking van het systeem te analyseren. Het is een schematisering van de werkelijkheid.

Dankzij de simulatie kunnen verschillende verdelingen worden meegenomen in de berekeningen, zoals de aankomstenverdeling van de vrachtwagens en de verdelingen van de verblijftijden in het systeem, die de verschillende typen containers hebben.

De simulatie van het Transferium betreft een logistiek systeem.

Met een systeem wordt een samenhangend gedeelte uit de werkelijkheid bedoeld, in dit geval het Transferium met het transport van en naar de zeeterminals.

Logistiek wil zeggen dat het uit meerdere stromen bestaat. Zo zijn er de containers, de vrachtwagens en de shuttles die ieder hun eigen proces door het systeem hebben. Door het logistiek systeem na te bootsen met behulp van een simulatie kunnen de effecten van verschillende variabelen op de prestatie van het systeem worden bepaald.

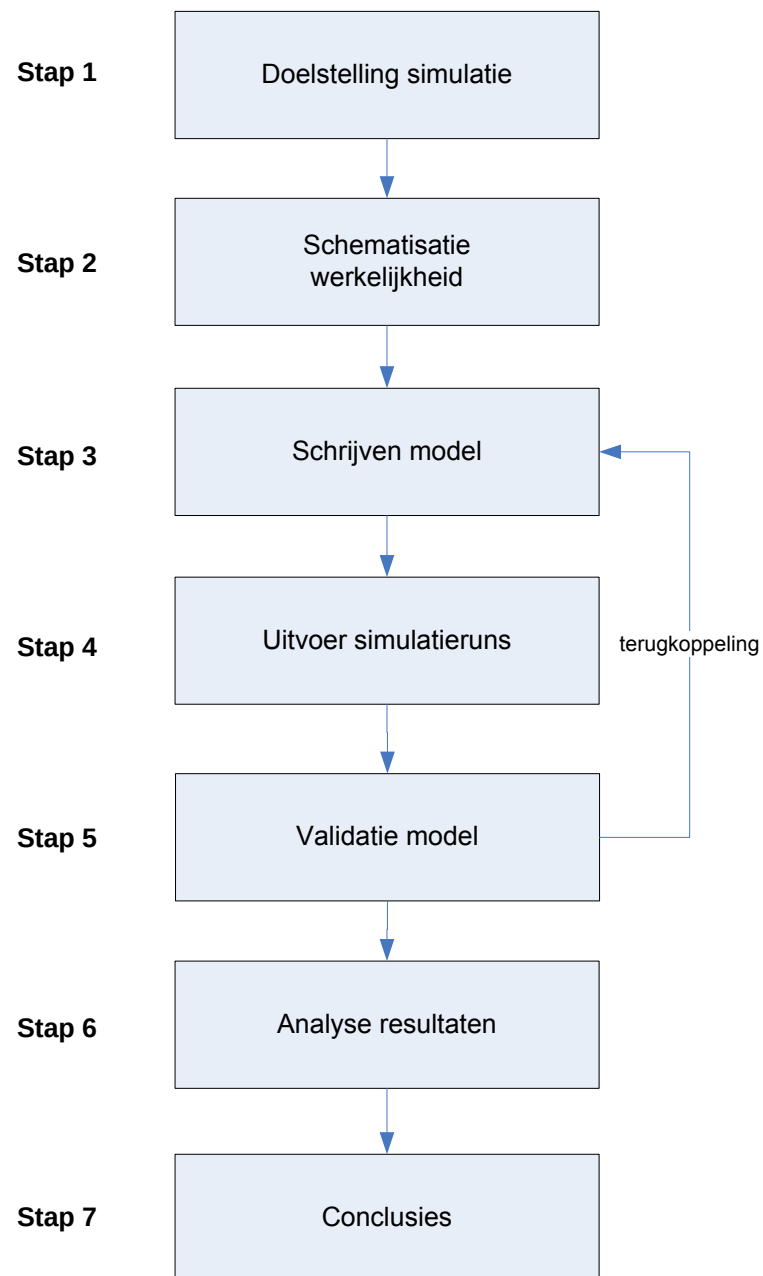
De input van het systeem kan bestaan uit verschillende invoervariabelen. Na de verwerking van de input kan aan de hand van de uitvoer de prestatie van een gegeven besturing van het systeem geanalyseerd worden.

De simulatie van het Transferium zal plaatsvinden in het programma Prosim. Prosim is een simulatietaal die gebaseerd is op proces georiënteerd simuleren [30].

Bij proces georiënteerd simuleren beïnvloeden verschillende processen in het systeem elkaar. Elk proces wordt afzonderlijk beschreven, met daarin bepaalde momenten waarop de verschillende processen interactie hebben. De simulatiesoftware gebruikt een kalender om de taken te ordenen en bij te houden wanneer de taken (weer) geactiveerd moeten worden [15].

In dit hoofdstuk zal eerst het doel, dat met behulp van de simulatie bereikt moet worden, worden toegelicht. Vervolgens zal begonnen worden met het simulatieproces.

Onderstaand diagram geeft de stappen weer die zullen worden uitgevoerd in het simulatieproces.

**Figuur 37: Stappenplan simulatieproces**

8.2 Doelen van de simulatie

Voordat begonnen zal worden met de simulatie van het Transferium is het belangrijk helder te hebben wat de doelstelling is, die je met behulp van de simulatie wilt bereiken.

De doelstelling van de simulatie luidt:

“Het beoordelen van de verschillende logistieke concepten op basis van de prestaties van het systeem en de consequenties voor het Transferium.”

De logistieke concepten, zoals eerder beschreven in H.7, zijn:

1. Het “shuttle per terminal”-concept
2. Het “rondrit”-concept

Voor de twee verschillende concepten zal vervolgens gekeken worden hoe het systeem presteert in het geval dat de shuttles volgens een vaste planning varen. In dit geval staat vast wanneer de shuttles vertrekken vanaf het Transferium. In het andere geval varen de shuttles niet volgens een vaste planning. De shuttles nemen de containers mee, die klaar staan op het Transferium of op de zeeterminals. Elke shuttles vaart in dit geval op zichzelf en “freestyled”.

Om inzicht te verwerven in de verschillende prestaties wordt gekeken hoe de concepten presteren op het gebied van de doorlooptijd van de containers, de betrouwbaarheid van het systeem en de kosten.

Per alternatief wordt antwoord gezocht op de volgende vragen:

- Wat zijn de doorlooptijden van de containers door het systeem?
De definities van de doorlooptijden voor de verschillende typen containers zullen worden gegeven in paragraaf 8.3.2.
- Hoeveel containers bevinden zich op het Transferium en hoeveel oppervlakte hebben de stacks nodig?
- Hoe snel verplaatsen exportcontainers, die met spoed op de zeeterminal moeten zijn, zich door het systeem?
- Hoeveel shuttles zijn er vereist en met wat voor capaciteit?
De shuttles moeten in staat zijn het aanbod aan containers volledig af te kunnen handelen.
- Hoeveel aanlegplaatsen heeft het Transferium nodig om de shuttles goed af te kunnen handelen?

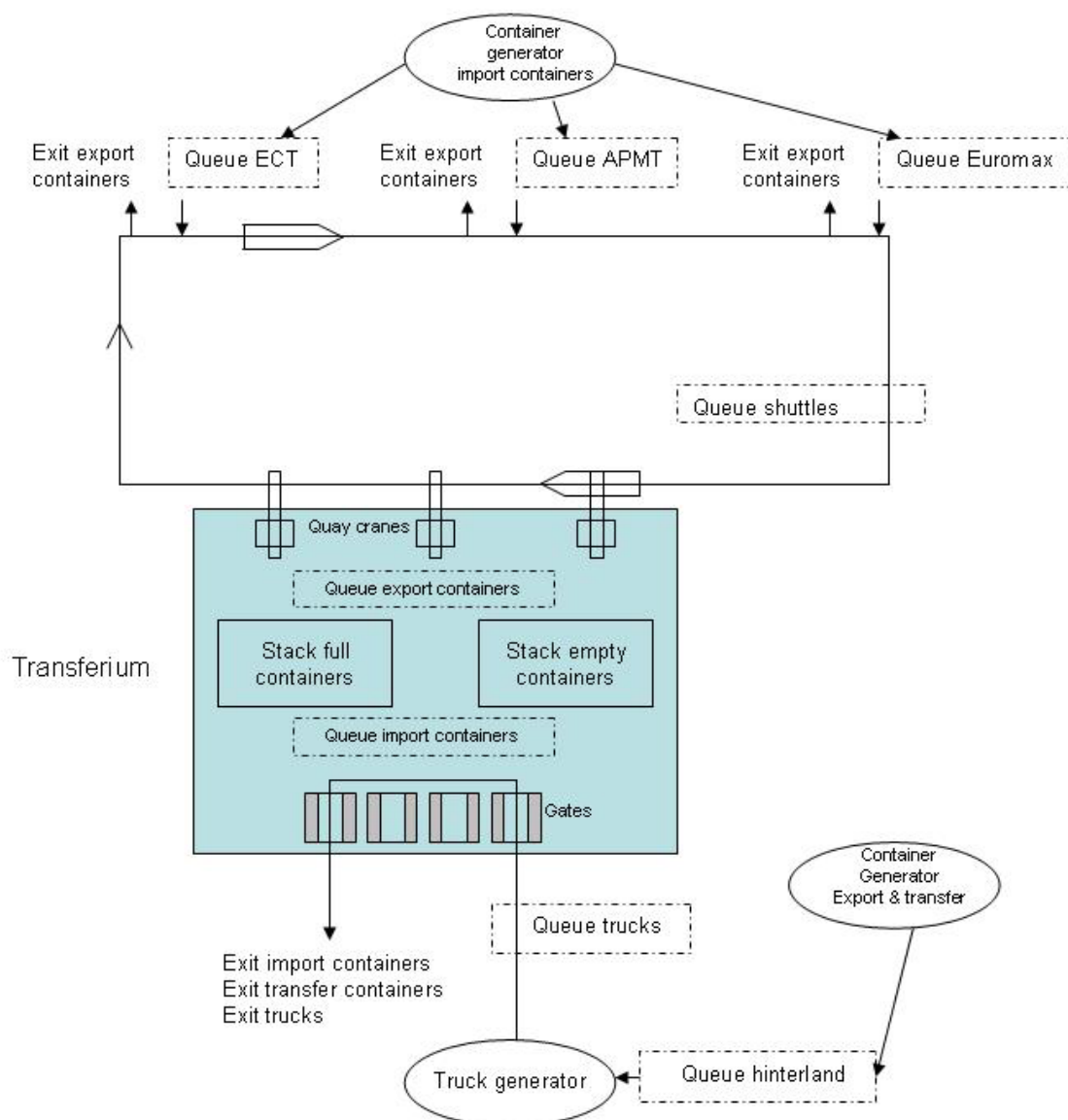
Als eis voor het aantal ligplaatsen wordt gekeken naar de gemiddelde wachttijd van de shuttles bij het Transferium en de maximale bezettingsgraad van de ligplaatsen. Als richtlijn wordt als een maximale bezettingsgraad van de kade 0.7 aangehouden en als maximaal gemiddelde wachttijd van de shuttles bij het Transferium 5 minuten aangehouden.

- Hoeveel landzijdige overslagpunten zullen er voor de vrachtwagens nodig zijn?
Op het Transferium dienen voldoende landzijdige overslagpunten te zijn, waar de trucks geladen en lost kunnen worden. Er is een strenge eis aan de maximaal gemiddelde wachttijd, namelijk 5 minuten. In de simulatie zullen grote aankomstpieken van de trucks worden afgevlakt. Dit zal verder in dit hoofdstuk verder worden toegelicht.

8.3 Modelbeschrijving

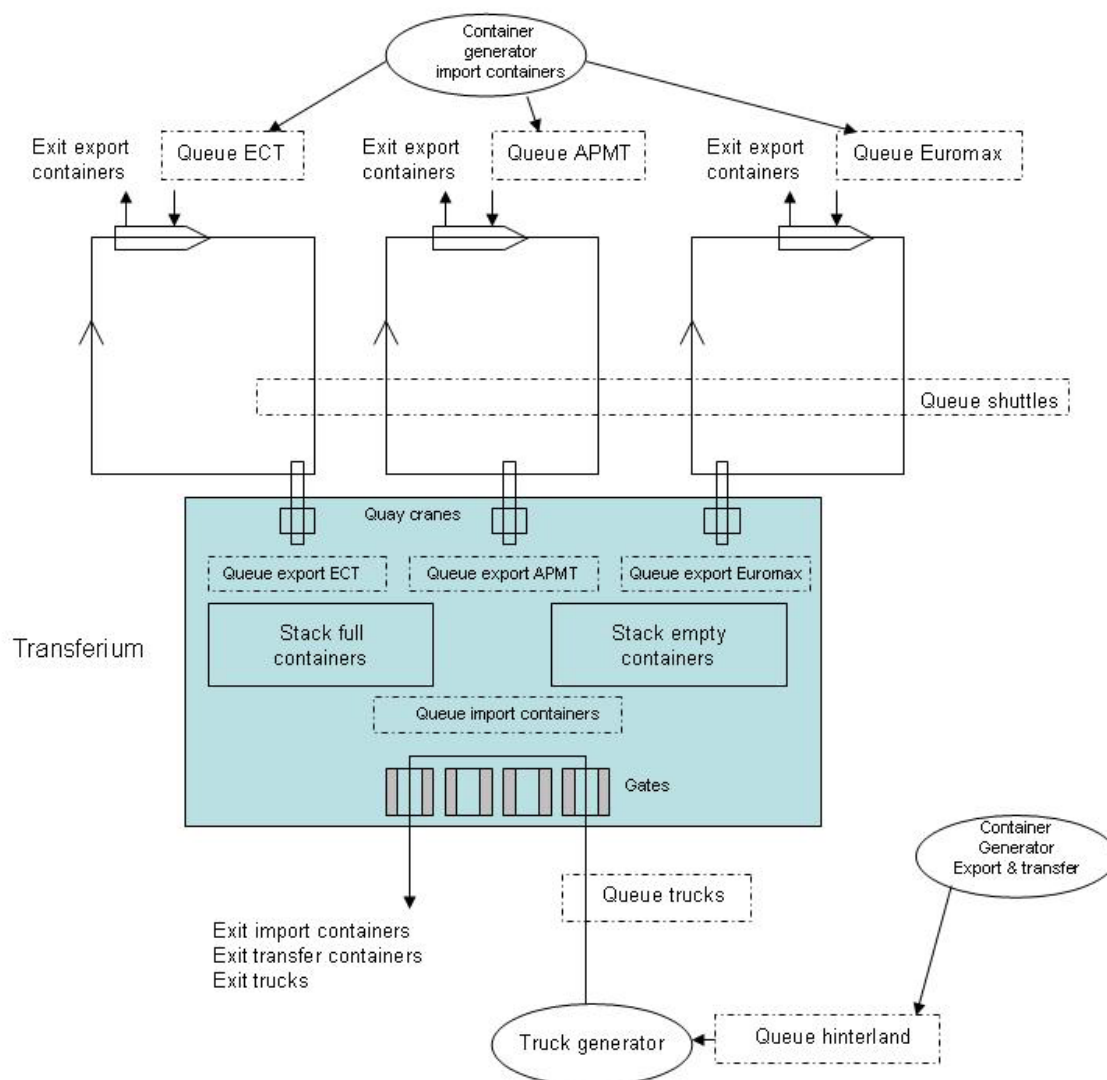
8.3.1 Systeengrenzen

Zoals eerder verteld bestaat het proces georiënteerd simuleren uit het identificeren van de verschillende systeemcomponenten en de procesbeschrijving van elk van deze componenten. In onderstaand figuur zijn de systeengrenzen van het Transferium te zien, met daarin verschillende componenten, voor het concept waarbij de shuttles langs alle zeeterminals varen (het “rondrit” concept).



Figuur 38: Systeengrenzen “rondrit” concept

In het geval er een shuttle per terminal vaart zijn er aan de waterzijde van het Transferium enkele aanpassingen. Zie Figuur 39.



Figuur 39: Systeemgrenzen "shuttle per terminal" concept

Voor beide concepten geldt dat de nadruk ligt op het Transferium. De afhandeling bij de zeeterminals blijft buiten beschouwing. Als de shuttles aankomen bij de zeeterminals worden ze met een constante snelheid gelost en geladen, onafhankelijk van de zeeterminal.

Wat wel in kaart gebracht kan worden is het aantal shuttles dat zich bij de zeeterminals bevindt.

8.3.2 Beschrijving van de stroom containers

Door het beschreven systeem zullen zich verschillende stromen containers gaan bewegen. In principe zijn de containers passieve componenten die zich vanwege bepaalde acties van andere componenten zullen verplaatsen.

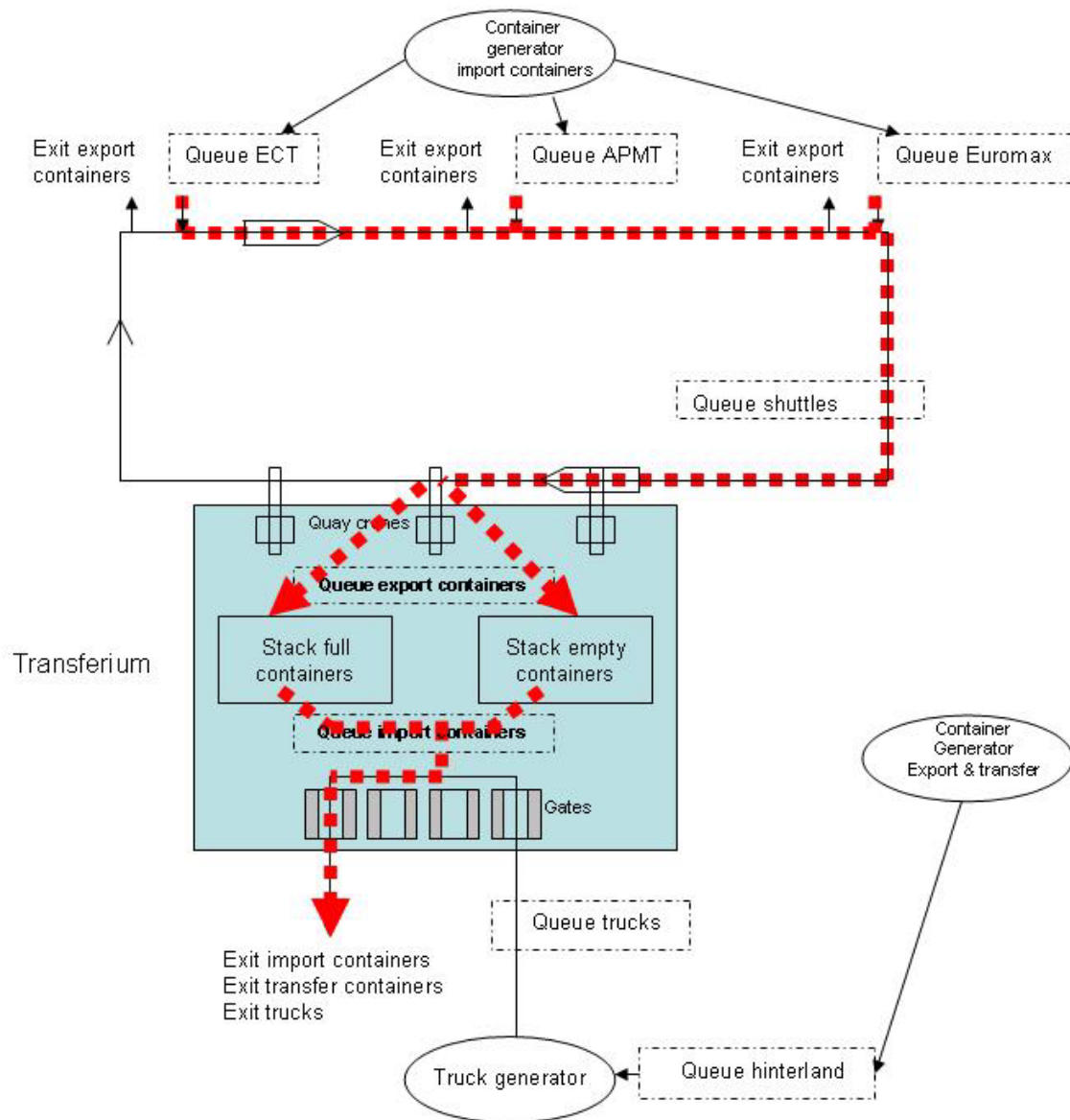
Door het systeem gaan 3 typen containers:

1. De importcontainers
2. De exportcontainers
3. De transfercontainers

De verschillende componenten zullen in de volgende paragraaf beschreven worden door de route van de drie typen containers te volgen.

➤ De importcontainers

Importcontainers verplaatsen zich van de zeeterminals naar het achterland. In onderstaand figuur is de richting van de stroom te zien, ingetekend in het “rondrit”-concept.



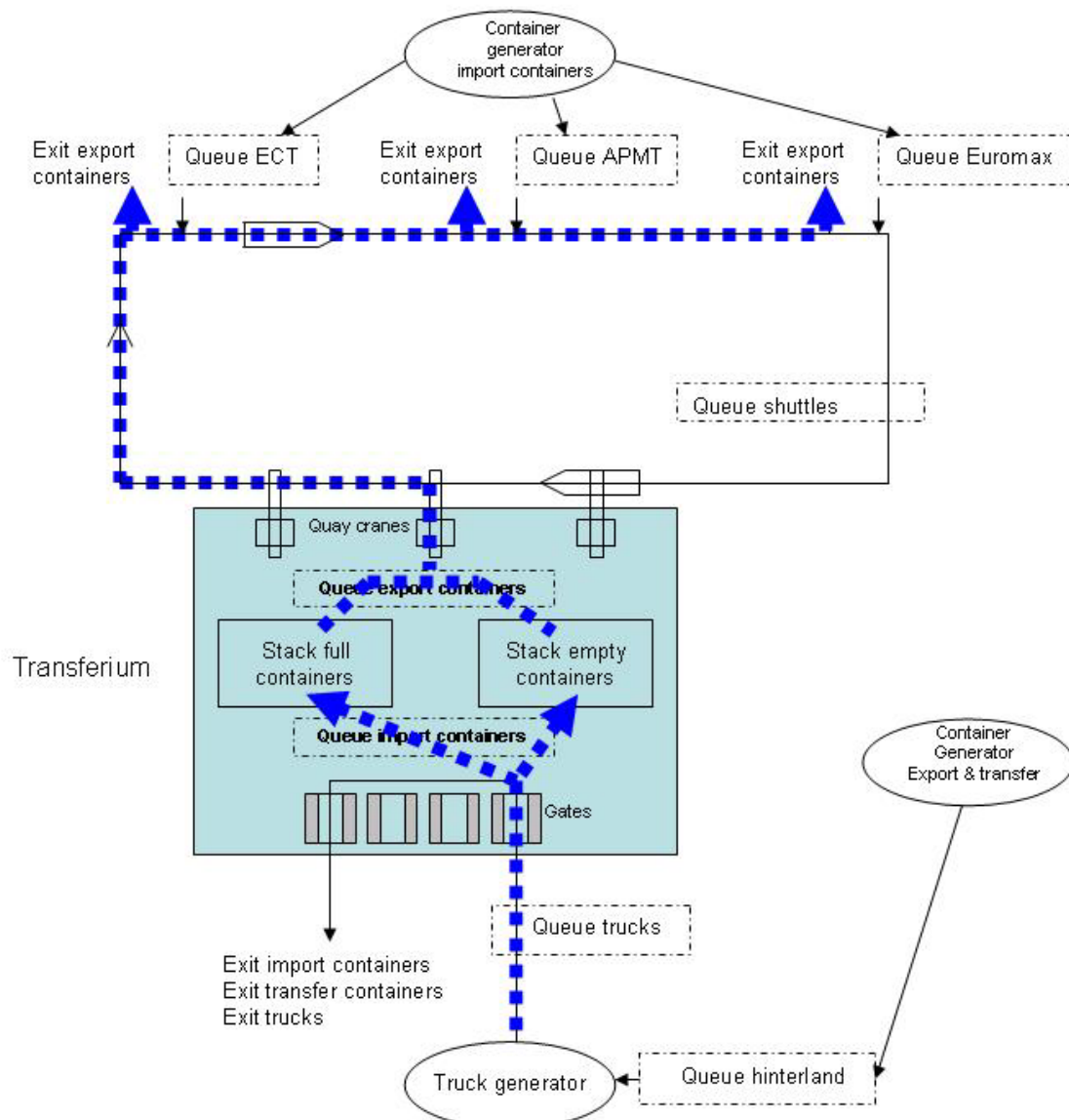
Figuur 40: De stroom importcontainers

Zodra een importcontainer is gegenereerd wordt de container op de juiste zeeterminal klaargezet om opgehaald te worden (in “queue ECT”, “queue APMT” of “queue Euromax”). Nadat de container is opgehaald door een shuttle en naar het Transferium is gebracht, wordt de container gelost. Afhankelijk of het een volle of lege container is wordt hij in de juiste stack geplaatst. In de stack zal de container een bepaalde tijd verblijven. Als deze verblijftijd erop zit zal de container klaar worden gezet (in de “queue importcontainers”) om opgehaald te worden door de vrachtwagens. Zodra de container op een truck is gezet zal de container samen met de truck het systeem verlaten. De doorlooptijd die wordt geregistreerd is de tijd die een importcontainer er over

doet deze route af te leggen. De tijd start zodra de container is gegenereerd en stopt zodra de container samen met de truck het achterland in verdwijnt en het systeem dus verlaat.

➤ De exportcontainers

De exportcontainers worden in het achterland gegenereerd en verplaatsen zich door het systeem richting de zeeterminals.



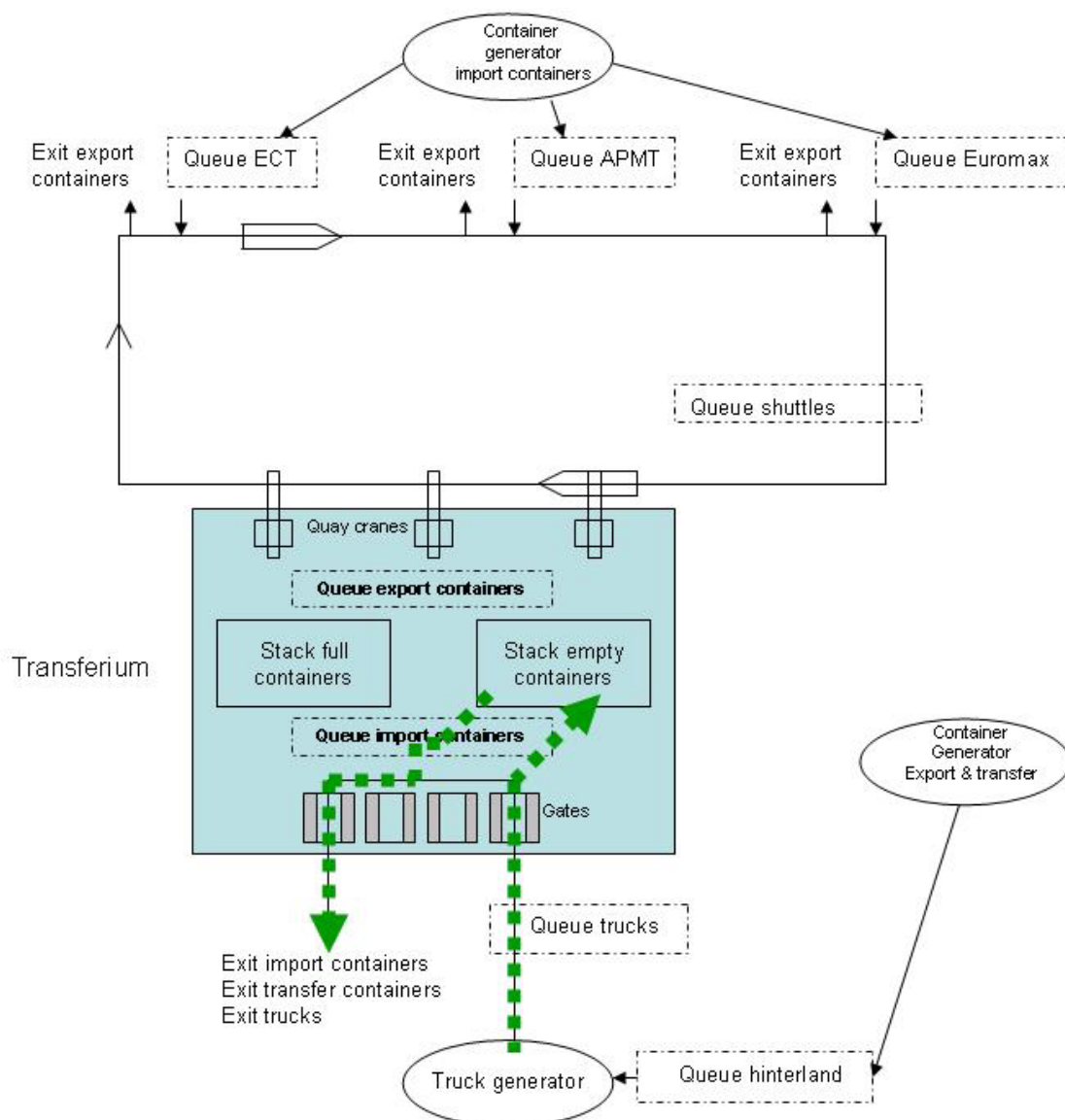
Figuur 41: De stroom exportcontainers

Een container die is gegenereerd wordt in het achterland klaargezet om opgehaald te worden door een truck. De truck pikt de container op en brengt de container naar het Transferium. Net als bij de importcontainer, wordt de exportcontainer in de juiste stack gezet om daar een bepaalde verblijftijd door te brengen. Na deze verblijftijd wordt de container klaargezet om opgehaald te worden door een shuttle, die de container vervolgens naar de juiste zeeterminal zal brengen. Als de container hier is gelost verlaat hij het systeem. De shuttle laadt importcontainers, die klaar staan op de zeeterminal, en vervolgt zijn rondje terug richting het Transferium. De doorlooptijd

van de exportcontainers is de tijd die de containers erover om, zodra ze in het achterland zijn gegenereerd, de zeeterminal te bereiken. Zodra de container van de shuttle op de zeeterminal is gelost zit de registratie van de doorlooptijd erop.

➤ De transfercontainers

De derde stroom containers zijn de transfercontainers.



Figuur 42: De stroom transfercontainers

Transfercontainers zijn per definitie lege containers. De transfercontainers gebruiken het Transferium als een empty depot (zie paragraaf 4.2.2). Dit wil zeggen dat de containers in het achterland worden gegenereerd (evenals de exportcontainers start hier de registratie van de doorlooptijd), per truck naar het Transferium gaan en in de stack met lege containers worden geplaatst. Vervolgens worden de containers weer klaargezet (in de “queue importcontainers”) om terug het achterland in te gaan. Zodra ze door een truck zijn opgehaald verlaten de

transfercontainers het systeem. Hier stopt ook de registratie van de doorlooptijd van de transfercontainers.

8.3.3 Beschrijving van de componenten

Verschillende componenten zorgen ervoor dat de containers zich op de juiste manier door het systeem verplaatsen. De ene component kan een andere component weer activeren. Een uitgebreidere beschrijving van de componenten is terug te vinden in bijlage D.

De simulatie heeft de volgende componenten:

- “Main”

“Main” is de basis van de simulatie en stuurt de simulatie aan. “Main” leest de inputdata in, stelt een aantal beginwaarden in en activeert de verschillende generatoren. Vervolgens stopt “Main” de simulatie na een bepaalde simulatietijd en geeft vervolgens de output. De simulatietijd wordt zo gekozen dat de simulatie tijd aanzienlijk groter is dan de tijd die het systeem nodig heeft om op gang te komen. Dit blijkt het geval te zijn na een simulatietijd van 4 maanden.

- De shuttlegenerator

De shuttlegenerator genereert het aantal ingestelde shuttles. Elke shuttle wordt met bepaalde eigenschappen gecreëerd, zoals een vaarsnelheid, een capaciteit en een tijd die de shuttle nodig heeft aan te leggen. In geval er een shuttle per terminal vaart krijgt elke shuttle ook een bepaalde zeeterminal opgelegd. Tussen het Transferium en deze zeeterminal zal de shuttle op en neer gaan pendelen.

- De containergeneratoren

Er zijn twee typen containergeneratoren: Eén generator creëert de containers in het achterland, dus de transfer- en de exportcontainers. De andere generator creëert de importcontainers op de zeeterminals. Elke container wordt gecreëerd met een aantal eigenschappen:

- Een bepaalde lengte, namelijk 20 of 40 voet. Dit wordt bepaald aan de hand van de TEU-factor (deze is 1.65).
- Een zeeterminal als bestemming (voor exportcontainers) of een oorsprong op een zeeterminal (voor importcontainers). Welke zeeterminal (ECT, APMT of Euromax) wordt bepaald met behulp van de percentages in Tabel 1.
- Een verblijftijd op het Transferium. De verblijftijden worden bepaald door middel van een trekking uit een Erlangverdeling met $k = 4$. De importcontainers hebben een gemiddelde verblijftijd van 4,7 dagen, de exportcontainers een gemiddelde van 6,3 dagen en de lege transfercontainers een gemiddelde van 17 dagen.
- Een lading, namelijk vol of leeg.

Een belangrijk verschil tussen de twee containergeneratoren zit in de tussentijden van de containers:

De importcontainers worden met een constante tussentijd gegenereerd. De gedachte hierachter is dat er dag en nacht grote zeeschepen bij de zeeterminals arriveren en dus voor een constante stroom containers zorgen.

De transfer- en exportcontainers komen vanuit het achterland. Dit transport vindt wel hoofdzakelijk overdag plaats. Voor deze containers wordt de aankomstenverdeling van de trucks meegenomen. Om dit voor elkaar te krijgen worden aan het begin van elke dag alle containers voor die dag gegenereerd en klaargezet in de rij containers in het achterland ("queue hinterland" in de figuren in vorige paragraaf). Hier worden ze opgehaald door de trucks.

- De truckgenerator

De trucks hebben te maken met een bepaalde aankomstenverdeling, zo is het overdag vaak drukker op de weg met trucks dan 's nachts. Voor de simulatie is deze verdeling vereenvoudigd en opgesplitst in 6 periodes van 4 uur. Het totale aantal trucks per dag kan worden bepaald aan de hand van het aantal containers per dag en de gemiddelde lading per rondrit van 1 truck. Vervolgens kan per tijdsvak volgens de kansverdeling worden bepaald hoeveel trucks er gegenereerd moeten worden. Dit aantal trucks wordt evenredig verdeeld over deze periode van 4 uur.

Verder wordt elke truck een bepaalde route opgelegd: Een truck brengt alleen een container naar het Transferium, een truck brengt en haalt een container of een truck haalt alleen een container op. De kansen of een truck brengt, haalt of brengt en haalt zijn afhankelijk van de gemiddelde lading van een retourtje van de trucks.

- De shuttles

Zodra de shuttles zijn gegenereerd, gaan ze beginnen met het varen van hun rondjes. Elke shuttle die aankomt bij het Transferium komt eerst in de wachtrij voor de shuttles terecht. Als er dan een ligplaats aan de kade vrij is zal de shuttle direct aan deze kade worden gelegd. Het proces aan de kade op het Transferium is beschreven bij de component "kadekranen".

Vervolgens vertrekken de shuttles bij het Transferium richting de zeeterminal(s). Hier worden de shuttles met een constante snelheid gelost en geladen. Aangezien de zeeterminals buiten de systeemgrenzen vallen zullen de shuttles nooit met wachttijden te maken krijgen bij de zeeterminals.

- De kadekranen

De kadekranen hebben een bepaalde capaciteit om containers te laden en lossen op de shuttles. Deze overslagsnelheid is uitgedrukt in het aantal moves per uur. Zodra er een shuttle aan de kade ligt laadt en lost de kadekraan de shuttle met deze overslagsnelheid. Indien de shuttles volgens een vaste planning varen, blijven de shuttles aan de kade liggen totdat ze volgens de planning mogen vertrekken.

- De trucks

De trucks worden gegenereerd in het achterland, halen, indien ze een container brengen naar het Transferium, een container op en brengen deze container naar het Transferium.

Elke truck die arriveert, zal eerst in de wachtrij voor de trucks worden geplaatst. Als er een locatie waar de trucks geladen/gelost kunnen worden (een landzijdig overslagpunt) vrij is zal de truck hier zijn container afleveren en eventueel weer een container oppikken om mee terug te nemen. Als de truck vertrekt verlaat de truck met zijn lading het systeem.

- De landzijdige overslagpunten

Het proces bij de landzijdige overslagpunten is in de simulatie vergelijkbaar met het proces van de kadekranen. Een landzijdig overslagpunt is een locatie waar trucks geladen en gelost kunnen worden, en dit zal ook met een bepaalde overslagsnelheid gebeuren. Zodra een truck weer is vertrokken, wordt er gewacht tot er een nieuwe truck zal arriveren.

- De containers

De containers zijn in principe passieve componenten die door de andere componenten door het systeem worden verplaatst. De containers geven in de simulatie wel zelf aan in welke rijen ze geplaatst moeten worden en wanneer hun verblijftijd op het Transferium erop zit.

De bovenstaande processen van de verschillende componenten zijn uitvoerig beschreven in bijlage D. Hier worden de processen schematisch weergegeven, wordt de verschillende input toegelicht en is aangegeven hoe deze processen door de simulatieapplicatie Prosim worden behandeld.

8.4 *Beperkingen model*

In de simulatie zijn een aantal vereenvoudigingen en aannames gedaan in vergelijking met de werkelijkheid. Dit leidt tot de nodige beperkingen.

In het model zijn bij het genereren van de trucks en van de containers de processen sterk vereenvoudigd nagebootst:

- In het model blijven de processen van de zeeterminals volledig buiten beschouwing. De shuttles worden met een constante snelheid behandeld bij de terminals. Er is geen beperking opgelegd aan het aantal mogelijke aanlegplaatsen op de zeeterminal. In werkelijkheid speelt dit natuurlijk een belangrijke rol. Wel kan dankzij het model gekeken worden wat de faciliteiten op de zeeterminal moeten zijn om de shuttles goed af te kunnen handelen en op wat voor aankomstenpatroon van de shuttles gerekend moet worden.
Verder worden, omdat de zeeschepen niet zijn meegenomen in het model, de importcontainers met een constante tussentijd gegenereerd. In werkelijkheid is dit uiteraard afhankelijk van de aankomsten van de zeeschepen.
- Een andere vereenvoudiging heeft betrekking op de truckgenerator. De truckgenerator genereert, binnen dezelfde periode van 4 uur, trucks met een constante tussenaankomsttijd. Eventuele pieken in aankomsten worden hierbij uitgevlakt, omdat de trucks dus netjes worden uitgesmeerd over de betreffende periode. Dit dient te worden meegenomen in de conclusies. Indien het aantal landzijdige overslagpunten in de simulatie het aantal trucks net kan verwerken zal dit in de werkelijkheid tot problemen kunnen leiden omdat de aankomsten van de trucks dan voor een grotere piekbelasting kunnen zorgen. De landzijdige overslagpunten dienen dus te beschikken over een zekere overcapaciteit.
- Met betrekking tot de verdelingen van de verblijftijden van de containers op het Transferium zijn uitsluitend de gemiddelde waarden van de zeeterminals bekend. De Erlang-k verdeling (met $k = 4$, zie bijlage D) is in dit model een aanname.

De gekozen systeemgrenzen hebben ook enkele beperkingen:

- Vanwege het feit dat de zeeterminals en zeeschepen buiten het model vallen is het model ongeschikt voor het simuleren van een situatie met een drijvende containerkraan op de zeeterminals, ondanks dat dit een toegevoegde waarde kan hebben op het systeem van transport via een Transferium.
- Het model kijkt uitsluitend naar een achterlandverbinding met trucks. Overslag van binnenvaart op de shuttles en visa versa blijft buiten beschouwing.

Bovenstaande uitbreidingen zijn interessant voor vervolgonderzoek.

8.5 Uitvoer simulatieruns

8.5.1 Plan van aanpak

➤ Input en simulatieruns

Aan de hand van vorige paragraaf en eerdere hoofdstukken zijn de volgende inputgegevens vastgesteld:

Tabel 17: Overzicht inputgegevens

Variabelen	
Kraancapaciteit Transferium	20 of 25 moves per uur
Overslagcapaciteit bij de landzijdige overslagpunten	8 of 10 moves per uur
capaciteit shuttles	32 TEU, 48 TEU of 99 TEU
Vaste waarden	
Afhandelsnelheid bij de zeeterminals	20 moves per uur
TEU-factor	1,65
Afstand zeeterminal-Transferium	55 km.
Onderlinge afstand zeeterminals	3 km.
Operationele dagen per jaar	362
Capaciteit Transferium	200.000 TEU
Percentage importcontainers	51,60%
Percentage lege importcontainers	20,80%
Percentage lege exportcontainers	20,30%
Vaarsnelheid shuttles	15 km/h
Aanlegtijd shuttles	20 minuten
Gemiddelde lading retourtje truck	2,4 TEU

Voor de 2 alternatieven die uitgaan van een rondrit van de shuttles, dus het alternatief dat de shuttles wel of niet volgens een vaste planning varen, zullen 6 situaties worden bekeken met de volgende input:

Per shuttlegrootte zullen 2 situaties worden bekeken:

- Snelle afwikkeling van de containers
Bij deze situatie hebben de kranen op het Transferium een capaciteit van 25 moves per uur en kunnen er per landzijdig overslagpunt 10 containers per uur worden afgehandeld.
- Langzame afwikkeling van de containers
Bij deze situatie hebben de kranen op het Transferium een capaciteit van 20 moves per uur en kunnen er per landzijdig overslagpunt 8 containers per uur worden afgehandeld.

Door hogere overslagsnelheden te vergelijken met lagere overslagsnelheden kan gezien worden wat de invloed is op de prestatie van het systeem.

Het inzicht dat bij deze simulaties is verkregen zal meegenomen worden bij het simuleren van het “shuttle per terminal”-concept.

➤ De output

Per situatie zullen eerst de volgende resultaten worden verkregen:

1. *Het minimaal aantal vereiste landzijdige overslagpunten op het Transferium*

Het minimale aantal vereiste landzijdige overslagpunten wordt bepaald aan de hand van een systeem, waarbij er een overmaat aan shuttles en ligplaatsen zal zijn. De afwikkeling van containers aan de waterzijde zal hierdoor in ieder geval goed verlopen.

Vervolgens wordt voor een verschillend aantal overslagpunten gekeken naar het aantal trucks in de wachtrij voor het Transferium ("queue truck" in Figuur 38 en Figuur 39) en de gemiddelde wachttijd van de trucks voor het Transferium. Door dit te vergelijken met de gestelde eisen in paragraaf 8.2 is het aantal benodigde landzijdige overslagpunten bekend.

2. *Het aantal benodigde shuttles*

Zodra het aantal landzijdige overslagpunten is vastgesteld kan het aantal shuttles worden bepaald. De shuttles moeten samen voldoende capaciteit hebben om de wachtrijen van de containers volledig af te kunnen handelen. Dit zijn:

- De rijen importcontainers op de zeeterminals (de "queue ECT", "queue APMT" en "queue Euromax" in Figuur 38 en Figuur 39)
- De rij exportcontainers op het Transferium (de "queue export containers" in Figuur 38 en Figuur 39)

Bij deze simulatie runs zal er nog steeds een overmaat aan ligplaatsen op het Transferium zijn. Hierdoor hebben de shuttles geen wachttijd en kunnen ze direct worden geladen/gelost.

Indien het aantal containers in de wachtrijen niet volledig afgehandeld kan worden, omdat de capaciteit van de shuttles ontoereikend is, zal dit aantal steeds verder toenemen. Indien de totale shuttlecapaciteit wel voldoet zal het aantal containers in de wachtrijen niet blijven toenemen en zal geregeld geheel afgehandeld kunnen worden.

3. *Het minimaal aantal vereiste ligplaatsen op het Transferium*

Zowel het vereiste aantal landzijdige overslagpunten als het minimaal benodigd aantal shuttles is nu bekend. Nu kan tot slot het aantal vereiste ligplaatsen op het Transferium worden bepaald, door te kijken naar de wachttijden van de shuttles bij het Transferium. Indien er te weinig ligplaatsen zullen zijn, zullen de shuttles bij het Transferium moeten wachten voordat ze behandeld kunnen worden aan de ligplaats(en). De eis met betrekking tot het aantal ligplaatsen, waaraan het Transferium moet voldoen, is beschreven in paragraaf 8.2.

Als dit eenmaal bekend is kan met bovenstaande resultaten als input de volgende output worden verkregen:

1. *Het aantal containers in de verschillende stacks op het Transferium*
2. *De gemiddelde bezettingsgraad van de shuttles*
3. *De gemiddelde bezettingsgraad van de kades*
4. *Het aantal shuttles in de wachtrij voor het Transferium*

5. *De gemiddelde cyclustijd van de shuttles, opgesplitst in de gemiddelde vaartijd en de gemiddelde wachttijd per cyclus.*
6. *De gemiddelde doorlooptijden van de containers*
7. *De gemiddelde verblijftijd van de containers in de exportrij(en) op het Transferium*
8. *Het aantal exportcontainers dat klaar staat op het Transferium om opgehaald te worden, maar dat niet met de eerstvolgende shuttle mee kan en dus op de volgende shuttle moet wachten*
9. *Het totaal aantal exportcontainers dat op het Transferium in één van de exportrijen wordt klaargezet om opgehaald te worden.*
10. *Het maximaal aantal containers dat zich tegelijkertijd op het Transferium bevindt.*

8.5.2 Validatie model

Omdat de simulatie van het Transferium vooruitblijkt zijn er geen data beschikbaar om de werking van de simulatie mee te vergelijken. De resultaten van de simulatie kunnen niet vergeleken worden met bestaande systemen. Zodoende vraagt de simulatie om een validatie om zo te controleren of het model correct werkt.

Om dit te controleren wordt gekeken naar het aantal containers, dat door het systeem vervoerd gaat worden.

De containers kunnen zich op verschillende locaties in het systeem bevinden:

- Op de zeeterminals
- Op de shuttles
- Op het Transferium
- Op de trucks
- In het achterland

Dit aantal containers moet gelijk zijn aan het aantal containers dat is gegenereerd min het aantal containers dat het systeem alweer heeft verlaten. Voor de verschillende concepten is op willekeurige momenten gekeken of dit evenwicht klopt. Uit de resultaten in Tabel 58 in bijlage F1 blijkt deze balans te kloppen.

8.5.3 Resultaten simulatieruns

In deze paragraaf is een samenvatting gegeven van de resultaten van de verschillende situaties. Voor een verdere toelichting wordt verwezen naar bijlage F.

➤ “Freestyle + rondrit” concept

De eerste situaties die zijn bekeken gaan uit van het varen van de shuttles zonder een vaste planning (het “freestylen” van de shuttles). De shuttles komen aan bij de terminal of bij het Transferium, pikken de containers op die klaar staan en vertrekken weer.

Indien de shuttles zonder een vaste planning varen doet zich het volgende voor:

De voorste shuttles wordt volledig geladen voordat hij vertrekt richting hetzij de zeeterminal, hetzij het Transferium. Vervolgens komt de tweede shuttle aan. De rij containers die moet worden

meegenomen is echter te overzien, de shuttle neemt mee wat er nog klaar staat en vertrekt ook weer. Voor de derde shuttle geldt ditzelfde, echter, met nog minder containers die geladen kunnen worden. Deze shuttle heeft weer een kortere servicetijd, waardoor de shuttles steeds dichter bij elkaar komen te varen. Op een gegeven moment varen alle shuttles bij elkaar en doen eigenlijk dienst als 1 grote shuttle. Dit is ongewenst omdat de voordelen van kleinere shuttles, zoals een kleinere doorlooptijd van de containers, hierdoor wegvallen.

Deze ophoping van de shuttles, in geval ze zonder planning zouden varen, is alleen te voorkomen wanneer er altijd genoeg containers klaar staan op het Transferium en de zeeterminals om de shuttles volledig te laden. Echter, als dit het geval is zijn de shuttles niet in staat de stroom containers volledig af te handelen, wat uiteraard geen optie is.

Vanwege de hierboven omschreven ophoping van de shuttles is het niet aantrekkelijk om zonder een vaste planning te varen. Toch geven de simulatieruns van dit concept wel interessante output met betrekking tot de situaties van de andere concepten die uitgaan van een vaste planning voor de shuttles. Zo is het aantal benodigde landzijdige overslagpunten en het benodigde aantal shuttles bij dit concept hetzelfde als bij de andere concepten.

Verder leveren deze simulatieruns ook de minimale gemiddelde cyclustijden van de shuttles op. Deze worden verkregen door het Transferium evenveel ligplaatsen te geven als dat er shuttles zijn, waardoor de shuttles nooit hoeven te wachten. Deze minimale cyclustijden dienen als leidraad voor de concepten die uitgaan van een vaste planning van de shuttles.

Onderstaande tabel geeft de resultaten van de verschillende situaties.

Tabel 18: Resultaten "freestyle + rondrit" concept

	Input			Output		
	Shuttle-capaciteit (TEU)	Kraan-capaciteit (moves/uur)	Capaciteit landzijdige overslagpunten (moves/uur)	Aantal shuttles	Aantal landzijdige overslagpunten	Gemiddelde cyclustijd (minuten)
Situatie 1	32	20	8	5	5	743
Situatie 2	32	25	10	5	4	717
Situatie 3	48	20	8	4	5	840
Situatie 4	48	25	10	4	4	780
Situatie 5	99	20	8	3	5	982
Situatie 6	99	25	10	3	4	910

Opgemerkt moet worden dat er bij de simulatie uitsluitend variatie van het aantal containers op één dag plaatsvindt. Op elke dag afzonderlijk wordt hetzelfde aantal containers gegenereerd. Verschillen tussen dagen onderling zijn niet meegenomen.

Het systeem zou kunnen anticiperen op deze fluctuaties door ten tijde van eventuele pieken in de containerstroom de shuttles volledig te laden en ten tijde van een dal in de containerstroom de shuttles slechts gedeeltelijk te vullen. Duidelijk is dat ook in dit geval er regulatie van de shuttles vereist is en dat de shuttles toch onderhevig zijn aan een zekere planning.

➤ Rondrit van de shuttles volgens een vaste planning

Als input voor het "rondrit"-concept, waarbij volgens een vaste planning wordt gevaren, wordt gebruik gemaakt van de eerdere resultaten van het "freestyle"-concept. Het aantal shuttles en het aantal landzijdige overslagpunten zal overeenkomen met deze eerdere resultaten. De cyclustijd van de shuttles is een andere variabele bij deze runs. Aan de hand van de cyclustijd van de shuttles wordt de planning gemaakt, zodanig dat de shuttles mooi verspreid op en neer varen tussen het Transferium en de zeeterminals. Onderstaande tabellen geven een overzicht van de resultaten.

Tabel 19: Resultaten "planning + rondrit" concept, situatie 1 en 2

	Situatie 1	Situatie 2	
Capaciteit van de shuttles	32	32	(TEU)
Kraancapaciteit op het Transferium	20	25	(moves/uur)
Capaciteit bij de landzijdige overslagpunten	8	10	(moves/uur)
Vereist aantal shuttles	5	5	(-)
Vereist aantal ligplaatsen	2	2	(-)
Vereist aantal landzijdige overslagpunten	5	4	(-)
Het maximaal aantal containers in de stack volle containers	1.553	1.547	(-)
Het maximaal aantal containers in de stack lege containers	2.286	2.281	(-)
Het maximaal aantal containers op het hele Transferium	3.783	3.785	(-)
De gemiddelde bezettingsgraad van de shuttles	0,91	0,88	(-)
De gemiddelde bezettingsgraad van de kades	0,45	0,38	(-)
De gemiddelde cyclustijd van de shuttles	790	760	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van exportcontainers	12.668	12.649	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van importcontainers	10.639	10.591	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van transfercontainers	24.545	24.730	(minuten)
Gemiddelde verblijftijd van containers in de exportrij op het Transferium	84	75,10	(minuten)
Totaal aantal containers in de exportrij op het Transferium	16.233	16.233	(-)
Aantal exportcontainers dat op de volgende shuttle moet wachten	3.247	2.079	(-)
Gemiddelde vaar- en aanlegtijd van de shuttles per cyclus	544	544	(minuten)
Gemiddelde servicetijd van de shuttles per cyclus	246	216	(minuten)

Tabel 20: Resultaten "planning + rondrit" concept, situatie 3 en 4

	Situatie 3	Situatie 4	
Capaciteit van de shuttles	48	48	(TEU)
Kraancapaciteit op het Transferium	20	25	(moves/uur)
Capaciteit bij de landzijdige overslagpunten	8	10	(moves/uur)
Vereist aantal shuttles	4	4	(-)
Vereist aantal ligplaatsen	2	2	(-)
Vereist aantal landzijdige overslagpunten	5	4	(-)
Het maximaal aantal containers in de stack volle containers	1.548	1.542	(-)
Het maximaal aantal containers in de stack lege containers	2.286	2.280	(-)
Het maximaal aantal containers op het hele Transferium	3.796	3.786	(-)
De gemiddelde bezettingsgraad van de shuttles	0,86	0,82	(-)
De gemiddelde bezettingsgraad van de kades	0,44	0,40	(-)
De gemiddelde cyclustijd van de shuttles	890	850	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van exportcontainers	12.721	12.702	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van importcontainers	10.698	10.661	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van transfercontainers	24.731	24.726	(minuten)
Gemiddelde verblijftijd van containers in de exportrij op het Transferium	105,70	99,98	(minuten)
Totaal aantal containers in de exportrij op het Transferium	16.233	16.233	(-)
Aantal exportcontainers dat op de volgende shuttle moet wachten	1.989	1.346	(-)
Gemiddelde vaar- en aanlegtijd van de shuttles per cyclus	544	544	(minuten)
Gemiddelde servicetijd van de shuttles per cyclus	346	306	(minuten)

Tabel 21: Resultaten "planning + rondrit" concept, situatie 5 en 6

	Situatie 5	Situatie 6	
Capaciteit van de shuttles	99	99	(TEU)
Kraancapaciteit op het Transferium	20	25	(moves/uur)
Capaciteit bij de landzijdige overslagpunten	8	10	(moves/uur)
Vereist aantal shuttles	3	3	(-)
Vereist aantal ligplaatsen	2	2	(-)
Vereist aantal landzijdige overslagpunten	5	4	(-)
Het maximaal aantal containers in de stack volle containers	1.540	1.543	(-)
Het maximaal aantal containers in de stack lege containers	2.275	2.286	(-)
Het maximaal aantal containers op het hele Transferium	3.824	3.814	(-)
De gemiddelde bezettingsgraad van de shuttles	0,78	0,75	(-)
De gemiddelde bezettingsgraad van de kades	0,50	0,49	(-)
De gemiddelde cyclustijd van de shuttles	1.260	1200	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van exportcontainers	12.884	12.829	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van importcontainers	10.996	10.953	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van transfercontainers	24.724	24.733	(minuten)
Gemiddelde verblijftijd van containers in de exportrij op het Transferium	177,44	157,79	(minuten)
Totaal aantal containers in de exportrij op het Transferium	16.233	16.233	(-)
Aantal exportcontainers dat op de volgende shuttle moet wachten	1.028	190	(-)
Gemiddelde vaar- en aanlegtijd van de shuttles per cyclus	544	544	(minuten)
Gemiddelde servicetijd van de shuttles per cyclus	716	656	(minuten)

Wat bij deze resultaten opvalt, is dat een snellere afwikkeling van de trucks bij de landzijdige overslagpunten leidt tot een overslagpunt minder (4 in plaats van 5).

Een capaciteit van 200.000 TEU per jaar aan import- en exportcontainers en nog eens een goede 35.000 TEU per jaar aan transfercontainers zorgt voor ongeveer 290 vrachtwagens per dag, die het Transferium bezoeken. Door deze vele aankomsten heeft een snellere afwikkeling een grote invloed en leidt tot een overslagpunt minder.

Een grotere kraancapaciteit aan de waterzijde op het Transferium heeft een minder groot effect. Er zijn evenveel ligplaatsen vereist. Omdat er volgens een planning gevaren wordt zullen de shuttles altijd enige tijd extra hebben op het Transferium. Zouden ze dit niet hebben dan zouden ze niet meer volgens de planning kunnen varen. Omdat ook een geringe vertraging op de zeeterminal de planning niet direct overhoop mag gooien zit er een kleine buffer in de planning.

➤ Shuttle per terminal volgens een vaste planning

Aan de hand van de resultaten van het "rondrit"-concept, wordt er bij de simulatie van het "shuttle per terminal" concept alleen uitgegaan van een kraancapaciteit op het Transferium van 20 containers per uur en een capaciteit bij de landzijdige overslagpunten van 10 containers per uur.

Nu bekend is dat, indien er met meerdere shuttles gevaren zal worden, het "freestylen" van de shuttles ertoe leidt dat de shuttles naar elkaar toe kruipen en bij elkaar gaan varen, zal voor het concept, waarbij elke zeeterminal een eigen verbinding heeft met het Transferium, alleen gekeken worden naar het varen volgens een vaste planning.

Onderstaande tabel geeft de resultaten van verschillende situaties voor dit concept.

Tabel 22: Resultaten "planning + shuttle per terminal" concept

Situatie 1	ECT	APMT	Euromax	
Capaciteit shuttles	32	32	32	(TEU)
Vereist aantal shuttles	3	1	2	(-)
Gemiddelde bezettingsgraad shuttles	0,72	0,78	0,44	(-)
De gemiddelde cyclustijd van de shuttles	720	720	680	(minuten)
Gemiddelde servicetijd van de shuttles per cyclus	240	240	200	(minuten)
Gemiddelde vaar- en aanlegtijd van de shuttles per cyclus	480	480	480	(minuten)
Gemiddelde verblijftijd van containers in de exportrij op het Transferium	114,24	357,35	158,51	(minuten)
Totaal aantal containers in de exportrij op het Transferium	9.039	3.314	3.880	(-)
Aantal exportcontainers dat op de volgende shuttle moet wachten	695	161	13	(-)
Kraancapaciteit Transferium	20			(moves/uur)
Capaciteit bij de landzijdige overslagpunten	10			(moves/uur)
Vereist aantal ligplaatsen	2			(-)
Vereist aantal landzijdige overslagpunten	4			(-)
Maximaal aantal containers in de stack volle containers	1.549			(-)
Maximaal aantal containers in de stack lege containers	2.280			(-)
Maximaal aantal containers op het hele Transferium	3.794			(-)
De gemiddelde bezettingsgraad van de kades	0,50			(-)
De gemiddelde doorlooptijd van exportcontainers	12.705			(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van importcontainers	10.661			(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van transfercontainers	24.723			(minuten)

Situatie 2	ECT	APMT	Euromax	
Capaciteit shuttles	48	32	48	(TEU)
Vereist aantal shuttles	2	1	1	(-)
Gemiddelde bezettingsgraad shuttles	0,85	0,77	0,63	(-)
De gemiddelde cyclustijd van de shuttles	850	720	740	(minuten)
Gemiddelde servicetijd van de shuttles per cyclus	370	240	260	(minuten)
Gemiddelde vaar- en aanlegtijd van de shuttles per cyclus	480	480	480	(minuten)
Gemiddelde verblijftijd van containers in de exportrij op het Transferium	222,47	363,08	348,46	(minuten)
Totaal aantal containers in de exportrij op het Transferium	9.039	3.314	3.880	(-)
Aantal exportcontainers dat op de volgende shuttle moet wachten	1.019	180	12	(-)
Kraancapaciteit Transferium	20			(moves/uur)
Capaciteit bij de landzijdige overslagpunten	10			(moves/uur)
Vereist aantal ligplaatsen	2			(-)
Vereist aantal landzijdige overslagpunten	4			(-)
Maximaal aantal containers in de stack volle containers	1.543			(-)
Maximaal aantal containers in de stack lege containers	2.283			(-)
Maximaal aantal containers op het hele Transferium	3.815			(-)
De gemiddelde bezettingsgraad van de kades	0,43			(-)
De gemiddelde doorlooptijd van exportcontainers	12.835			(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van importcontainers	10.771			(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van transfercontainers	24.720			(minuten)

Situatie 3	ECT	APMT	Euromax	
Capaciteit shuttles	240	32	48	(TEU)
Vereist aantal shuttles	1	1	1	(-)
Gemiddelde bezettingsgraad shuttles	0,76	0,77	0,63	(-)
De gemiddelde cyclustijd van de shuttles	1840	720	740	(minuten)
Gemiddelde servicetijd van de shuttles per cyclus	1360	240	260	(minuten)
Gemiddelde vaar- en aanlegtijd van de shuttles per cyclus	480	480	480	(minuten)
Gemiddelde verblijftijd van containers in de exportrij op het Transferium	855,76	364,09	346,9	(minuten)
Totaal aantal containers in de exportrij op het Transferium	9.039	3.314	3.880	(-)
Aantal exportcontainers dat op de volgende shuttle moet wachten	103	170	9	(-)
Kraancapaciteit Transferium	20			(moves/uur)
Capaciteit bij de landzijdige overslagpunten	10			(moves/uur)
Vereist aantal ligplaatsen	2			(-)
Vereist aantal landzijdige overslagpunten	4			(-)
Maximaal aantal containers in de stack volle containers	1.569			(-)
Maximaal aantal containers in de stack lege containers	2.281			(-)
Maximaal aantal containers op het hele Transferium	3.951			(-)
De gemiddelde bezettingsgraad van de kades	0,37			(-)
De gemiddelde doorlooptijd van exportcontainers	13.352			(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van importcontainers	11.195			(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van transfercontainers	24.729			(minuten)

Een toelichting op de drie situaties:

1. In de eerste situatie varen er tussen het Transferium en elke zeeterminal (dus ECT, APMT en Euromax) shuttles op en neer met een capaciteit van 32 TEU. Voor ECT zijn in dit geval drie shuttles nodig, voor APMT slechts één shuttle en voor Euromax twee shuttles.
2. In de tweede situatie wordt in principe met grotere shuttles met een capaciteit van 48 TEU gevaren. Echter, omdat voor APMT één shuttle met een capaciteit van 32 TEU al voldoet heeft het geen zin met grotere shuttles te varen. Zodoende zal er tussen APMT en het Transferium met deze shuttle gevaren blijven worden. Uit de resultaten blijkt dat voor ECT 2 shuttles zijn vereist en dat voor Euromax één shuttle voldoet
3. In de derde situatie is ten slotte gekeken hoe groot de shuttlecapaciteit moet worden van de shuttle die op en neer vaart tussen het Transferium en ECT, zodoende dat ook hier één shuttle volstaat. Deze capaciteit blijkt 240 TEU te zijn. Voor APMT en Euromax is deze situatie onveranderd ten opzichte van de vorige situatie.

Controle orde van grootte van de cyclustijd

Bij situatie 3 valt de grote cyclustijd van de ECT-shuttle (240 TEU) op. Deze cyclustijd bedraagt 1840 minuten, wat overeenkomt met ruim 30 uur. Om dit te controleren wordt, met behulp van de bezettingsgraad van de shuttles, berekend hoeveel minuten het laden of lossen van de shuttle kost:

$$\frac{\text{bezettingsgraad} \times \frac{\text{capaciteit shuttle}}{\text{TEU factor}} \times 60}{\text{kraancapaciteit}} = \frac{0,76 \times \frac{240}{1,65} \times 60}{20} = 332 \text{ minuten}$$

De vaartijd van de shuttle bedraagt:

$$\frac{\text{afstand}}{\text{vaarsnelheid}} * 60 = \frac{55}{15} * 60 = 220 \text{ minuten}$$

Onderstaande tabel geeft de totale cyclustijd van de shuttle

Tabel 23: Berekening cyclustijd shuttle

	Tijd (minuten)
Aanlegtijd Transferium	20
Lossen Transferium	332
Laden Transferium	332
Varen naar ECT	220
Aanlegtijd bij ECT	20
Lossen ECT	332
Laden ECT	332
Varen naar Transferium	220
TOTAAL	1808

De orde van grootte van deze cyclustijd komt overeen met het resultaat van de simulatie. Het kleine verschil is te verklaren door de planning waarmee de shuttle vaart.

8.6 Analyse van de output

8.6.1 Directe Transferium kosten

In deze paragraaf zal voor elk van de gesimuleerde situaties een schatting van relevante Transferiumkosten worden gemaakt.

➤ Kade op het Transferium

Bij het Transferium zal de afhandeling aan de waterzijde plaatsvinden langs een rechte kademuur met een aantal ligplaatsen en kadekranen. Uit te resultaten volgt dat voor alle situaties er voor de afhandeling van de shuttles twee ligplaatsen vereist zijn. De bezettingsgraad van de kades ligt dan tussen de 0,4 en 0,7.

Er zit wel een verschil in de benodigde kadelengte voor deze twee ligplaatsen, vanwege het verschil in de lengte van de shuttles. De kadelengte per situatie wordt bepaald aan de hand van de lengte van de twee langste shuttles die aan de kade moeten kunnen liggen. Hierbij zijn de lengte van de shuttles aangehouden zoals deze in bijlage A te vinden zijn.

Tabel 24: Lengte van de verschillende typen shuttles

	Capaciteit (TEU)	Lengte (meter)
NeoKempenaar	32	65
Dortmund- Eemskanaalschip	48	80
Rijn- Hernekanaalschip	99	105
Groot Rijnschip	208	110

Naast de lengte van de twee langste shuttles zal ook met extra lengte rekening gehouden moeten worden in verband met de onderlinge afstand van twee schepen in verband met de landvasten. Als extra lengte wordt eenmalig 15 meter aangehouden [8]. Omdat binnenvaartschepen dicht op elkaar kunnen liggen is een kleinere extra lengte nodig dan voor zeeschepen.

De kosten van een kade worden berekend per strekkende meter. Per meter kost een kade voor binnenvaartschepen ongeveer 10.000 euro [16]. Deze kosten zijn gebaseerd op een kade die voldoende diepte heeft. De verschillen in diepgang van de verschillende typen shuttles zijn in deze schatting niet meegenomen.

Onderstaande tabel geeft de kosten van de totale kade voor de verschillende situaties.

Tabel 25: Benodigde kadelengeten en kosten

		Totale lengte van de twee grootste shuttles (meter)	Extra lengte (meter)	Benodigde kadelengete	Kosten
Rondrit shuttles	Situatie 1	2 * 65 = 130	15	145 meter	€ 1.450.000
	Situatie 3	2 * 80 = 160	15	175 meter	€ 1.750.000
	Situatie 5	2 * 105 = 210	15	225 meter	€ 2.250.000
Shuttle per terminal	Situatie 1	2 * 65 = 130	15	145 meter	€ 1.450.000
	Situatie 2	2 * 80 = 160	15	175 meter	€ 1.750.000
	Situatie 3	110 + 80 = 190	15	205 meter	€ 2.050.000

➤ Benodigde oppervlakte voor de containers

Voor de verschillende situaties die zijn gesimuleerd is het maximale aantal containers in de stacks min of meer hetzelfde (de verschillen zijn nooit groter dan 2%).

Tabel 26: Aantal containers in de stacks

		Maximum aantal lege containers	Maximum aantal volle containers
Rondrit shuttles	Situatie 1	2.286	1.553
	Situatie 3	2.286	1.548
	Situatie 5	2.275	1.540
Shuttle per terminal	Situatie 1	2.280	1.549
	Situatie 2	2.283	1.543
	Situatie 3	2.281	1.569

De waarden liggen zo dicht bij elkaar omdat voor elke situatie de capaciteit van het Transferium even groot is en de containers dezelfde verblijftijd in de stacks hebben. De verschillende frequenties waarmee de containers worden aangevoerd naar de stacks (bij bijvoorbeeld grote versus kleine shuttles) heeft praktisch geen invloed op het totaal aantal containers in de stacks, omdat deze verschillen zeer klein zijn in verhouding tot de verblijftijden van de containers.

Vanwege deze zeer kleine verschillen zal dit verschil worden verwaarloosd en zal worden uitgegaan van de grootste aantallen, namelijk 2.286 containers in de stack lege containers en 1.569 containers in de stack volle containers.

De oppervlakte die op het Transferium is vereist voor de opslag van containers hangt af van het type vervoer op het Transferium. Al eerder zijn de straddle carrier, de reach stacker en de empty handler omschreven, met bij ieder de benodigde oppervlakte per TEU in de stacks.

Allereerst de stack met volle containers:

In deze stack containers zullen de containers af en toe verplaatst moeten worden. Dit verplaatsen van containers in een stack heeft te maken met de onzekerheid van de volgorde waarop containers vertrekken. Zodoende zal een bepaalde factor in rekening worden gebracht, die gelijk is aan de gemiddelde hoogte van de stack gedeeld door de nominale hoogte van de stack. Voor

de stack volle containers zal voor deze factor een waarde van 0.7 worden aangenomen [8]. Dit geeft de volgende oppervlakten:

Tabel 27: De benodigde oppervlakte voor de stack volle containers

	Stack volle containers Oppervlakte in m ²
Straddle carrier	36.984
Reach stacker	92.459

Tegenover dit verschil in oppervlakte staat het verschil in kosten van de straddle carriers en de reach stackers. Dit is verder uitgewerkt in bijlage G3.

Voor het aantal benodigde reach stackers/ straddle carriers op het gehele Transferium zijn de volgende aannames gedaan:

- Het aantal benodigde reach stackers/ straddle carriers per kadekraan = 3 [16]
- Het aantal benodigde reach stackers/ straddle carriers per landzijdig overslagpunt = 1 [16]
- Er zal 1 reserve reach stacker/ straddle carrier op het Transferium aanwezig zijn.

Het Transferium heeft in alle situaties 2 ligplaatsen nodig en 4 landzijdige overslagpunten. Met bovenstaande aannames zijn er totaal 11 reach stackers of straddle carriers op het Transferium vereist.

De tabellen in bijlage G2 geven het verschil in investeringen tussen de reach stackers en de straddle carriers. Hieruit blijkt dat, voor een stack met ongeveer 1600 containers, de kostenbesparingen, die de compactere stacks bij de straddle carriers met zich mee brengen (namelijk ongeveer 11 miljoen euro), aanzienlijk groter zijn dan de investeringskosten die bespaard worden, indien gebruik wordt gemaakt van reach stackers (namelijk ongeveer 4,5 miljoen euro). Wel dient opgemerkt te worden dat dit slechts een indicatie geeft, omdat bijvoorbeeld onderhoudskosten en personeelskosten niet zijn meegenomen. Echter, het verschil is dusdanig groot dat besloten wordt op het Transferium met straddle carriers te werken.

In de stack lege containers zal gewerkt worden met empty handlers. Omdat lege containers in mindere mate te maken hebben met de onzekerheid van de volgorde waarop de containers vertrekken zal de stack efficiënter kunnen worden ingericht. De factor “gemiddelde-hoogte-van-de-stack-gedeeld-door-de-nominale-hoogte-van-de-stack” zal hierdoor groter zijn, en wordt 0.9 [8]. Voor lege containers geldt een oppervlakte van 6,7 m² per TEU (zie paragraaf 4.2). De benodigde oppervlakte voor de stack, bestaande uit maximaal 2.286 containers, wordt nu 28.080 m². Onderstaande tabel geeft de resultaten nogmaals weer.

Tabel 28: Benodigde oppervlakte van de stacks

	Aantal containers (-)	Aantal TEU (-)	Benodigde oppervlakte (m ²)
Stack volle containers	1.569	2.589	36.984
Stack lege containers	2.286	3.772	28.080

➤ Schatting totale kosten Transferium

In bijlage G4 wordt een schatting per situatie gemaakt voor de constructiekosten van het Transferium.

Voor een oppervlakte van 12 ha en een prijs per m² van € 200,- [16] moet voor de vastgoedkosten 24 miljoen euro extra in rekening gebracht.

Tabel 29: Kosten Transferium

		Benodigde kadelengte	Constructie kosten	Vastgoed kosten	Totale kosten
Rondrit shuttles	Situatie 1	145 meter	€ 47.100.000	€ 24.000.000	€ 71.100.000
	Situatie 3	175 meter	€ 47.500.000	€ 24.000.000	€ 71.500.000
	Situatie 5	225 meter	€ 48.150.000	€ 24.000.000	€ 72.150.000
Shuttle per terminal	Situatie 1	145 meter	€ 47.100.000	€ 24.000.000	€ 71.100.000
	Situatie 2	175 meter	€ 47.500.000	€ 24.000.000	€ 71.500.000
	Situatie 3	205 meter	€ 47.900.000	€ 24.000.000	€ 71.900.000

➤ Toegevoegde kosten per container

Als aanname wordt gesteld dat de kosten van het Transferium er na 20 jaar uit moeten zijn. Voor een capaciteit van het Transferium van 200.000 TEU export- en importcontainers per jaar en 35.240 TEU transfercontainers per jaar (Tabel 54, bijlage D), levert dit de volgende gemiddelde overslagkosten per container:

Tabel 30: Gemiddelde overslagkosten per container

		Gemiddelde kosten per container
Rondrit shuttles	Situatie 1	€ 24,93
	Situatie 3	€ 25,08
	Situatie 5	€ 25,30
Shuttle per terminal	Situatie 1	€ 24,93
	Situatie 2	€ 25,08
	Situatie 3	€ 25,22

8.6.2 De gegeneraliseerde transportkosten

Uiteraard zijn de transportkosten van de containers een belangrijke factor bij de keuze van de verladers voor de keuze van transport. Deze transportkosten bestaan niet alleen uit directe transportkosten (de tarieven van de vervoerders), maar ook uit indirecte transportkosten die samenhangen met de doorlooptijden en de leverbetrouwbaarheid. De doorlooptijd en de betrouwbaarheid zijn voor verladers eveneens belangrijk bij hun keuze van transport. Deze totale transportkosten worden de gegeneraliseerde transportkosten genoemd [17].

➤ De directe transportkosten

Met de resultaten uit vorige paragraaf kan voor elke situatie worden gekeken wat de directe kosten per container zijn voor het vervoer met de shuttles tussen de zeeterminals en het Transferium. Deze berekeningen gaan op dezelfde wijze als eerder in hoofdstuk 6 en bijlage B. Dankzij de resultaten van de simulatie kunnen deze berekeningen verder worden verfijnd.

De kosten worden als volgt berekend:

- Per cyclus worden de vaarkosten berekend, bestaande uit de arbeidskosten, materieelkosten en de variabele kosten.
- Per cyclus worden de totale wachtkosten berekend. Deze vaar- en wachtkosten samen zijn de totale kosten voor één cyclus van een shuttle.
- Het gemiddelde aantal containers dat per enkele reis door een shuttle wordt vervoerd is gelijk aan de capaciteit van deze shuttle maal de gemiddelde bezettingsgraad. Per cyclus, dus zowel heen als terug varen naar Transferium, is dit aantal containers twee maal zo groot.
- De kosten per container zijn nu gelijk aan de totale kosten per cyclus gedeeld door het aantal containers per cyclus. In geval er een shuttle per terminal vaart worden de totale gemiddelde kosten per container berekend.

De berekeningen zijn terug te vinden in bijlage G1. Dit zijn de resultaten:

Tabel 31: De transportkosten per container

		Capaciteit shuttles (TEU)			Gemiddelde kosten per container
Rondrit shuttles	Situatie 1	32			€ 24,17
	Situatie 3	48			€ 21,94
	Situatie 5	99			€ 21,78
		ECT	APMT	Euromax	
Shuttle per terminal	Situatie 1	32	32	32	€ 30,28
	Situatie 2	48	32	48	€ 23,48
	Situatie 3	240	32	48	€ 23,03

De transportkosten zijn gemiddeld iets hoger indien er een shuttle per terminal vaart. Omdat een minimaal vereiste is dat de shuttles de stroom containers volledig kunnen afhandelen zullen de shuttles altijd een zekere overcapaciteit hebben (niet elke shuttle kan altijd 100% geladen zijn). Deze overcapaciteit zorgt ervoor dat de shuttles niet altijd volledig geladen zijn, wat de kosten per container dus wat doet stijgen (want dit geeft minder containers per cyclus). In geval elke zeeterminal een eigen transportsysteem heeft met het Transferium zal voor elke verbinding tussen zeeterminal en Transferium deze overcapaciteit beschikbaar moeten zijn. Dit leidt voor het totale gemiddelde tot iets hogere kosten per TEU voor het "shuttle per terminal"-concept.

➤ Doorlooptijd

De transporttijd van containers is een belangrijke factor in de keuze van vervoer. Zeker omdat het Transferium een alternatief moet bieden voor containers die over de A15 van en naar de zeeterminals reizen.

In hoofdstuk 6 was al gebleken dat de doorlooptijd van de containers door het systeem zeer afhankelijk is van de gekozen shuttlegrootte. Ook bij de simulatie van het systeem is dit te zien voor de import- en exportcontainers. Voor de transfercontainers is er geen verschil, aangezien deze containers vanuit het achterland komen en weer terug het achterland in gaan.

Bij de beoordeling van de verschillende situaties zal gekeken worden naar de prestatie van de exportcontainers vanaf het moment dat ze in de exportrij op het Transferium zijn geplaatst en klaar staan om door een shuttle richting de zeeterminals gebracht te worden. Deze prestatie geeft zicht op de minimale doorlooptijd van exportcontainers en is een interessant gegeven voor exportcontainers die met spoed op de zeeterminal moeten zijn.

Onderstaande tabel geeft de verblijftijden van de containers in de exportrij op het Transferium en de gemiddelde tijd die de exportcontainers erover doen van het moment dat de shuttle wegvaart bij het Transferium tot het moment dat de container op de zeeterminal is gelost. Deze gemiddelde tijden zijn berekend met behulp van het percentage dat elke zeeterminal bijdraagt aan de capaciteit van het Transferium (Tabel 1).

Tabel 32: Doorlooptijden van exportcontainers

		Capaciteit shuttles (TEU)			Verblijftijd exportcontainers op Transferium (minuten)	Gemiddelde tijd van wegvaren tot lossen (minuten)	Totaal (minuten)
Rondrit shuttles	Situatie 1	32			84,4	304,2	388,6
	Situatie 3	48			105,7	321,8	427,5
	Situatie 5	99			177,4	373,8	551,2
		ECT	APMT	Euromax			
Shuttle per terminal	Situatie 1	32	32	32	174,1	259,3	433,4
	Situatie 2	48	32	48	281,5	271,8	553,3
	Situatie 3	240	32	48	632,8	343,2	976,0

De doorlooptijd van de containers heeft invloed op de rentekosten van goederen tijdens transport. Deze rentekosten zijn afhankelijk van de waarde van de container. Onderstaande tabel geeft een overzicht in de rentekosten voor de verschillende situaties indien de rentekosten 0,005% per dag¹ bedragen en als gemiddelde waarde van een container € 50.000 wordt aangenomen [18] (dit komt overeen met € 250 per dag).

¹ Gebaseerd op een jaarlijkse rentevoet van 6%

Tabel 33: Rentekosten voor 1 containerlading t.w.v. € 50.000

		Doorlooptijd exportcontainer (minuten)	Doorlooptijd exportcontainer (dagen)	Rentekosten per container
Rondrit shuttles	Situatie 1	388,6	0,270	€ 67,46
	Situatie 3	427,5	0,297	€ 74,21
	Situatie 5	551,2	0,383	€ 95,70
Shuttle per terminal	Situatie 1	433,4	0,301	€ 75,25
	Situatie 2	553,3	0,384	€ 96,06
	Situatie 3	976,0	0,678	€ 169,45

Naast deze kosten is de doorlooptijd van belang voor bedrijven die verktorting van doorlooptijden nastreven om voordelen te behalen dankzij het eerder in bezit hebben van de goederen.

➤ De betrouwbaarheid van het transport

De betrouwbaarheid is een maat voor de onzekerheid in reistijden. Om de beoordeling van de betrouwbaarheid van een systeem mee te wegen in de vergelijking van de totale kosten is er een gedefinieerde maat ontwikkeld, waarmee de omvang van de betrouwbaarheid is om te zetten naar een waardering in monetaire eenheden:

$$\text{VoR} = \text{VoT} * \text{RR} \quad [31]$$

Waarin:

VoR = Value of Reliability = de waarde van 1 minuut standaard deviatie van de reistijd

VoT = Value of Time = de reistijdwaardering, ofwel de waarde van 1 minuut gemiddelde reistijd

RR = Reliability Ratio = 1.2 [19]

Value of Time

Met behulp van de eerdere resultaten is de reistijdwaardering voor de verschillende situaties te bepalen. Door de directe transportkosten samen met de rentekosten te delen door de gemiddelde doorlooptijd wordt de waarde van 1 minuut gemiddelde reistijd verkregen. Onderstaande tabel geeft de resultaten.

Tabel 34: Value of Time

		Directe transportkosten per container	Rentekosten per container	Doorlooptijd exportcontainer (minuten)	Value of Time (euro per minuut)
Rondrit shuttles	Situatie 1	€ 24,17	€ 67,46	388,6	€ 0,24
	Situatie 3	€ 21,94	€ 74,21	427,5	€ 0,22
	Situatie 5	€ 21,78	€ 95,70	551,2	€ 0,21
Shuttle per terminal	Situatie 1	€ 30,28	€ 75,25	433,4	€ 0,24
	Situatie 2	€ 23,48	€ 96,06	553,3	€ 0,22
	Situatie 3	€ 23,03	€ 169,45	976,0	€ 0,20

Value of Reliability

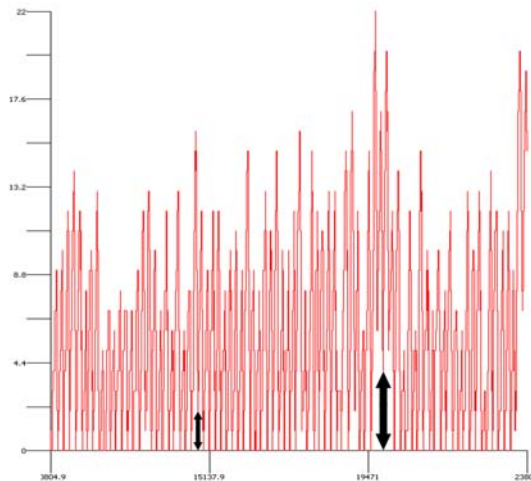
De waarde van 1 minuut standaard deviatie van de reistijd voor de verschillende situaties is gegeven in onderstaande tabel.

Tabel 35: Value of Reliability

		Value of Time (euro per minuut)	Reliability Ratio (-)	Value of Reliability (euro per minuut)
Rondrit shuttles	Situatie 1	€ 0,24	1,2	€ 0,28
	Situatie 3	€ 0,22	1,2	€ 0,27
	Situatie 5	€ 0,21	1,2	€ 0,26
Shuttle per terminal	Situatie 1	€ 0,24	1,2	€ 0,29
	Situatie 2	€ 0,22	1,2	€ 0,26
	Situatie 3	€ 0,20	1,2	€ 0,24

De betrouwbaarheid van het Transferium is moeilijk te omschrijven, omdat er geen gegevens beschikbaar zijn van de prestaties van de shuttles en de shuttles in de simulatie zonder vertragingen zullen varen. In werkelijkheid zullen er verschillende mogelijkheden zijn, die kunnen leiden tot vertragingen van de shuttles en daardoor een verminderde betrouwbaarheid. Te denken valt hierbij bijvoorbeeld aan vertragingen bij de zeeterminal, omdat er geen kade beschikbaar is, vertragingen ten gevolge van het wachten op bepaalde lading, onverwachte vertragingen in de vaartijd van de shuttles, etc.

Toch is er voor elke situatie een maat voor de betrouwbaarheid: Omdat de shuttles volgens een vaste planning varen is de vertrektijd van elke shuttle bekend. Op deze manier is het voor de exportcontainers bekend wanneer zij richting de zeeterminals zullen vertrekken. Echter, het is mogelijk dat er teveel containers tegelijkertijd richting de zeeterminals vervoerd willen worden. De shuttle kan dan niet alle containers meenemen, en enkele containers zullen moeten wachten op de eerstvolgende shuttle. Onderstaand figuur geeft het aantal containers in de exportrij op het Transferium weer, uitgezet tegen de tijd. Hierin is te zien dat niet altijd alle containers met de eerstvolgende shuttle mee kunnen.

**Figuur 43: Maat voor de betrouwbaarheid**

Door nu te kijken naar het aantal containers dat niet meekan met de eerstvolgende shuttle, maar moet wachten, is de gemiddelde ongeplande wachttijd per container te bepalen. Dit is gebeurd in bijlage G5. Onderstaande tabel geeft de resultaten van deze gemiddelde ongeplande wachttijd per container. Deze ongeplande wachttijd kan als maat dienen voor de gemiddelde afwijking van de geplande wachttijd, om zodoende verschillende situaties met elkaar te kunnen vergelijken. Samen met de 'Value of Reliability' is de onbetrouwbaarheid per situatie uit te drukken in een waarde in euro.

Tabel 36: Kosten ten gevolge van de onbetrouwbaarheid

		Value of Reliability (euro per minuut)	Gemiddelde wachttijd per container (minuten)	Kosten t.g.v. van de onbetrouwbaarheid
Rondrit shuttles	Situatie 1	€ 0,28	31,6	€ 8,94
	Situatie 3	€ 0,27	27,3	€ 7,36
	Situatie 5	€ 0,26	26,6	€ 6,80
Shuttle per terminal	Situatie 1	€ 0,29	17,6	€ 5,14
	Situatie 2	€ 0,26	35,0	€ 9,09
	Situatie 3	€ 0,24	19,5	€ 4,62

8.6.3 Kostenvergelijking

Met behulp van directe Transferiumkosten en de gegeneraliseerde transportkosten zijn de verschillende situaties met elkaar te vergelijken. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de eerder berekende kosten voor elke situatie.

Tabel 37: Gegeneraliseerde kosten per container

		Directe Transferium kosten	Directe transport-kosten	Rente-kosten	Kosten van de betrouwbaarheid	Totale kosten per container
Rondrit shuttles	Situatie 1	€ 24,93	€ 24,17	€ 67,46	€ 8,94	€ 125,51
	Situatie 3	€ 25,08	€ 21,94	€ 74,21	€ 7,36	€ 128,59
	Situatie 5	€ 25,30	€ 21,78	€ 95,70	€ 6,80	€ 149,58
Shuttle per terminal	Situatie 1	€ 24,93	€ 30,28	€ 75,25	€ 5,14	€ 135,60
	Situatie 2	€ 25,08	€ 23,48	€ 96,06	€ 9,09	€ 153,70
	Situatie 3	€ 25,22	€ 23,03	€ 169,45	€ 4,62	€ 222,31

Directe Transferium kosten

De situaties met kleinere shuttles scoort in dit opzicht iets beter, omdat er een minder lange kade voor de shuttles nodig zal zijn. De verdere kosten van het Transferium zullen echter gelijk blijven, omdat de capaciteit van de verschillende situaties hetzelfde zal zijn, waardoor de totaal benodigde oppervlakte en de benodigde faciliteiten even groot zullen zijn. Vanwege slechts het verschil in kadelengte liggen de directe Transferium kosten van de verschillende situaties dicht bij elkaar.

Directe transportkosten

De directe transportkosten zijn de arbeidskosten, de materieelkosten, de variabele kosten en de kosten tijdens het wachten van de shuttles. Voor deze transportkosten geldt dat de situaties waarbij de shuttles een rondrit varen gemiddeld genomen goedkoper zijn dan de situaties waarbij er een shuttle per terminal vaart. De oorzaak hiervoor ligt in het feit dat de deze shuttles minder overcapaciteit nodig hebben en dus de kosten per container lager houden, omdat de totale kosten voor het varen van een cyclus door minder containers gedragen moeten worden.

De rentekosten

De rentekosten zijn direct afhankelijk van de doorlooptijden van de containers. Kleinere shuttles zorgen voor een kortere doorlooptijd voor de containers, omdat ze een kleinere servicetijd hebben. De vaartijden zijn onafhankelijk van de grootte van de shuttles.

Verder presteert het "rondrit"-concept beter dan het "shuttle per terminal"-concept. Dit komt omdat er voor het rondritconcept vaker een shuttle bij zowel het Transferium als bij de zeeterminals langs komt om containers op te halen en te lossen, waardoor de doorlooptijden van de containers kleiner zijn.

Betrouwbaarheid

De betrouwbaarheid van het vervoer via het Transferium is een lastige parameter, omdat in de simulatie geen vertragingfactoren worden meegenomen. Bij de beoordeling van de betrouwbaarheid is gekeken naar de wijze waarop de shuttles de containers afhandelen die klaar staan op vervoerd te worden. De maat voor de betrouwbaarheid, die op deze manier is verkregen,

is afhankelijk van de bezettingsgraad van de shuttles. Dit is te zien in de grafieken in bijlage G5. Shuttles met een kleinere bezettingsgraad zullen de fluctuaties in de aanvoer van containers beter kunnen opvangen.

Wat betreft de shuttlecapaciteit is er niet direct een relatie met de betrouwbaarheid. Echter, grotere shuttles hebben sneller meer overcapaciteit, omdat, indien er met kleinere shuttles gevaren wordt, het aantal shuttles beter afgestemd kan worden op de stroom containers.

8.6.4 Invloed van de rentekosten

In de resultaten in vorige paragraaf is de grote invloed van de rentekosten op de totale kosten per container te zien. Een belangrijke aanname in de berekening van de rentekosten was dat de gemiddelde waarde van een container € 50.000 bedraagt. Uiteraard kan deze waarde per container ontzettend verschillen. Ook de jaarlijkse rentevoet van 6% is een aanname. Sommige containers zijn fysiek (bijvoorbeeld voedingsmiddelen) of commercieel (bijvoorbeeld kranten of andere tijdsafhankelijke artikelen) bederfelijk [18]. De doorlooptijd is voor containers met dergelijke goederen van groter belang dan voor goederen met een minder tijdsafhankelijke lading. Om de invloed van deze rentekosten te bekijken zijn in bijlage G6 de gegeneraliseerde transportkosten nogmaals uitgerekend, echter voor een situatie met een gemiddelde waarde per container van € 25.000 en een situatie waarbij de rentekosten helemaal niet worden meegerekend. Onderstaande tabellen geven de resultaten:

Tabel 38: Gegeneraliseerde kosten per container (met elk een gemiddelde waarde van €25.000)

		Directe Transferium kosten	Directe transport- kosten	Rente- kosten	Kosten van de betrouwbaarheid	Totale kosten per container
Rondrit shuttles	Situatie 1	€ 24,93	€ 24,17	€ 33,73	€ 5,65	€ 88,49
	Situatie 3	€ 25,08	€ 21,94	€ 37,11	€ 4,52	€ 88,64
	Situatie 5	€ 25,30	€ 21,78	€ 47,85	€ 4,03	€ 98,96
Shuttle per terminal	Situatie 1	€ 24,93	€ 30,28	€ 37,62	€ 3,31	€ 96,14
	Situatie 2	€ 25,08	€ 23,48	€ 48,03	€ 5,44	€ 102,02
	Situatie 3	€ 25,22	€ 23,03	€ 84,72	€ 2,59	€ 135,56

Tabel 39: Gegeneraliseerde kosten per container zonder rentekosten

		Directe Transferium kosten	Directe transport- kosten	Kosten van de betrouwbaarheid	Totale kosten per container
Rondrit shuttles	Situatie 1	€ 24,93	€ 24,17	€ 2,36	€ 51,46
	Situatie 3	€ 25,08	€ 21,94	€ 1,68	€ 48,69
	Situatie 5	€ 25,30	€ 21,78	€ 1,26	€ 48,34
Shuttle per terminal	Situatie 1	€ 24,93	€ 30,28	€ 1,47	€ 56,69
	Situatie 2	€ 25,08	€ 23,48	€ 1,78	€ 50,34
	Situatie 3	€ 25,22	€ 23,03	€ 0,55	€ 48,80

Te zien is dat, indien de rentekosten afnemen of zelfs helemaal wegvallen, de totale kosten per container voor de verschillende situaties dichter bij elkaar komen te liggen. Indien er helemaal geen rentekosten in rekening worden gebracht, presteren de grotere shuttles iets beter dan kleinere shuttles. Dit komt door een betere prestatie op het gebied van de directe transportkosten en de kosten die in rekening worden gebracht voor de betrouwbaarheid. Echter, zodra de rentekosten wel een rol gaan meespelen, zullen de totale kosten van de grotere shuttles snel hoger uitvallen dan de totale kosten van de kleinere shuttles.

Aangezien het Container Transferium een alternatief moet bieden voor containers die per vrachtwagen de haven in reizen is, zullen de doorlooptijden van de containers wel degelijk een rol spelen en lijkt het meenemen van de rentekosten geoorloofd. Extra onderzoek over de grootte van de rentekosten van de containers is echter gewenst.

8.6.5 Vergelijking met het wegvervoer

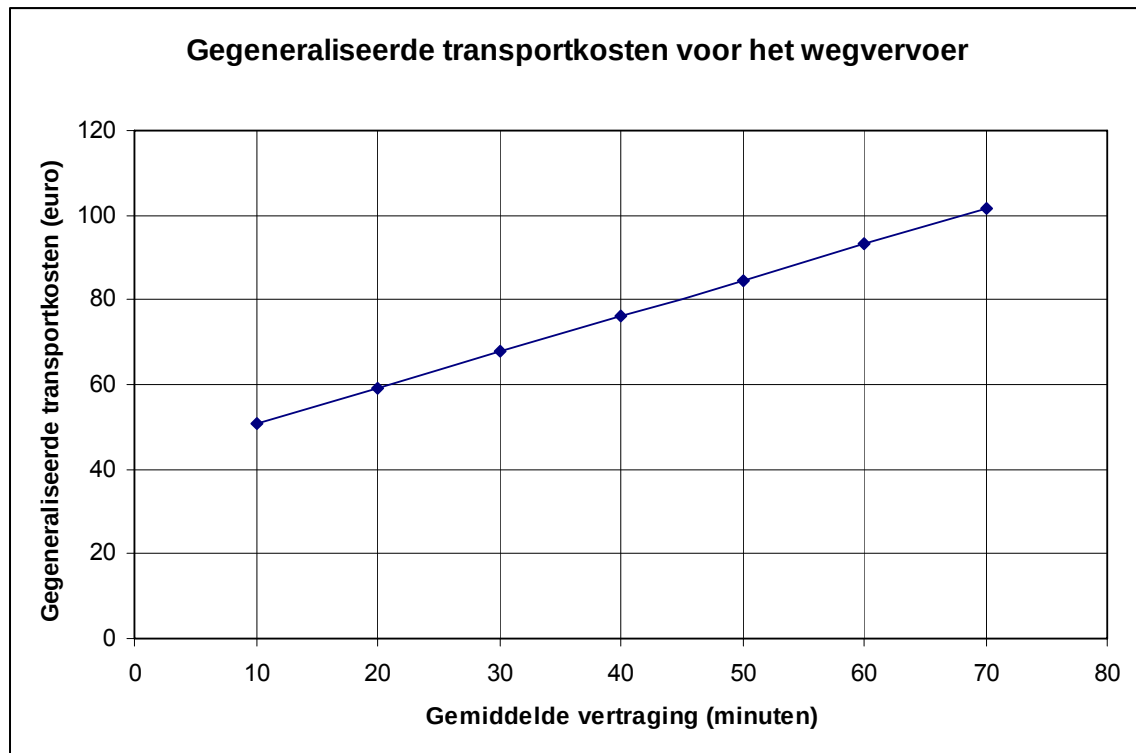
Om een idee te krijgen van de grootte van bovenstaande resultaten, zullen de gegeneraliseerde transportkosten in deze paragraaf vergeleken worden met het wegvervoer.

Voor het wegvervoer gelden de volgende gemiddelde waarden (uit 2006):

Value of Time (VoT) = 42,35 euro/uur [35]

Value of Reliability (VoR) = $1,2 \cdot 42,35 = 50,82$ euro/uur [35]

Onderstaande grafiek geeft de gegeneraliseerde transportkosten voor het wegvervoer van het Transferium naar de zeeterminals voor verschillende gemiddelde vertragingen, indien de gemiddelde reistijd van de vrachtwagens 1 uur bedraagt.



Figuur 44: Gegeneraliseerde transportkosten voor het wegvervoer

De toenemende vertragingen van het wegvervoer zullen echter leiden tot steeds verder toenemende gegeneraliseerde transportkosten. In dit geval wordt het transport via een betrouwbaar Container Transferium steeds interessanter.

De bovenstaande gegeneraliseerde transportkosten zijn bepaald aan de hand van ervaringscijfers van het wegvervoer. Het transport via een Container Transferium is een nieuw logistiek systeem. De exacte VoT en VoR zijn voor dit transport nog onbekend.

Als voorbeeld wordt gekeken naar een container ter waarde van € 25.000 en transport volgens situatie 1 of 2 van het “rondrit”-concept. Er is voor deze container een schatting gemaakt van de gegeneraliseerde transportkosten van ongeveer 89 euro. Indien de vertragingen op de weg zullen toenemen tot ongeveer één uur (gegeneraliseerde transportkosten zijn dan ongeveer 93 euro), zal de extra overslag via een Transferium voor deze container de moeite waard zijn.

8.7 Conclusies

Uit bovenstaande resultaten en de analyse kunnen conclusies worden getrokken met betrekking tot de invloed van verschillende logistieke opties voor vervoer tussen de zeeterminals en het Transferium.

8.7.1 Vergelijking tussen “freestyle” varen en het varen volgens vaste planning

Uit de resultaten blijkt dat het “freestylen” van de shuttles leidt tot een ophoping van de shuttles, indien er met meerdere shuttles gevaren wordt. Als alle shuttles bij elkaar gaan varen heeft dit een grote belasting voor de zeeterminals en het Transferium tot gevolg, omdat de shuttles tegelijkertijd zullen aankomen. Verder heeft dit een zeer nadelig effect op de doorlooptijd van de containers. De voordelen van het varen met meerdere shuttles zijn weggefallen. Vanwege deze effecten is het volledig “freestyle” varen van de shuttles geen goede optie en zullen de shuttles aan een bepaalde planning onderhevig moeten zijn.

Naast deze ongunstige ophoping is een ander nadeel van het varen zonder vaste planning dat het transport onbetrouwbaarder zal zijn dan wanneer de shuttles wel volgens een vaste planning varen. Als de vertrektijden van de shuttles vast staan, zijn voor zowel de zeeterminals als voor het Transferium de aankomsten van de shuttles een stuk beter in te plannen.

8.7.2 Vergelijking tussen de rondrit en de shuttle per terminal

Naast het wel of niet varen volgens een vaste planning is gekeken naar de verschillen tussen het varen van een rondrit of het varen van een shuttle per terminal.

Bij het varen van een rondrit, vaart elke shuttle vanaf het Transferium naar de zeeterminals en lost / laadt bij elke terminal containers. Vervolgens vertrekt de shuttle weer terug richting het Transferium. Bij het “shuttle per terminal”-concept vaart elke shuttle op en neer tussen het Transferium en slechts één zeeterminal.

Het volgende kan worden geconcludeerd aan de hand van de resultaten:

- Indien de shuttle een rondrit varen hebben de shuttles een grotere cyclustijd dan wanneer de shuttles slechts één zeeterminal bezoeken. Echter, ondanks een grotere cyclustijd is de gemiddelde doorlooptijd van de containers kleiner. Dit komt door het volgende: Indien de shuttles een rondrit varen, varen alle shuttles hetzelfde rondje. Bij het “shuttle per terminal”-concept is dit niet het geval en vaart elke shuttle naar een specifieke terminal. Het gevolg is dat de onderlinge afstand van de shuttles bij het “rondrit”-concept kleiner is dan bij het “shuttle per terminal”-concept. Als een container richting een zeeterminal of richting het Transferium vervoerd wil worden, zal er bij het “rondrit”-concept dus sneller een shuttle langskomen om de container op te halen.

- De directe transportkosten zijn over het algemeen kleiner, indien de shuttles een rondrit varen. De reden hiervoor is dat de bezettingsgraad van de shuttles gemiddeld hoger is dan bij het “shuttle per terminal”-concept, waardoor de transportkosten over meer containers verdeeld zullen worden. De oorzaak voor dit verschil in bezettingsgraad is te vinden in het groter aantal containers dat de shuttles gezamenlijk moeten afhandelen bij het “rondrit”-concept. De totale capaciteit van 200.000 TEU per jaar wordt door alle shuttles afgehandeld. Bij het “shuttle per terminal”-concept zullen de shuttles slechts bijdragen aan het aantal containers voor de betreffende terminal. Vanwege deze grotere schaal van het systeem bij het “rondrit”-concept, is het aantal shuttles beter af te stemmen op deze capaciteit. Een extra shuttle heeft een kleiner effect op de gemiddelde bezettingsgraad dan een extra shuttle bij het “shuttle per terminal”-concept.
- Indien er een shuttle per terminal vaart zijn de zeeterminals niet van elkaar afhankelijk, in tegenstelling tot het “rondrit”-concept. Als daar namelijk een shuttle vertraging oploopt bij een zeeterminal, heeft dit direct effect op de planning van de andere zeeterminals. Deze vorm van betrouwbaarheid is niet meegenomen in de beoordeling van de resultaten, aangezien de zeeterminals buiten beschouwing zijn gebleven.

Hieruit volgt dat de situaties, die uitgaan van het “rondrit”-concept, over het algemeen beter presteren dan de situaties bij het “shuttle per terminal”-concept, indien de zeeterminals buiten beschouwing blijven.

8.7.3 Vergelijking tussen de verschillende shuttlegroottes

Er zijn een aantal verschillen aan te merken tussen het varen met shuttles met een capaciteit van 32 TEU (Neokempenaars), 48 TEU (Dortmund-Eemskanaalschepen) of 99 TEU (Rijn-Hernekanaalschepen):

Ten eerste de directe Transferium kosten. Dit zijn de aanlegkosten van het Transferium, omgerekend naar een bedrag per container. Hoe kleiner de shuttles, des te minder kadellengte is vereist op het Transferium, aangezien het aantal vereiste ligplaatsen onafhankelijk is van de grootte van de shuttles. Uit de resultaten is gebleken dat er twee ligplaatsen nodig zullen zijn om de shuttles goed af te kunnen handelen.

Echter, de kosten voor de verschillende kadellengten zijn relatief klein in vergelijking met de kosten die het gehele Transferium met zich meebrengt. Zo zijn deze kosten voor de kleine shuttles van 32 TEU € 24,93 per container en voor de grotere shuttles van 99 TEU € 25,30 per container.

Ten tweede is er een verschil in de directe transportkosten. Dit zijn de kosten tijdens het varen en het wachten van de shuttles, bestaande uit bijvoorbeeld de arbeidskosten en de materieelkosten. Ook deze kosten zijn omgerekend naar de transportkosten per container. Deze kosten zijn groter voor kleinere shuttles. De verschillen zijn echter gering: De shuttles hebben altijd een zekere

overcapaciteit nodig om de afwikkeling van de containers te garanderen. De overcapaciteit doet de kosten per container stijgen. Een systeem met grotere shuttles is minder flexibel en heeft sneller een grotere overcapaciteit dan een systeem met kleinere shuttles. Dit effect maakt dat het kostenvoordeel van grotere shuttles (de Rijn-Hernekanaalschepen, 99 TEU) ten opzichte van de kleinere shuttles (de Neokempenaars, 32 TEU) gering is.

Ten derde is er het verschil in de doorlooptijd van de containers. Hoe kleiner de shuttles, des te korter is de doorlooptijd. Dit verschil heeft 2 redenen:

- Kleinere shuttles hebben een kortere servicetijd dan grotere shuttles.
- Indien er met kleinere shuttles gevaren wordt, zullen er meer shuttles ingezet moeten worden dan indien met grotere shuttles gevaren wordt. Meer shuttles zorgt voor een beter verspreid aankomstenpatroon bij de zeeterminals en het Transferium. Dit is gunstig voor de doorlooptijd van de containers.

Hoe groot het voordeel van een kortere doorlooptijd is, hangt af van de lading per container. Indien de lading van de container geen extra voordeel heeft bij een snellere doorlooptijd liggen de totale kosten van de verschillende shuttlegroottes dicht bij elkaar en presteren de grotere shuttles iets beter. Zodra de doorlooptijd wel een rol gaat spelen in de totale kosten, in de vorm van rentekosten, gaan al snel de kleinere shuttles beter presteren.

Ten slotte is er nog de betrouwbaarheid van het transport. Ook dit is een belangrijke factor voor een verlader in de keuze van transport. In de simulatie is gebleken dat de betrouwbaarheid afhankelijk is van de bezettingsgraad van de shuttles: Hoe kleiner de bezettingsgraad, dus hoe groter de overcapaciteit van de shuttles, des te groter is de betrouwbaarheid. Dankzij een grotere overcapaciteit zijn de shuttles beter in staat onverwachte gebeurtenissen op te vangen. Grotere shuttles hebben sneller een grotere overcapaciteit dan kleinere shuttles. Echter, varen met kleinere shuttles is flexibeler, omdat, indien de prestatie van het systeem niet betrouwbaar genoeg is, het inzetten van een extra shuttle beperkte extra kosten met zich meebrengt. Bij grotere shuttles heeft het inzetten van een extra shuttle grotere gevolgen.

Wat niet is meegenomen in het bepalen van de betrouwbaarheid is de kans op vertraging van de shuttles. De shuttles hebben in de simulatie een constante vaarsnelheid, ze worden met een constante snelheid geladen en gelost en ze hebben nooit te maken met wachttijden bij de zeeterminals.

Bovenstaande verschillen bij elkaar opgeteld presteren kleinere shuttles beter dan grotere shuttles. De verschillen tussen het varen met Neokempenaars of Dortmund-Eemskanaalschepen zijn echter gering. Onderstaande tabel geeft deze verschillen nogmaals overzichtelijk weer, in het geval de shuttles een rondrit varen.

Tabel 40: Neokempenaar versus Dortmund-Eemskanaalschip

	Neokempenaar (32 TEU)	Dortmund- Eemskanaalschip (48 TEU)
Aantal benodigde shuttles	5	4
Minimale doorlooptijd exportcontainers (minuten)	388,6	427,5
Totale kosten per container indien:		
Gemiddelde containerwaarde € 50.000	€ 125,51	€ 128,59
Gemiddelde containerwaarde € 25.000	€ 88,49	€ 88,64
Geen rentekosten	€ 51,46	€ 48,69

Welk van de twee typen shuttles het beste presteert hangt af van de grootte van de rentekosten. Om deze keuze te kunnen maken moet dus inzicht worden verkregen in het belang van de doorlooptijd van de containers die via het Transferium reizen, aangezien voor verschillende containers dit belang zo kan verschillen.

8.7.4 Overige conclusies

Bij voorgaande vergelijkingen zijn een aantal factoren in het onderzoek meegenomen, zoals de afhandeling bij de landzijdige overslagpunten, de invloed van de overslagsnelheid van de kranen en de indeling van de stacks.

Afhandeling bij de landzijdige overslagpunten

In de simulatie is gekeken naar twee verschillende overslagsnelheden bij de landzijdige overslagpunten, waar de vrachtwagens worden afgehandeld: 8 containers per uur per overslagpunt en 10 containers per uur per overslagpunt.

Vanwege het grote aantal aankomsten van vrachtwagens per dag (namelijk ongeveer 290 per dag) is er bij de snellere afwikkeling (10 containers per uur) een overslagpunt minder nodig, en voldoet het Transferium met 4 overslagpunten. Indien er 8 vrachtwagens per uur worden afgehandeld bij één overslagpunt zijn er 5 overslagpunten vereist op het Transferium.

Invloed van de overslagsnelheid van de kranen

Voor de afhandeling van de shuttles aan de waterzijde heeft een snellere overslag een gering effect. De oorzaak hiervoor is het varen volgens de planning: Indien de shuttles volgens een vaste planning zullen varen, zal er altijd enige bufferruimte in de planning vereist zijn, omdat de shuttles anders de geplande vertrektijden niet kunnen waarmaken.

In de simulatie is gekeken naar een overslagsnelheid van de kadekranen van 20 en van 25 containers per uur. In beide gevallen zijn er twee ligplaatsen vereist, met ieder één mobiele kadekraan, die in staat is de containers te laden en te lossen.

Indeling van de stacks

Gezien het verwachte aantal containers in de stacks, zullen de stacks effectief ingedeeld moeten worden om de ruimte te beperken. Gezien het aanzienlijke verschil in de oppervlakte van de

stacks, indien de containers met reach stackers of met straddle carriers vervoerd zullen worden, zijn de duurdere, maar effectievere straddle carriers de investering waard. Er is niet gekeken naar andere opties om de containers in de stack te vervoeren, zoals kranen op een rails ("rail mounted gantry cranes").

8.7.5 Samenvatting conclusies

Met behulp van bovenstaande conclusies is duidelijk geworden dat het varen van de shuttles van een rondrit de voorkeur heeft boven een aparte shuttleverbinding voor elke zeeterminal met het Transferium. De shuttles zullen dan volgens een vaste planning moeten varen.

Daarnaast is gekeken naar het effect van het varen met verschillende typen shuttles. Hieruit volgt dat het varen met meer kleine shuttles de voorkeur verdient boven het varen van minder grotere shuttles, vanuit het oogpunt van de containers.

In dit onderzoek zijn er twee typen shuttles die in aanmerking komen: de Neokempenaar, met een capaciteit van 32 TEU, en de Dortmund-Eemskanaalschepen, met een capaciteit van 48 TEU.

Dit geeft de volgende resultaten:

Tabel 41: Samenvatting resultaten

	Neokempenaar (32 TEU)	Dortmund- Eemskanaalschip (48 TEU)	
Aantal benodigde shuttles	5	4	(-)
Aantal benodigde ligplaatsen en kadekranen	2	2	(-)
Aantal benodigde landzijdige overslagpunten indien:			
8 containers per uur	5	5	(-)
10 containers per uur	4	4	(-)
Benodigde oppervlakte stack volle containers	37.000	37.000	(m ²)
Benodigde oppervlakte stack lege containers	28.000	28.000	(m ²)
Minimale doorlooptijd exportcontainers	390	430	(minuten)
Totale kosten per container indien:			
Gemiddelde containerwaarde € 50.000	€ 125,51	€ 128,59	
Gemiddelde containerwaarde € 25.000	€ 88,49	€ 88,64	
Geen rentekosten	€ 51,46	€ 48,69	

De totale kosten per container in Tabel 41 zijn de gegeneraliseerde transportkosten, oftewel de kosten bestaande uit de directe en indirecte transportkosten, zoals de doorlooptijd en de betrouwbaarheid.

Bovenstaande resultaten hebben betrekking op een situatie met de volgende gegevens:

- Het Transferium heeft een capaciteit van 200.000 TEU en daarnaast nog een opslag van ongeveer 35.000 lege transfercontainers per jaar.
- Het Transferium heeft een oppervlakte van 12 hectare.
- Per ligplaats staat een mobiele kadekraan.
- De benodigde kadelengte voor de shuttles bedraagt 145 of 175 meter.
- De totale Transferiumkosten zijn geschat op 71,1 / 71,5 miljoen euro, bestaande uit de constructiekosten en de grondkosten.

- Straddle carriers regelen het interne transport van volle containers op het Transferium en empty handlers het transport van lege containers.

9 Conclusies en aanbevelingen

In dit rapport is het transport van containers via een Container Transferium onderzocht. Dit hoofdstuk zal de belangrijkste bevindingen van dit afstudeeronderzoek behandelen en de uitgangspunten bij dit onderzoek zullen kort worden herhaald. Daarna volgen de conclusies en de aanbevelingen met betrekking tot verder onderzoek en verdieping.

9.1 *Recapitulatie onderzoeksdoel en uitgangspunten*

Het doel van dit onderzoek was het logistiek inzichtelijk maken van containertransport via één Container Transferium, zodanig dat dit effectief bijdraagt aan een verbeterde bereikbaarheid van de Rotterdamse haven.

In dit onderzoek is uitgegaan van één Container Transferium, dat volledig nieuw zal worden aangelegd, met een capaciteit van 200.000 TEU per jaar. Dit is het aantal importcontainers dat van de zeeterminals komt en via het Transferium verder zal reizen en het aantal exportcontainers dat via het Transferium richting de zeeterminals zal reizen. Bij het vaststellen van de grootte van deze capaciteit is uitgegaan van een systeem met meerdere Transferia, gelegen in het directe achterland van de Rotterdamse haven, met een gezamenlijke capaciteit van ongeveer 500.000 TEU per jaar. Naast deze capaciteit wordt het Transferium in dit onderzoek ook gebruikt als *empty depot*, met als doel lege containers uit de Rotterdamse haven te halen.

Het Transferium is te beschouwen als de toegangspoort voor exportcontainers van de zeeterminals en zodoende zullen er douanefaciliteiten aanwezig zijn. De douanehandelingen hoeven hierdoor niet meer op de zeeterminal te worden verricht.

Het Container Transferium zal een alternatief bieden voor wegtransport naar containerterminals op de huidige Maasvlakte 1 en in de toekomst Maasvlakte 2. Uitgaande van de situatie in 2012 zijn in dit onderzoek 3 zeeterminals opgenomen in het Transferium-concept: ECT, APMT en Euromax. Als uitgangspunt heeft elk van deze terminals een *dedicated* kade voor de afhandeling van binnenvaartschepen.

Om een antwoord te geven op de doelstelling is in dit onderzoek eerst een analyse gedaan, om een indruk te krijgen van de invloeden van de verschillende mogelijkheden. Aan de hand van de resultaten van deze analyse is er op de situatie van containertransport via het Transferium dieper ingegaan met behulp van een simulatie van het systeem.

9.2 Conclusies met betrekking tot de resultaten

In deze paragraaf zijn de bevindingen beschreven van het onderzoek, waarin is gekeken naar verschillende prestaties van containertransport via één Transferium.

➤ Het vaarschema van de shuttles

Voor het transport tussen het Transferium en de zeeterminals is gekeken naar het varen van de shuttles volgens een vaste planning en naar het varen van de shuttles zonder een vaste planning. Het varen zonder een vaste planning, wat inhoudt dat de shuttles gaan varen zodra ze geladen zijn, leidt tot een ophoping van de shuttles. Dit is ongewenst omdat het een nadelig effect heeft op de gemiddelde doorlooptijd van de containers en leidt tot een piekbelasting van de kades van het Transferium en van de zeeterminals. Het varen van de shuttles volgens een vaste planning, waarbij aan elke shuttle bepaalde vertrektijden worden opgelegd, zorgt voor een goede spreiding van de shuttles ten opzichte van elkaar. Dit is gunstig voor de doorlooptijden van de containers en leidt tot een gespreide belasting van de kades.

Naast dit voordeel van het varen volgens planning staan ook de aankomsttijden van de shuttles beter vast, wat tot een grotere betrouwbaarheid zal leiden. Zodoende dienen de shuttles volgens een vaste planning te varen.

➤ Logistieke opties voor de route van de shuttles

Er zijn twee opties wat betreft de route van de shuttles:

1. Het “rondrit”-concept: De shuttles varen bij dit concept een rondrit, hetgeen inhoudt dat de shuttles per cyclus langs alle drie de zeeterminals varen.
2. Het “shuttle per terminal”-concept: Elke shuttle vaart op en neer tussen één specifieke zeeterminal en het Transferium.

Uit de resultaten blijkt dat, ondanks een grotere cyclustijd van de shuttles, de gemiddelde doorlooptijd van de containers korter is indien de shuttles een rondrit varen. Ook de transportkosten, omgerekend naar de kosten per container, zijn lager voor het “rondrit”-concept.

Een voordeel van het “shuttle per terminal”-concept is dat de zeeterminals niet van elkaar afhankelijk zijn. Bij het “rondrit”-concept is dit wel het geval en kan een vertraging van de shuttle bij één zeeterminal ook tot een latere aankomsttijd bij de volgende zeeterminal leiden. Dit is echter niet meegenomen in de beoordeling, omdat ervan is uitgegaan dat elke zeeterminal over een *dedicated* kade beschikt, waar een betrouwbare afhandeling van de shuttles gerealiseerd kan worden.

➤ De grootte van de shuttles

Tussen het Transferium en de zeeterminals kan met verschillende typen shuttles gevaren worden. De capaciteit van deze shuttles, dit is het maximaal aantal containers per shuttle, heeft een grote invloed op het transport op het gebied van de doorlooptijd van de containers en de gemiddelde bezettingsgraad van de shuttles:

- De doorlooptijd van de containers: Ten eerste hebben kleinere shuttles een kortere laad- en lostijd van hun lading, hetgeen de doorlooptijd van de containers ten goede komt. Bovendien zullen er meer shuttles ingezet moeten worden indien er met kleinere shuttles wordt gevaren dan bij een situatie met grotere shuttles. Meer shuttles leidt tot een kortere tussenaankomsttijd van de shuttles bij de zeeterminals en het Transferium. Dit is gunstig voor de doorlooptijd van de containers.
- De gemiddelde bezettingsgraad van de shuttles: Omdat de shuttles gezamenlijk minimaal in staat moeten zijn de containerstroom goed af te kunnen handelen, zullen de shuttles altijd enige mate van overcapaciteit moeten hebben. Dit wil zeggen dat de shuttles niet altijd 100% geladen kunnen zijn. Bij een grote overcapaciteit zullen de shuttles gemiddeld een lagere bezettingsgraad hebben dan bij een kleinere overcapaciteit. Hoe lager de bezettingsgraad, des te hoger de transportkosten per container omdat de totale transportkosten over minder containers worden verdeeld.

Verder leidt een grotere overcapaciteit wel tot een grotere betrouwbaarheid, omdat dankzij de overcapaciteit onverwachte vertragingen beter kunnen worden opgevangen.

Bij transport met kleine shuttles, zoals Neokempenaars (32 TEU) en Dortmund-Eemskanaalschepen (48 TEU), is het aantal shuttles beter af te stemmen op de grootte van de containerstroom. Het inzetten van een extra shuttle heeft een minder groot effect dan het inzetten van extra, grotere shuttles. Grotere shuttles hebben hierdoor snel te maken met een grotere overcapaciteit.

Om tot een ideale bezettingsgraad van de shuttles te komen, met een goede verhouding tussen de transportkosten en de betrouwbaarheid, kan hierop geanticipeerd worden door het inzetten van een extra shuttle. Met kleinere shuttles is dit beter af te stemmen.

Dit concluderend presteren kleinere shuttles beter dan grotere shuttles, vanuit het oogpunt van het Transferium en de containers.

Indien er met Neokempenaars gevaren wordt zullen er minimaal 5 shuttles op en neer moeten varen, en indien er Dortmund-Eemskanaalschepen varen zullen dit er minimaal 4 moeten zijn.

➤ Inzicht in de totale kosten van het transport via het Transferium

Dankzij de resultaten is er inzicht verworven in de totale transportkosten, indien containers via het Transferium zullen reizen. Deze transportkosten bestaan uit de overslagkosten op het Transferium en de directe transportkosten. Dit zijn directe tarieven voor de vervoerders.

- De overslagkosten op het Transferium: De aanleg van een Transferium zal terug worden verdiend door de overslag van containers. Een schatting van een Transferium met een capaciteit van 200.000 TEU per jaar en een oppervlakte van 12 hectare komt neer op ongeveer 47,5 miljoen euro aanlegkosten en 24 miljoen euro vastgoedkosten. Omgerekend naar de overslagkosten per container is dit 25 euro. Voor een goede afhandeling van de shuttles bij het Transferium zullen er 2 kadeplaatsen moeten zijn waar de shuttles geladen en gelost kunnen worden.

- De directe transportkosten: Ook de kosten voor het transport tussen het Transferium en de zeeterminals zijn directe tarieven voor de vervoerders. Indien met Neokempenaars gevaren wordt zijn deze kosten ongeveer 24 euro per container en voor de Dortmund-Eemskanaalschepen ongeveer 22 euro.

De doorlooptijd en de leverbetrouwbaarheid zijn voor verladers eveneens belangrijk bij hun keuze van transport en samen met de directe kosten vormen dit de gegeneraliseerde transportkosten.

De situatie op de weg zal naar verwachting in de toekomst steeds verder verslechteren vanwege de aanhoudende groei van containertransport in de Rotterdamse haven. Lange files op de A15 en bij de zeeterminals leiden tot grotere doorlooptijden en een onbetrouwbare levertijd van de containers. Dit zorgt voor een stijging van de gegeneraliseerde transportkosten. Het Transferium kan leiden tot een verbeterde betrouwbaarheid dankzij een goede planning van de shuttles en een betere afhandeling van de trucks, doordat deze niet meer te maken zullen hebben met de files richting de zeeterminals.

Deze verbeterde betrouwbaarheid is zeer belangrijk voor het Container Transferium, omdat hierdoor de kosten van de extra overslag de moeite waard zijn voor het transport.

9.3 ***Aanbevelingen en vervolg onderzoek***

Naar aanleiding van de conclusies worden aanbevelingen gedaan voor het vervolg van de ontwikkeling van het Transferium-concept.

➤ De markt van het Transferium

Om tot een gedetailleerd ontwerp van een Container Transferium te komen dient de markt van het Transferium zeer duidelijk te zijn. Voor welke containers is het vervoer via een Transferium bij uitstek geschikt? Wat is het belang van de doorlooptijd van deze containers? Hoe zal de capaciteit van een Transferium zich ontwikkelen in de tijd? Dit zijn belangrijke vragen om tot een nauwkeurig inzicht in de gegeneraliseerde transportkosten te komen.

Ook de mate waarin de binnenvaart gebruik gaat maken van transport via een Transferium is niet meegenomen in de simulatie. Het model in dit onderzoek zal moeten worden uitgebreid om de binnenvaart mee te kunnen nemen.

➤ Het effect voor de zeeterminals

In dit onderzoek lag de nadruk op het Transferium en het transport tussen dit Transferium en de drie zeeterminals. De gevolgen van het transport via het Transferium voor de zeeterminals zijn buiten beschouwing gebleven.

In het onderzoek werd geconcludeerd dat de betrouwbaarheid van de levertijden zeer belangrijk is een goed alternatief te bieden voor vervoer via de weg. Een goede afhandeling van de shuttles bij de zeeterminals, waar in dit onderzoek vanuit is gegaan, is zeer belangrijk vanuit het oogpunt van de betrouwbaarheid. Een *dedicated* kade voor binnenvaartschepen bij de zeeterminals lijkt dan ook een noodzaak voor de zeeterminals.

Een studie met de nadruk op de zeeterminals moet het effect van het transport via een Transferium op de zeeterminals onderzoeken. De mate waarin een Transferium leidt tot het reduceren van de overbelasting van de zeeterminals kan hierdoor in beeld worden gebracht.

Uiteraard vormen de zeeterminals een zeer essentiële schakel in het containertransport via een Transferium. Zonder het meewerken van de zeeterminals heeft het Transferium geen kans van slagen. De resultaten van dit onderzoek kunnen bijdragen in het onderzoek naar de effecten voor de zeeterminals.

➤ De shuttles

In dit onderzoek is uitsluitend naar bestaande binnenvaartschepen gekeken. Wat onderzocht kan worden is bijvoorbeeld het varen met moderne shuttles, die erg milieuvriendelijk zijn en weinig uitstoot van verbrandingsgassen hebben. Op die manier kan het transport via het Transferium een toegevoegde waarde krijgen, hetgeen mogelijk met subsidies gesteund kan worden.

➤ Drijvende container kraan

In de simulatie is de drijvende container kraan geheel buiten beschouwing gebleven. Met de drijvende kraan kunnen containers direct worden overgeslagen van een zeeschip naar een binnenvaartschip, wat langsij het zeeschip komt te liggen. Deze vorm van overslag kan goed gecombineerd worden met het logistieke concept, waarbij er containertransport plaatsvindt via een Transferium. Voor de importcontainers geldt dat ze direct van het zeeschip naar het Transferium kunnen worden gebracht en voor exportcontainers geldt dat de containers op het allerlaatste moment met de shuttles naar het zeeschip worden gebracht, om direct te worden geladen. Hierdoor hoeft de container een keer minder te worden verplaatst op de zeeterminals en vragen de shuttles niet om een kadeplaats op de zeeterminal.

Wel brengt dit een aantal aandachtspunten met zich mee:

Indien de shuttles een rondrit varen, zal er op de shuttles een ordening moeten zijn voor exportcontainers per zeeschip, zodat duidelijk is welke containers met welk zeeschip meemoeten, en deze containers ook bereikbaar zijn voor de drijvende container kraan. Dit probleem kan worden omzeild door te varen met het “shuttle per terminal”-concept. Dit maakt het laden van de shuttles met exportcontainers eenvoudiger. Wel moeten er in dat geval voldoende containers op het Transferium aanwezig zijn voor een zeeschip wat klaarligt op de zeeterminal. Vanuit dit opzicht zal het varen met kleinere shuttles een voordeel bieden, omdat het een stuk flexibeler is.

Voor importcontainers is er een andere moeilijkheid: Op de zeeschepen moet al bekend zijn welke containers naar de zeeterminal moeten en welke containers richting het Transferium moeten. Dit vraagt om een goed informatiesysteem. Dit geldt echter ook voor transport direct richting het achterland, zonder een Transferium.

Vervolg onderzoek naar een combinatie van het Transferium met de drijvende container kraan is dus gewenst, omdat het zowel het transport via het Transferium kan bevorderen als kan bijdragen aan het ontlasten van de zeeterminals.

Literatuurlijst

Literatuur

- [1] Havenbedrijf Rotterdam, 2007. *Intern document Havenbedrijf Rotterdam*. Business model Container Transferium. (Commerciële) haalbaarheidsstudie, eindrapport Mercator Novus,
- [2] Havenbedrijf Rotterdam, 2005. Ruimtevrage op containersector op MV2 in 2020 en 2040
- [3] Havenbedrijf Rotterdam, 2007. *Intern document Havenbedrijf Rotterdam*. Projectrapportage Container Transferium. Container Transferium, een kansrijk innovatief logistiek concept
- [4] Konings, Rob, 1993. Tarieven in het containervervoer
- [5] A&S Management, 2003. Basisdocument Containerbinnenvaart
- [6] Havenbedrijf Rotterdam, 2006. Havens in cijfers
- [7] S.J. Mol, 2007. Logistics of empty marine containers. Msc. Thesis, section Transport and Logic Technology, faculty ME, Technische Universiteit Delft.
- [8] Ligteringen, Prof.ir. H., 2000. Ports and Terminals. Technische Universiteit Delft
- [9] Havenbedrijf Rotterdam, 2007. *Intern document Havenbedrijf Rotterdam*. Inland hub fase 1, definitief rapport
- [10] Groenveld, Ir. R., 2002. Inland waterways. Technische Universiteit Delft
- [11] Havenbedrijf Rotterdam, 2005. Maasvlakte 1 en 2 samen klaar voor de binnenvaart
- [12] NEA Transportonderzoek en –opleiding, 2003. Onderzoek kosten per uur in de binnenvaart
- [13] Perez, Millas, 2001. Containeroverslag
- [14] Groenveld, Ir. R., 2002. Service Systems in Ports and Inland Waterways. Technische Universiteit Delft
- [15] Ottjes, Dr. Ir. J.A. en Veeke, Dr. Ir H.P.M., 2007. Process interaction, modeling and simulation, hand out. Technische Universiteit Delft
- [16] Havenbedrijf Rotterdam, 2007/2008. Mondelinge informatie / ervaringscijfers
- [17] Runhaar, H., 2002. Freight transport: at any price? Effects of transport costs on book and newspaper supply chains in the Netherlands, Thesis (PhD). Delft: TRAIL Research School/Delft University Press
- [18] Runhaar, H., 2004. Transportkosten, vraagbaak voor Inkoop & Logistiek
- [19] Kouwenhoven, Marco, Jong, Gerard de, Rietveld, Piet. 2005. Reliability Ratio's voor het Goederenvervoer. Rapport voor Rijkswaterstaat Adviesdienst Verkeer en Vervoer, RAND Europe
- [20] Klinken, J. van, 2004. The floating container crane. Msc. Thesis, section Transport and Logic Technology, faculty ME, Technische Universiteit Delft

- [21] Marco, Roser Obrer, 2007. Logistical and Economic Aspects of the Floating Container Crane Within a Network Terminal. Msc. Thesis, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Technische Universiteit Delft.
- [22] Havenbedrijf Rotterdam, 2007 *Intern document Havenbedrijf Rotterdam*. Container Transferium, globale kostenraming. Definitief rapport. Uitgevoerd door Royal Haskoning i.o.v. Havenbedrijf Rotterdam
- [23] Royal Haskoning, 2008. Informatie/ ervaringskennis
- [24] Gottwald Port Technology, 2008. Informatie/ ervaringskennis

Web sites

- [25] www.ect.nl Europe Container Terminals
- [26] <http://www.cbrb.nl>. Centraal Bureau voor de Rijn- en Binnenvaart
- [27] mechanical.pnl.gov
- [28] www.excellentmumbai.com
- [29] <http://www.tcmglobal.net>
- [30] www.prosimbv.nl
- [31] www.rws-avv.nl Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Goederen vervoer: groei betrouwbaarheidswaardering in de tijd
- [32] www.rws-avv.nl Het Vrachtverkeer in de Spitsperioden op het Hoofdwegennet
- [33] earth.google.com
- [34] www.maasvlakte2.com
- [35] www.rws-avv.nl Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Raadpleegapplicatie – vaarwegkenmerken in Nederland
- [36] www.gottwald.com

Lijst van figuren

Figuur 1: Plan van aanpak Container Transferium [1].....	2
Figuur 2: Overzicht Rotterdamse haven.....	3
Figuur 3: De containerterminals op Maasvlakte 1	4
Figuur 4: De Jowi [26].....	10
Figuur 5: De Neokemp [26]	10
Figuur 6: Klasse-indeling vaarwegen rond Rotterdam [33], [35]	11
Figuur 7: De vervoersketen met Transferium	12
Figuur 8: Schematische weergave containerstromen [7]	15
Figuur 9: Een straddle carrier [27]	16
Figuur 10: Een reach stacker [28]	16
Figuur 11: Overzicht van een stack volle containers bij APMT op de Maasvlakte, bediend door straddle carriers	17
Figuur 12: Overzicht van een stack volle containers bij ECT in Willebroek, bediend door reach stackers	17
Figuur 13: Een empty handler [29]	18
Figuur 14: Capaciteit Transferium	19
Figuur 15: geografische segmenten containertransport [1].....	20
Figuur 16: Overzicht mogelijke varianten	21
Figuur 17: Overzicht locatiemogelijkheden Transferium	24
Figuur 18: Vingerpielen met rijdende kraan	25
Figuur 19: Vingerpielen met rijdende karretjes	26
Figuur 20: Wide Span Gantry Crane [36]	26
Figuur 21: Mobiele kraan [36].....	27
Figuur 22: Extra overslag bij gebruik wegvervoer van Transferium	27
Figuur 23: Extra overslag bij gebruik binnenvaart van Transferium	28
Figuur 24: Overzicht kostenstructuur binnenvaart.....	31
Figuur 25: Grafiek kosten shuttles (met vingerpielen met rijdende karretjes).....	34
Figuur 26: Grafiek kosten shuttles (met mobiele kraan).....	35
Figuur 27: Grafiek doorlooptijd containers	36
Figuur 28: Grafiek doorlooptijd versus locatie	37
Figuur 29: Het aantal benodigde shuttles.....	38
Figuur 30: Grafiek benodigde kraancapaciteit Transferium	39
Figuur 31: Benodigde kraancapaciteit zeeterminals	40
Figuur 32: Grafiek kans op vertraging voor de binnenvaart	42
Figuur 33: "Shuttle per terminal"-concept.....	46
Figuur 34: Schematische weergave "shuttle per terminal"-concept.....	47
Figuur 35: "Rondrit"-concept.....	47
Figuur 36: Schematische weergave "rondrit"-concept	48
Figuur 37: Stappenplan simulatieproces	50
Figuur 38: Systeemgrenzen "rondrit" concept.....	53
Figuur 39: Systeemgrenzen "shuttle per terminal" concept	54
Figuur 40: De stroom importcontainers	55
Figuur 41: De stroom exportcontainers	56
Figuur 42: De stroom transfercontainers	57
Figuur 43: Maat voor de betrouwbaarheid	79
Figuur 44: Gegeneraliseerde transportkosten voor het wegvervoer	83
Figuur 45: Kosten per vaaruur motorvrachtschip bij beladen vaart [12].....	106
Figuur 46: Kosten per liguur motorvrachtschip tijdens wachten (algemeen) [12]	107
Figuur 47: Kosten per liguur motorvrachtschip tijdens wachten op bevrachting [12]	107
Figuur 48: Proces van "main"	114
Figuur 49: Proces van de shuttlegenerator	116
Figuur 50: Procesbeschrijving van de containergeneratoren	117
Figuur 51: Containerstromen door de Rotterdamse haven [7].....	118
Figuur 52: Containerstromen door het Transferium	119
Figuur 53: Containerstromen door een empty depot [7].....	120
Figuur 54: Erlang-k verdelingen met een gemiddelde van 6,3 dagen.....	121
Figuur 55: Erlang-k verdelingen met een gemiddelde van 4,7 dagen.....	122

Figuur 56: Erlang-k verdelingen met een gemiddelde van 4,7 dagen.....	122
Figuur 57: Procesbeschrijving van de truckgenerator	124
Figuur 58: Wegbezetting op een gemiddelde werkdag [32]	125
Figuur 59: Cumulatieve aankomsten verdeling	125
Figuur 60: Het shuttleproces	127
Figuur 61: Beschrijving kadekranen op het Transferium	129
Figuur 62: Truckproces.....	132
Figuur 63: Proces bij de gates	134
Figuur 64: Containerproces	136
Figuur 65: Overzicht inputgegevens	137
Figuur 66: Aantal trucks in de wachtrij voor het Transferium	142
Figuur 67: Aantal trucks in de wachtrij voor het Transferium	143
Figuur 68: Verblijftijden van de trucks in de wachtrij	144
Figuur 69: Aantal containers in de exportrij op het Transferium	145
Figuur 70: Aantal containers in de exportrij op het Transferium	146
Figuur 71: Aantal containers in de rij op de zeeterminals	146
Figuur 72: Aantal shuttles in de wachtrij voor het Transferium	147
Figuur 73: Aantal shuttles in de wachtrij bij het Transferium	147
Figuur 74: Het aantal shuttles bij de zeeterminals	148
Figuur 75: Het aantal shuttles in de wachtrij bij het Transferium	149
Figuur 76: Gemiddelde verblijftijden van de shuttles in de wachtrij bij het Transferium	149
Figuur 77: Verblijftijden van de trucks in de wachtrij	150
Figuur 78: Aantal shuttles in de wachtrij bij het Transferium (cyclustijd = 700 minuten)	152
Figuur 79: Aantal shuttles in de wachtrij bij het Transferium (cyclustijd = 790 minuten)	153
Figuur 80: De verblijftijden van de shuttles in de wachtrij voor het Transferium	153
Figuur 81: De verblijftijden van de shuttles in de wachtrij voor het Transferium	154
Figuur 82: Schematische weergave lay-out Transferium	167
Figuur 83: Betrouwbaarheid uitgezet tegen de bezettingsgraad voor de "shuttle per terminal"-concepten	173
Figuur 84: Betrouwbaarheid uitgezet tegen de bezettingsgraad voor de "rondrit"-concepten	173

Lijst van tabellen

Tabel 1: Capaciteitsverdeling zeeterminals MV1 in 2012	5
Tabel 2: Klasse-indeling volgens C.E.M.T.	10
Tabel 3: Benodigde opslagoppervlakte voor volle containers [8]	18
Tabel 4: Benodigde opslagoppervlakte voor lege containers	18
Tabel 5: Overzicht typen shuttles	23
Tabel 6: Nederlandse actieve binnenvloot 2000 [5]	23
Tabel 7: Overzicht locaties	24
Tabel 8: Input shuttles	30
Tabel 9: Overzicht kosten binnenvaart [12]	32
Tabel 10: Aannames overslagwijze Transferium	33
Tabel 11: Percentages import / export [6]	33
Tabel 12: Kostenverschillen	35
Tabel 13: Doorlooptijd voor verschillende typen shuttles	36
Tabel 14: Aantal ligplaatsen	38
Tabel 15: Aantal shuttles en ligplaatsen afhankelijk van de vaarafstand	40
Tabel 16: Kans op vertraging versus aantal TEU	42
Tabel 17: Overzicht inputgegevens	62
Tabel 18: Resultaten "freestyle + rondrit" concept	65
Tabel 19: Resultaten "planning + rondrit" concept, situatie 1 en 2	66
Tabel 20: Resultaten "planning + rondrit" concept, situatie 3 en 4	66
Tabel 21: Resultaten "planning + rondrit" concept, situatie 5 en 6	67
Tabel 22: Resultaten "planning + shuttle per terminal" concept	68
Tabel 23: Berekening cyclustijd shuttle	70
Tabel 24: Lengte van de verschillende typen shuttles	71
Tabel 25: Benodigde kadelengeten en kosten	72

Tabel 26: Aantal containers in de stacks.....	72
Tabel 27: De benodigde oppervlakte voor de stack volle containers.....	73
Tabel 28: Benodigde oppervlakte van de stacks.....	73
Tabel 29: Kosten Transferium.....	74
Tabel 30: Gemiddelde overslagkosten per container.....	74
Tabel 31: De transportkosten per container.....	75
Tabel 32: Doorlooptijden van exportcontainers.....	76
Tabel 33: Rentekosten voor 1 containerlading t.w.v. € 50.000.....	77
Tabel 34: Value of Time.....	78
Tabel 35: Value of Reliability.....	78
Tabel 36: Kosten ten gevolge van de onbetrouwbaarheid.....	79
Tabel 37: Gegeneraliseerde kosten per container.....	80
Tabel 38: Gegeneraliseerde kosten per container (met elk een gemiddelde waarde van €25.000)	81
Tabel 39: Gegeneraliseerde kosten per container zonder rentekosten.....	82
Tabel 40: Neokempenaar versus Dortmund-Eemskanaalschip.....	87
Tabel 41: Samenvatting resultaten.....	88
Tabel 42: Scheepsafmetingen en laadcapaciteit van containerschepen [5].....	103
Tabel 43: Type shuttles met laadvermogen.....	105
Tabel 44: Overzicht kosten binnenvaart.....	105
Tabel 45: Kosten per vaaruur motorvrachtschip bij beladen vaart [12].....	106
Tabel 46: Kosten per liguur voor motorvrachtschip tijdens wachten (algemeen) [12].....	106
Tabel 47: Kosten per liguur motorvrachtschip tijdens wachten op bevrachting [12].....	107
Tabel 48: Arbeidskosten duwvaart per uur [12].....	108
Tabel 49: Totale materieelkosten in de duwvaart per uur [12].....	108
Tabel 50: Totale variabele kosten duwvaart bij beladen vaart per vaaruur [12].....	108
Tabel 51: Totale kosten in de duwvaart tijdens wachten per liguur [12].....	108
Tabel 52: Overzicht berekeningen Excel.....	110
Tabel 53: Berekeningsheet wachttijdentheorie.....	112
Tabel 54: Aantal transfercontainers.....	120
Tabel 55: Aantal containers dat jaarlijks het Transferium bezoekt.....	121
Tabel 56: Indeling tijdsperiodes.....	126
Tabel 57: Simulatieruns voor de "rondrit"-concepten.....	139
Tabel 58: Resultaten verificatieruns.....	141
Tabel 59: Berekening van de kosten voor het "rondrit + planning" concept.....	159
Tabel 60: Berekening van de kosten voor het "per terminal + planning" concept, situatie 1.....	160
Tabel 61: Berekening van de kosten voor het "per terminal + planning" concept, situatie 2.....	160
Tabel 62: Berekening van de kosten voor het "per terminal + planning" concept, situatie 3.....	161
Tabel 63: Investeringskosten straddle carrier versus reach stacker.....	162
Tabel 64: Kosten benodigde oppervlakte.....	163
Tabel 65: Kostenraming Transferium met 5 kadekranen en vingerpieren [22].....	165
Tabel 66: Kostenraming Transferium met 2 ligplaatsen.....	169
Tabel 67: Totale kosten per situatie.....	171
Tabel 68: Resultaten van de simulatie voor de berekening van de betrouwbaarheid.....	172
Tabel 69: Gemiddelde ongeplande wachttijden per container.....	172
Tabel 70: Rentekosten voor 1 containerlading t.w.v. € 25.000.....	174
Tabel 71: Value of Time.....	174
Tabel 72: Value of Reliability.....	174
Tabel 73: Kosten ten gevolge van de onbetrouwbaarheid.....	175
Tabel 74: Value of Time.....	175
Tabel 75: Value of Reliability.....	175
Tabel 76: Kosten ten gevolge van de onbetrouwbaarheid.....	176

Bijlagen

Overzicht bijlagen:

Bijlage A: Scheepsafmetingen en laadcapaciteit

Bijlage B: Kosten binnenvaart

B1: Resultaten kosten binnenvaart

B2: Tabellen en grafieken kostenposten binnenvaart

Bijlage C: Rekenmodel analyse varianten

Bijlage D: Procesbeschrijving van de componenten

D1: Procesbeschrijving van Main

D2: Procesbeschrijving van de shuttlegenerator

D3: Proces beschrijving van de containergeneratoren

D4: Procesbeschrijving van de truckgenerator

D5: Procesbeschrijving van de shuttles

D6: Procesbeschrijving van de kadekranen

D7: Procesbeschrijving van de trucks

D8: Procesbeschrijving van de landzijdige overslagpunten

D9: Het containerproces

D10: De input

Bijlage E: Overzicht simulatieruns

Bijlage F: Resultaten simulatieruns

F1: Resultaten verificatieruns

F2: Resultaten “rondrit + freestyle”-concept

F3: Resultaten “rondrit + planning”-concept

Bijlage G: Kostenberekeningen Transferium

G1: Directe transportkosten shuttles

G2: Reach stacker versus straddle carrier

G3: Inzicht kostenposten Transferium

G4: Inzicht totale kosten Transferium

G5: Inzicht in de betrouwbaarheid

G6: Invloed van de gemiddelde waarde van een container

Bijlage A: Scheepsafmetingen en laadcapaciteit

Overzicht bijlagen:

Bijlage A: Scheepsafmetingen en laadcapaciteit

Bijlage B: Kosten binnenvaart

Bijlage C: Rekenmodel analyse varianten

Bijlage D: Procesbeschrijving van de componenten

Bijlage E: Overzicht simulatieruns

Bijlage F: Resultaten simulatieruns

Bijlage G: Kostenberekeningen Transferium

Tabel 42: Scheepsafmetingen en laadcapaciteit van containerschepen [5]

[illegible]

Bijlage B: Kosten binnenvaart

Overzicht bijlagen:

Bijlage A: Scheepsafmetingen en laadcapaciteit

Bijlage B: Kosten binnenvaart

B1: Resultaten kosten binnenvaart

B2: Tabellen en grafieken kostenposten binnenvaart

Bijlage C: Rekenmodel analyse varianten

Bijlage D: Procesbeschrijving van de componenten

Bijlage E: Overzicht simulatieruns

Bijlage F: Resultaten simulatieruns

Bijlage G: Kostenberekeningen Transferium

B1: Resultaten kosten binnenvaart

In deze bijlage zijn de tabellen en grafieken te vinden waarmee de kosten voor de verschillende klassen binnenvaartschepen bepaald kan worden. Deze gegevens zijn afkomstig van een onderzoek van het NEA [12].

Per klasse is uitgegaan van een bepaald maximaal laadvermogen:

Tabel 43: Type shuttles met laadvermogen

Shuttle type	Laadvermogen (ton)
NeoKempenaar	800
Dortmund-Eemskanaalschip	1000
Rijn-Hernekanaalschip	1500
Groot Rijnschip	3000
Jowi-klasse	4520
Duwvaart, 1 bak	3000
2-baksduwvaart	5500
4-baksduwvaart	11000

Uit onderstaande grafieken en tabellen kunnen de kostenposten worden afgelezen. Enkele opmerkingen:

- De kosten voor de “Jowi-klasse” zijn geëxtrapoleerd aan de hand van deze gegevens
- De kosten van de “duwvaart, 1 bak” zijn geschat aan de hand van de kosten 2- en 4-baksduwvaart.
- Bij de duwvaart wordt uitgegaan van een continue inzet.

Dit geeft de volgende resultaten:

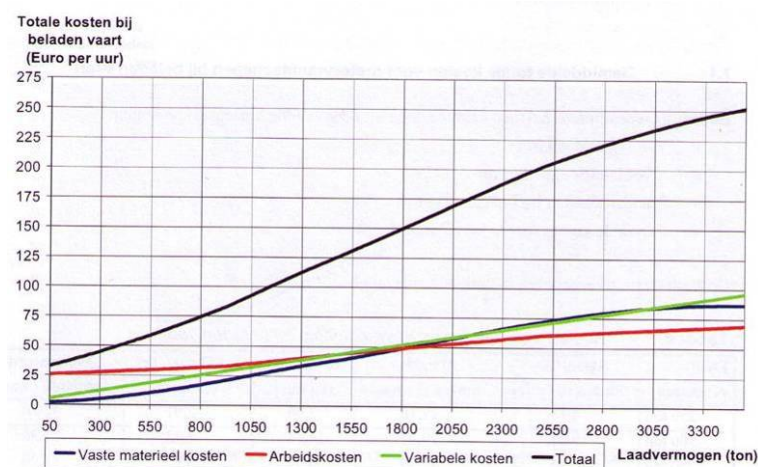
Tabel 44: Overzicht kosten binnenvaart

Shuttle type	Arbeidskosten (€ / vaaruur)	Vaste materieelkosten (€ / vaaruur)	Variabele kosten (€ / vaaruur)	Wachtkosten algemeen (€ / liguur)	Kosten wachten op bevrachting (€ / liguur)
NeoKempenaar	€ 31,87	€ 17,24	€ 25,57	€ 49,11	€ 42,93
Dortmund-Eemskanaalschip	€ 34,21	€ 23,51	€ 30,88	€ 57,72	€ 51,08
Rijn-Hernekanaalschip	€ 43,92	€ 38,96	€ 44,07	€ 82,88	€ 74,36
Groot Rijnschip	€ 64,88	€ 83,30	€ 83,15	€ 148,18	€ 135,60
Jowi-klasse	€ 108,80	€ 85,00	€ 127,22	€ 158,00	€ 143,00
Duwvaart, 1 bak	€ 106,28	€ 60,00	€ 90,00	€ 138,00	€ 138,00
2-baksduwvaart	€ 112,74	€ 93,35	€ 139,79	€ 206,09	€ 206,09
4-baksduwvaart	€ 119,20	€ 180,35	€ 253,19	€ 299,55	€ 299,55

B2: Tabellen en grafieken kostenposten binnenvaart

Tabel 45: Kosten per vaauur motorvrachtschip bij beladen vaart [12]

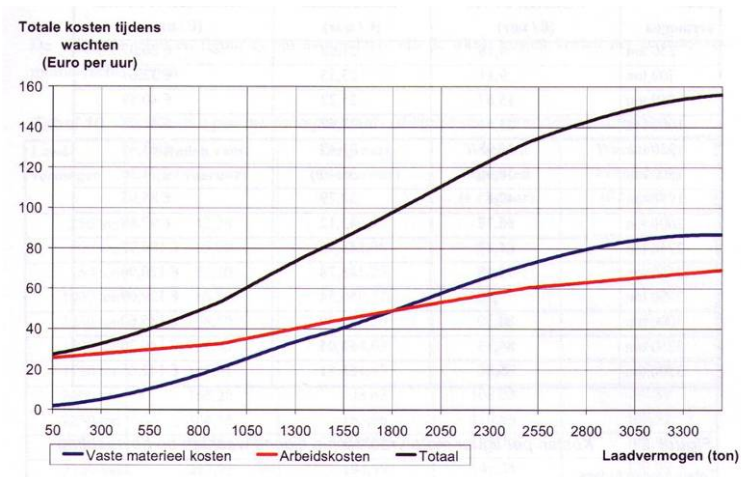
Laad- vermogen	Materieel- kosten (€ / uur)	Arbeids- kosten (€ / uur)	Brandstof (€ / uur)	R&O variabel (€ / uur)	Gesommeerde kosten (€ / uur)
250 ton	4,18	27,16	7,96	2,91	42,20
500 ton	9,11	29,22	14,14	3,43	55,90
750 ton	15,67	31,29	20,32	3,92	71,20
1000 ton	23,51	34,21	26,50	4,38	88,59
1250 ton	31,95	39,07	32,68	4,81	108,50
1500 ton	38,96	43,92	38,86	5,21	126,95
1750 ton	47,15	48,13	45,04	5,59	145,91
2000 ton	55,77	52,26	51,22	5,95	165,20
2250 ton	64,47	56,39	57,40	6,29	184,55
2500 ton	72,18	60,52	63,58	6,61	202,89
2750 ton	78,55	62,70	69,76	6,92	217,93
3000 ton	83,30	64,88	75,94	7,21	231,33
3250 ton	86,15	67,06	82,12	7,48	242,82
3500 ton	86,86	69,24	88,30	7,75	252,15



Figuur 45: Kosten per vaauur motorvrachtschip bij beladen vaart [12]

Tabel 46: Kosten per liguur voor motorvrachtschip tijdens wachten (algemeen) [12]

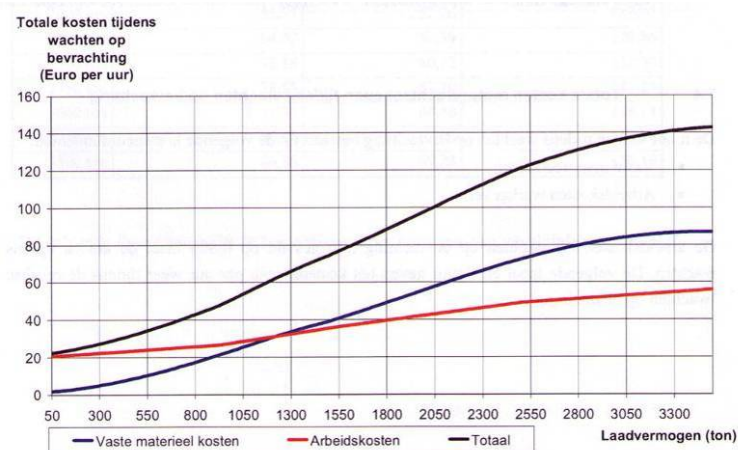
Laad- vermogen	Materieel kosten (€ / uur)	Arbeidskosten (€ / uur)	Gesommeerde kosten (€ / uur)
250 ton	4,18	27,16	31,34
500 ton	9,11	29,22	38,34
750 ton	15,67	31,29	46,96
1000 ton	23,51	34,21	57,72
1250 ton	31,95	39,07	71,01
1500 ton	38,96	43,92	82,88
1750 ton	47,15	48,13	95,28
2000 ton	55,77	52,26	108,03
2250 ton	64,47	56,39	120,86
2500 ton	72,18	60,52	132,70
2750 ton	78,55	62,70	141,25
3000 ton	83,30	64,88	148,18
3250 ton	86,15	67,06	153,21
3500 ton	86,86	69,24	156,10



Figuur 46: Kosten per liguur motorvrachtschip tijdens wachten (algemeen) [12]

Tabel 47: Kosten per liguur motorvrachtschip tijdens wachten op bevrachting [12]

Laad- vermogen	Materieel kosten (€ / uur)	Arbeidskosten (€ / uur)	Gesommeerde kosten (€ / uur)
250 ton	4,18	21,89	€ 26,07
500 ton	9,11	23,55	€ 32,67
750 ton	15,67	25,22	€ 40,89
1000 ton	23,51	27,57	€ 51,08
1250 ton	31,95	31,49	€ 63,44
1500 ton	38,96	35,40	€ 74,36
1750 ton	47,15	38,79	€ 85,95
2000 ton	55,77	42,12	€ 97,89
2250 ton	64,47	45,45	€ 109,92
2500 ton	72,18	48,78	€ 120,96
2750 ton	78,55	50,54	€ 129,09
3000 ton	83,30	52,29	€ 135,60
3250 ton	86,15	54,05	€ 140,20
3500 ton	86,86	55,81	€ 142,66



Figuur 47: Kosten per liguur motorvrachtschip tijdens wachten op bevrachting [12]

Tabel 48: Arbeidskosten duwvaart per uur [12]

Laad- vermogen	Inzet	Arbeidskosten <u>bakken</u> (€ / uur)	Arbeidskosten <u>duwboot</u> (€ / uur)	Arbeidskosten <u>samenstel</u> (€ / uur)
4600 ton	semi-continue	0,00	78,13	78,13
4600 ton	continue	0,00	112,74	112,74
5500 ton	semi-continue	0,00	78,13	78,13
5500 ton	continue	0,00	112,74	112,74
9200 ton	semi-continue	0,00	100,82	100,82
9200 ton	continue	0,00	119,20	119,20
11000 ton	semi-continue	0,00	100,82	100,82
11000 ton	continue	0,00	119,20	119,20

Tabel 49: Totale materieelkosten in de duwvaart per uur [12]

Laad- vermogen	Inzet	Materieel kosten <u>bakken</u> (€ / uur)	Materieel kosten <u>duwboot</u> (€ / uur)	Materieel kosten <u>samenstel</u> (€ / uur)
4600 ton	semi-continue	32,50	77,93	110,43
4600 ton	continue	32,50	57,22	89,71
5500 ton	semi-continue	36,13	77,93	114,06
5500 ton	continue	36,13	57,22	93,35
9200 ton	semi-continue	64,99	144,71	209,70
9200 ton	continue	64,99	108,09	173,08
11000 ton	semi-continue	72,27	144,71	216,97
11000 ton	continue	72,27	108,09	180,35

Tabel 50: Totale variabele kosten duwvaart bij beladen vaart per vaaruur [12]

Laad- vermogen	Inzet	Variabele kosten <u>bakken</u> (€ / vaaruur)	Variabele kosten <u>duwboot</u> (€ / vaaruur)	Variabele kosten <u>samenstel</u> (€ / vaaruur)
4600 ton	semi-continue	0,00	122,30	122,30
4600 ton	continue	0,00	118,59	118,59
5500 ton	semi-continue	0,00	143,50	143,50
5500 ton	continue	0,00	139,79	139,79
9200 ton	semi-continue	0,00	218,02	218,02
9200 ton	continue	0,00	213,71	213,71
11000 ton	semi-continue	0,00	257,50	257,50
11000 ton	continue	0,00	253,19	253,19

Tabel 51: Totale kosten in de duwvaart tijdens wachten per liguur [12]

Laad- vermogen	Inzet	Totale kosten <u>bakken</u> (€ / liguur)	Totale kosten <u>duwboot</u> (€ / liguur)	Totale kosten <u>samenstel</u> (€ / liguur)
4600 ton	semi-continue	32,50	156,06	188,56
4600 ton	continue	32,50	169,96	202,45
5500 ton	semi-continue	36,13	156,06	192,19
5500 ton	continue	36,13	169,96	206,09
9200 ton	semi-continue	64,99	245,53	310,52
9200 ton	continue	64,99	227,29	292,28
11000 ton	semi-continue	72,27	245,53	317,79
11000 ton	continue	72,27	227,29	299,55

Bijlage C: Rekenmodel analyse varianten

Overzicht bijlagen:

Bijlage A: Scheepsafmetingen en laadcapaciteit

Bijlage B: Kosten binnenvaart

Bijlage C: Rekenmodel analyse varianten

Bijlage D: Procesbeschrijving van de componenten

Bijlage E: Overzicht simulatieruns

Bijlage F: Resultaten simulatieruns

Bijlage G: Kostenberekeningen Transferium

Tabel 52: Overzicht berekeningen Excel

Capaciteit terminal per jaar	200000	TEU/jaar
	121212,1212	boxen/jaar
percentage import	0,5	
percentage export	0,5	
Type shuttle	Groot Rijnschip (120 TEU)	
Vaarweg-klasse	CEMT klasse Va	
capaciteit (TEU)	120	TEU/schip
Beladingsgraad	0,75	-
vaarsnelheid (km/h)	15	km/h
Lengte (m)	110	meter
Breedte (m)	11,4	meter
Aantal kranen mogelijk	1	#
	72,7	boxen/schip
aantal containers shuttle	54,5	boxen/schip
Cyclustijd shuttle	19,4	uur
Aantal cycli per dag	1,2	#/shuttle/dag
Locatiekeuze	Dordrecht	
Vaarafstand (km)	56	km
Vaartijd heen of terug	3,7	uur
laad-/lostijd transferium	2,7	uur
laad-/lostijd zeeterminal	2,7	uur
Overslagswijze Transferium	Mobiele kraan	
Productiviteit per ligplaats Transferium	20	moves/uur
Aantal kranen	1	#
Capaciteit per kraan	20	moves/uur
Aanlegtijd	0,5	uur
Productiviteit zeeterminal	20	moves/uur
Aantal kranen	1	#
Capaciteit per kraan	20	moves/uur
Aanlegtijd	0,5	uur
Aantal werkuren per jaar	8520	#
Aantal werkdagen per jaar	355	#
Aantal uren per dag	24	#
TEU-factor	1,65	

Moves per jaar per kraan	170400	moves/jaar
bezettingsgraad ligplaats	0,74	-
Moves per jaar per ligplaats	126809	moves/jaar
minimaal aantal ligplaatsen	1,58	#
(Afgerond naar boven)	2	

containers per shuttle per cyclus	29,1	
containers per shuttle per dag	61,4	
containers per shuttle per jaar	21788	
Aantal shuttles	5,56	
(Afgerond naar boven)	6	

Servicetijd Transferium per shuttle per cyclus	1,95	uur
Totale servicetijd per cyclus	11,7	uur
Totale servicetijd per dag	24,74	uur
Minimaal aantal ligplaatsen transferium	1,03	
(Afgerond naar boven)	2	
Bezettingsgraad ligplaats	0,52	

Doorlooptijd container	6,92	uur
minimale wachttijd op transferium	0,73	uur
Aanlegtijd	0,5	uur
laad-/lostijd transferium	0,73	uur
Vaartijd	3,73	uur
Aanlegtijd	0,5	uur
laad-/lostijd zeeterminal	0,73	uur
Aankomsten containers Trans.	60606	cont/jaar
Aankomsten containers per dag	170,7	cont/dag

Totale shuttlekosten per TEU	24,94	euro/teu
Arbeidskosten	31,9	euro/uur
Vaste materieelkosten	17,2	euro/uur
Variabele kosten	25,6	euro/uur
Wachtkosten algemeen	49,1	euro/uur
Kosten wachten op bevrachting	42,9	euro/uur
Totale vaarkosten	74,68	euro/uur
Vaarkosten heen en terug	557,6	euro
Wachttijd op bevrachting per cyclus	3,91	uur
kosten wachten op bevrachting per cyclus	167,8	euro
Totale kosten per cyclus	725,4	euro

Tabel 53: Berekensheet wachttijdentheorie

Capaciteit terminal	200000	TEU
Percentage binnenvaart	10,00%	
Gemiddelde lading bij Transferium	50	TEU
Overslagsnelheid	40	moves/h
Aanlegtijd	0,5	uur
Aantal schepen per jaar	400	schepen/jaar
Aantal schepen per dag (λ)	1,104972376	schepen/dag
Gemiddelde servicetijd	1,257575758	uur/schip
servicerate (μ)	18,92747978	schepen/dag
$\rho = \lambda / \mu$	0,058379266	-
Kans leeg systeem $P(0)$ (n=1)	94,48%	
Kans leeg systeem $P(0)$ (n=2)	94,33%	
Kans op vertraging (n=1)	5,86%	
Kans op vertraging (n=2)	0,17%	

Bijlage D: Procesbeschrijving van de componenten

Overzicht bijlagen:

Bijlage A: Scheepsafmetingen en laadcapaciteit

Bijlage B: Kosten binnenvaart

Bijlage C: Rekenmodel analyse varianten

Bijlage D: Procesbeschrijving van de componenten

D1: Procesbeschrijving van Main

D2: Procesbeschrijving van de shuttlegenerator

D3: Proces beschrijving van de containergeneratoren

D4: Procesbeschrijving van de truckgenerator

D5: Procesbeschrijving van de shuttles

D6: Procesbeschrijving van de kadekranen

D7: Procesbeschrijving van de trucks

D8: Procesbeschrijving van de landzijdige overslagpunten

D9: Het containerproces

D10: De input

Bijlage E: Overzicht simulatieruns

Bijlage F: Resultaten simulatieruns

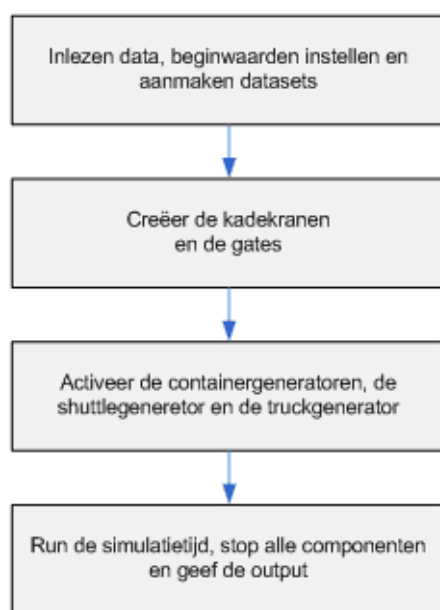
Bijlage G: Kostenberekeningen Transferium

In deze bijlage zullen de processen van de verschillende componenten beschreven worden. Bij de processen van de verschillende componenten zal ook diverse input ter sprake komen. Ook zal per component samengevat worden weergegeven hoe het proces in PROSIM is geïmplementeerd.

D1: Procesbeschrijving van MAIN

MAIN is de basis van de simulatie en heeft een aantal functies:

- Het inlezen van de data, het instellen van bepaalde beginwaarden en het aanmaken van de verschillende datasets.
- Het creëren van het aantal aangegeven kadekranen en landzijdige overslagpunten (in de simulatie worden dit de “gates” genoemd) op het Transferium
- Het opstarten van de simulatie. Dit gebeurt door het activeren van de generatoren van de containers, de shuttles en van de trucks.
- Zodra de simulatietijd erop zit stopt MAIN de simulatie en geeft de output. De simulatietijd wordt zo gekozen dat de simulatie tijd aanzienlijk groter is dan de tijd die het systeem nodig heeft om op gang te komen. Dit blijkt het geval te zijn na een simulatietijd van 4 maanden.



Figuur 48: Proces van "main"

Process of main

Read data
Set values
Create new sets

Create quays:

For I = 1 to n_quays

 THIS quaycrane = NEW quaycrane

 ACTIVATE THIS quaycrane FROM startquay IN quaycraneprocess

END

Create gates:

```
FOR j = 1 TO n_gates
  THIS gate = NEW gate
  ACTIVATE THIS gate FROM startgate IN gateprocess
END

ACTIVATE the truck-generator, the shuttle-generator, the generator of import containers and the
generator of transfer/ exportcontainers

WAIT simulation time

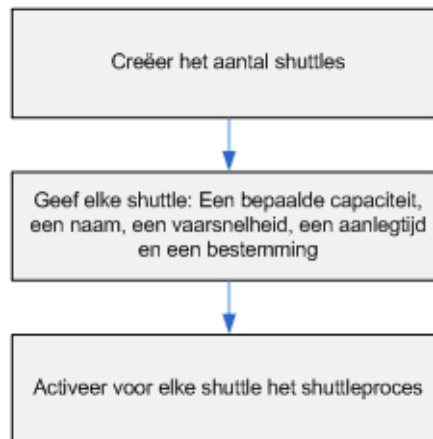
Calculate the output (e.g. average values)

CANCEL ALL
TERMINATE
```

D2: Procesbeschrijving van de shuttlegenerator

Het proces van de shuttlegenerator is eenvoudig. De generator creëert het aantal ingevoerde shuttles. Elke shuttle krijgt een capaciteit, een vaarsnelheid en een aanlegtijd. In het model is het mogelijk deze eigenschappen per shuttle te veranderen. Daarnaast wordt, indien er gevaren wordt volgens het “shuttle per terminal”-concept, elke shuttle toegewezen aan een bepaalde zeeterminal (ECT, APMT of Euromax).

Uiteindelijk wordt elke shuttle geactiveerd om te beginnen aan het shuttleproces.



Figuur 49: Proces van de shuttlegenerator

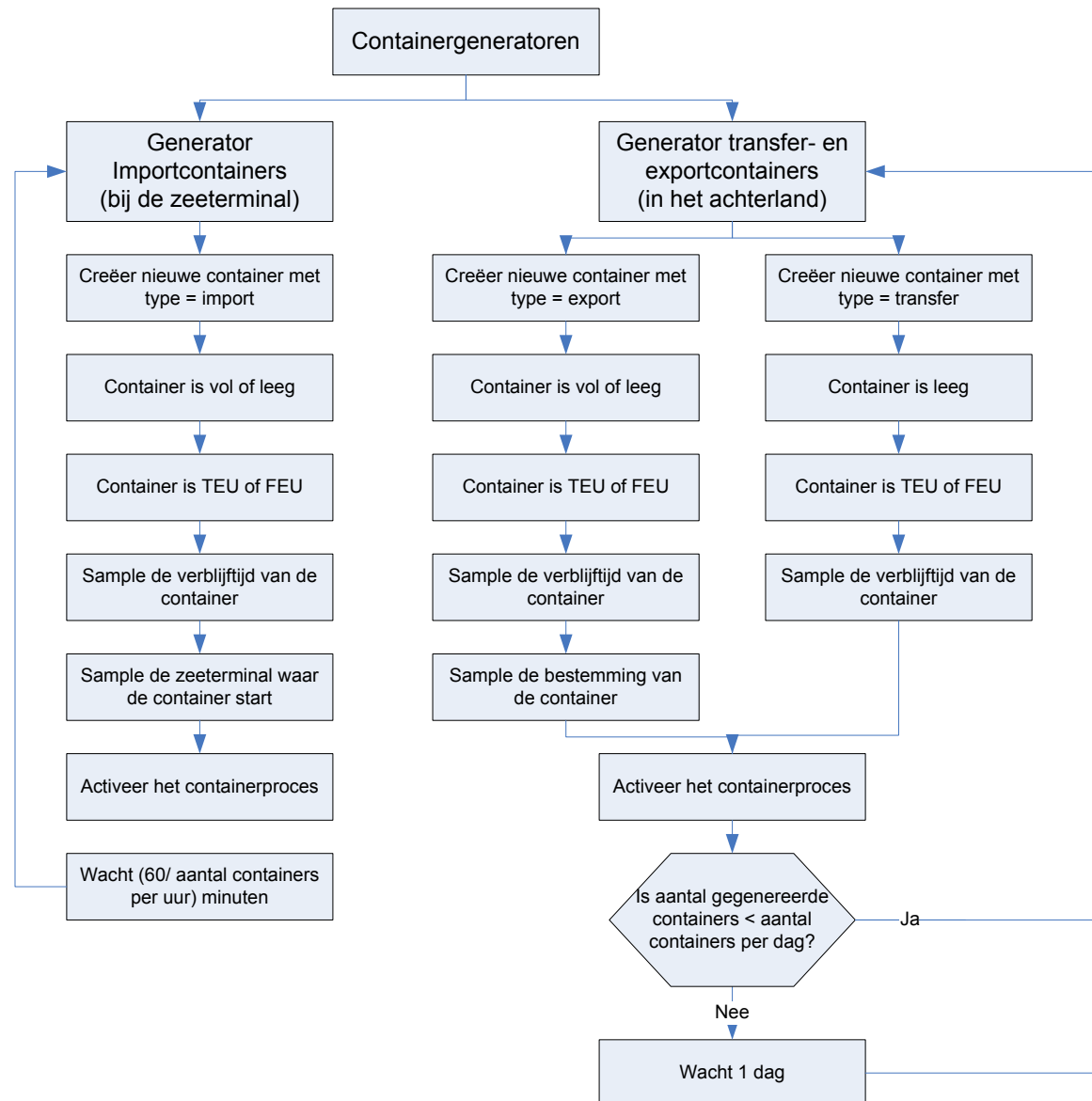
Indien er gevaren wordt zonder een vaste planning worden de shuttles met een tussentijd gegenereerd, om te zorgen dat ze netjes uit elkaar beginnen met het varen van hun ronde.

Process of a shuttle generator

```
For i = 1 to n_shuttles
  Create new shuttle
  READ shuttle name from file
  READ shuttle capacity from file
  READ shuttle mooringtime from file
  READ shuttle speed from file
  READ shuttle terminal from file
  ACTIVATE shuttle in shuttleprocess
  WAIT (average_cyclustime / n_shuttles)
END
```

D3: Proces beschrijving van de containergeneratoren

Bij het genereren van de containers wordt een eerste onderscheid gemaakt tussen containers die vanuit het achterland richting het Transferium zullen gaan en containers die via de zeeterminals richting het Transferium zullen worden vervoerd. Dit is te zien in onderstaand diagram.



Figuur 50: Procesbeschrijving van de containergeneratoren

De reden voor het onderscheid tussen deze twee hoofdstromen containers is het feit dat de containers volgens een ander aankomstenpatroon gegenereerd zullen worden.

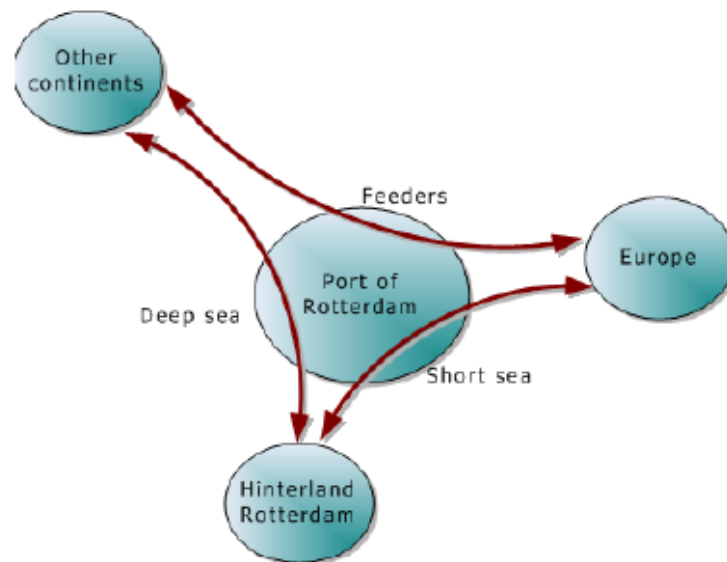
De containers die vanuit het achterland per truck vervoerd worden zullen hoofdzakelijk overdag door de trucks richting het Transferium worden gebracht. Om deze specifieke verdeling van de trucks mee te nemen worden alle containers voor een hele dag klaargezet in het achterland (dit houdt in dat de containers allemaal in 1 keer worden gegenereerd) om opgehaald te worden door de trucks, die volgens de aankomstenverdeling de containers zullen oppikken. Bij de procesbeschrijving van de truckgenerator zal verder op deze verdeling worden ingegaan.

Op de zeeterminal echter worden dag en nacht containers van de grote zeeschepen gelost en geladen. Deze containers zullen dan ook uniform gedurende de hele dag worden gegenereerd.

Alle containers zullen met bepaalde eigenschappen worden gegenereerd. Dit zijn de verschillende eigenschappen die elke container krijgt:

1. Import, export en transfercontainers
2. Volle of lege containers
3. TEU of FEU
4. De verblijftijd van de containers
5. Een bestemming / oorspong op een zeeterminal

➤ Import, export en transfercontainers en vol vs leeg



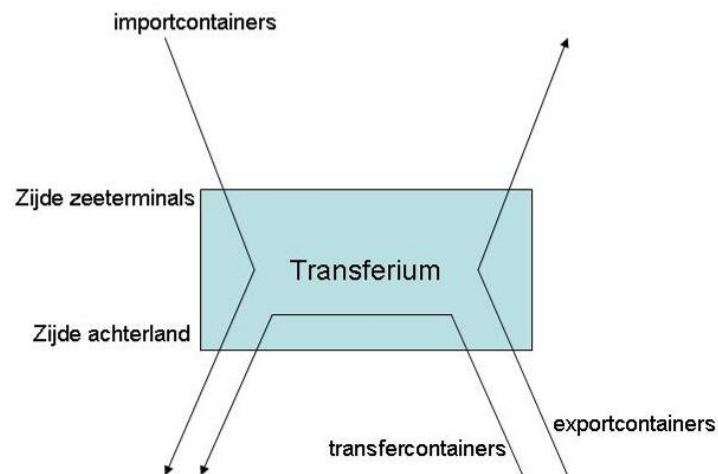
Figuur 51: Containerstromen door de Rotterdamse haven [7]

Bovenstaand figuur geeft de verschillende containerstromen weer in de Rotterdamse haven. Feeder containers zijn containers die op de terminal worden overgeslagen van zeeschepen naar zeeschepen. Deze containers zetten hun reis, na hun bezoek aan de Rotterdamse haven wederom voort over zee. Voor deze containers zal een bezoek aan het Container Transferium Rotterdam niet interessant zijn, aangezien ze dan op en neer vervoerd zullen moeten worden tussen de zeeterminal en het Transferium. Tijdelijke opslag op de zeeterminal zal in dit geval voordeliger zijn.

Voor het Transferium zijn de containers interessant die een bezoek aan het achterland brengen.

De definitie van de capaciteit van het Transferium, zoals deze eerder is beschreven, is gelijk aan de containeroverslag aan de waterzijde van het Transferium. Dit komt nu dus overeen met het aantal exportcontainers plus het aantal importcontainers, omdat er geen zee-zee transport zal zijn. Naast de import- en exportcontainers is er nog een derde stroom containers door het Transferium:

De transfercontainers. Transfercontainers zijn de lege containers die het Transferium gebruiken als empty depot. Deze containers komen uit het achterland en zullen ook weer terug het achterland in vertrekken.



Figuur 52: Containerstromen door het Transferium

De totale kansen of een container een import-, export- of transfercontainer is zijn nu als volgt te berekenen:

De kans op importcontainers:

$$\frac{\text{cap. transf.}}{\text{cap. transf.} + \text{transfercont}} \cdot \text{perc_importcontainers}$$

De kans op exportcontainers:

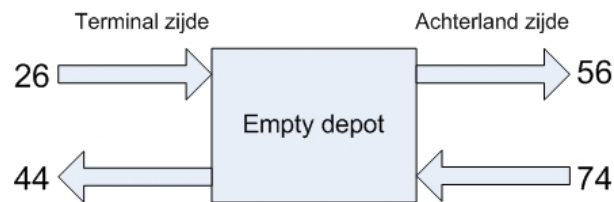
$$\frac{\text{cap. transf.}}{\text{cap. transf.} + \text{transfercont}} \cdot \text{perc_exportcontainers}$$

De kans op transfercontainers:

$$\frac{\text{transfercont}}{\text{cap. transf.} + \text{transfercont}}$$

Hierin is het percentage importcontainers 51.6%. Het percentage exportcontainers is dus 48,4% [6]. Uit deze bron volgt tevens dat het percentage lege importcontainers 20,8% is en het percentage lege exportcontainers 20,3%. Transfercontainers zijn altijd leeg.

Onderstaand figuur geeft een overzicht van de grootte van de stromen door een empty depot. De waarden zijn gebaseerd op een empty depot op de Maasvlakte 1.



Figuur 53: Containerstromen door een empty depot [7]

De verhouding van de lege containerstroom aan de terminal zijde ten opzichte van de stroom aan achterland zijde is 70 : 130.

Aan de hand van deze gegevens kan als volgt een schatting worden gemaakt van het aantal lege transfercontainers:

Aantal lege importcontainers = 20.8% * 51.6% * capaciteit Transferium

Aantal lege exportcontainers = 20.3% * 48.4% * capaciteit Transferium

Uit deze gegevens en de verhouding 70 : 130 is het aantal transfercontainers te berekenen. De capaciteit van het Transferium komt overeen met 70%.

$$\text{Perc_transfer} = \frac{\left(\frac{\text{cap_Trans}}{70} \cdot 130 \right) - \text{cap_Trans}}{\text{cap_Trans}} = \frac{130}{70} - 1$$

Het aantal transfercontainers wordt nu:

$$\text{Transfercontainers} = \left(\frac{130}{70} - 1 \right) \cdot (\text{aantal lege importcontainers} + \text{aantal lege exportcontainers})$$

Onderstaande tabel geeft het aantal transfercontainers (uitgedrukt in TEU) indien voor de capaciteit van het Transferium 200.000 TEU wordt aangehouden.

Tabel 54: Aantal transfercontainers

Percentage import	51,60%
Percentage export	48,40%
Percentage lege importcontainers	20,80%
Percentage lege exportcontainers	20,30%
Capaciteit Transferium	200000 TEU
Aantal lege importcontainers	21466 TEU
Aantal lege exportcontainers	19650 TEU
TOTAAL	41116 TEU
Aantal transfercontainers	35242 TEU

In de volgende tabel is het aantal containers per jaar te zien met het zojuist berekend aantal transfercontainers (gedeeld door de TEU-factor).

Tabel 55: Aantal containers dat jaarlijks het Transferium bezoekt

	vol	leeg	Totaal
Importcontainers	49536	13009	62545
Exportcontainers	46757	11909	58667
Transfercontainers	0	21359	21359
Totaal			142571

➤ TEU vs FEU

Bij het genereren van de containers wordt de vereenvoudiging gemaakt dat er slechts 2 maten containers zijn: 20-voets containers (TEU's) en 40-voets containers (FEU's). In werkelijkheid zijn er ook nog andere maten containers, maar er is gekozen voor deze 2 maten, omdat dit de meest voorkomende maten containers zijn.

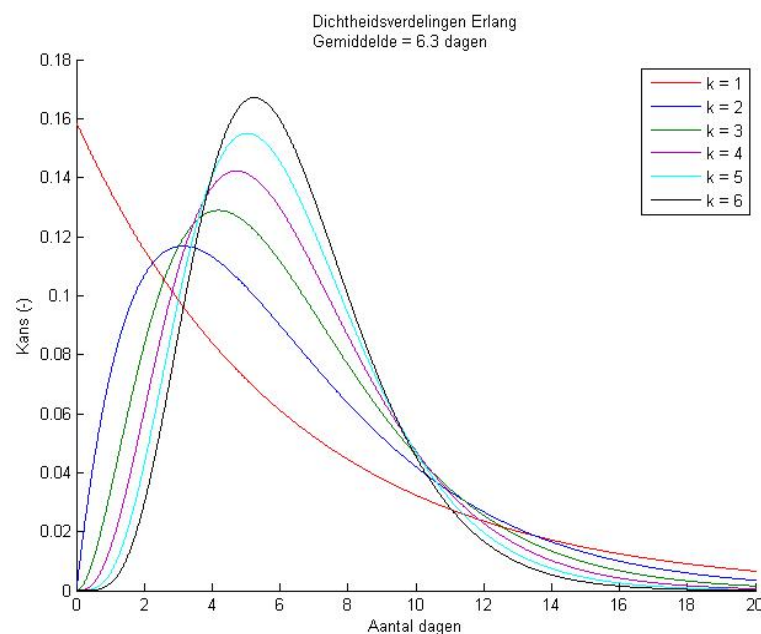
Bij de kansverdeling of de container een 20-voeter of een 40-voeter is, wordt uitgegaan van de TEU-factor. Deze factor is bepaald aan de hand van de jaarlijkse gemiddelden in de Rotterdamse haven [6]. Dit geeft een TEU-factor van 1,65.

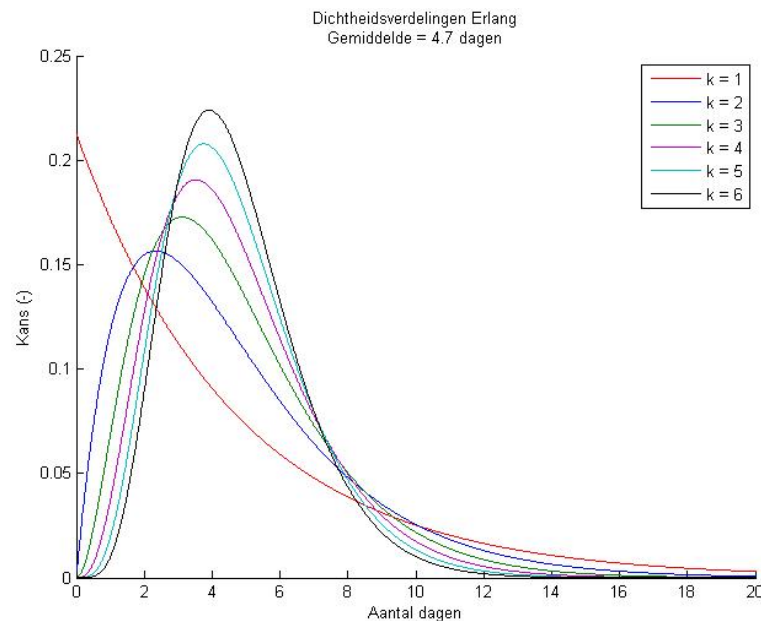
➤ De verblijftijd van de containers

De verschillende typen containers hebben verschillende gemiddelde verblijftijden:

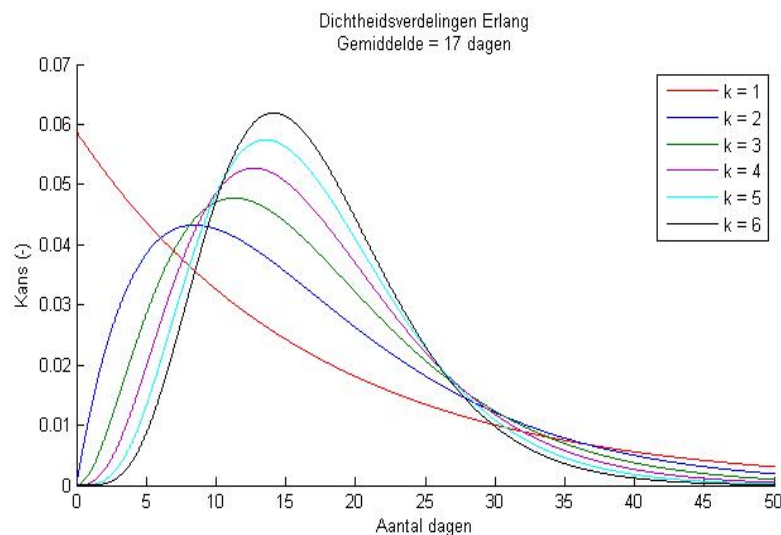
Lege containers hebben een gemiddelde verblijftijd op de terminal van 17 dagen [7], exportcontainers een gemiddelde van 6,3 dagen [16] en importcontainers een gemiddelde 4,7 dagen [16].

Een goede verdeling om de verblijftijden na te bootsen is de Erlang-k-verdeling.

**Figuur 54: Erlang-k verdelingen met een gemiddelde van 6,3 dagen**



Figuur 55: Erlang-k verdelingen met een gemiddelde van 4,7 dagen



Figuur 56: Erlang-k verdelingen met een gemiddelde van 17 dagen

Als k-waarde wordt een middenweg aangenomen van $k = 4$. Uit deze verdeling volgt dat er, weliswaar met een zeer kleine kans, de mogelijkheid bestaat dat er containers worden gegenereerd met een zeer lange verblijftijd. Ook in de werkelijkheid komt het wel eens voor dat een container niet wordt opgehaald en zodoende zeer lange tijd in de stack blijft staan.

➤ Een bestemming / oorspong op een zeeterminal

Indien het een import- of exportcontainer betreft zal er een bepaalde zeeterminal aan de container worden gekoppeld. Een importcontainer zal op deze zeeterminal worden klaargezet om opgehaald te worden en een exportcontainer zal bij deze zeeterminal worden afgeleverd. De zeeterminal zal worden bepaald met behulp van de bijdrage van elke zeeterminal aan de capaciteit van het Transferium (zie Tabel 1).

Process of the generator of import containers

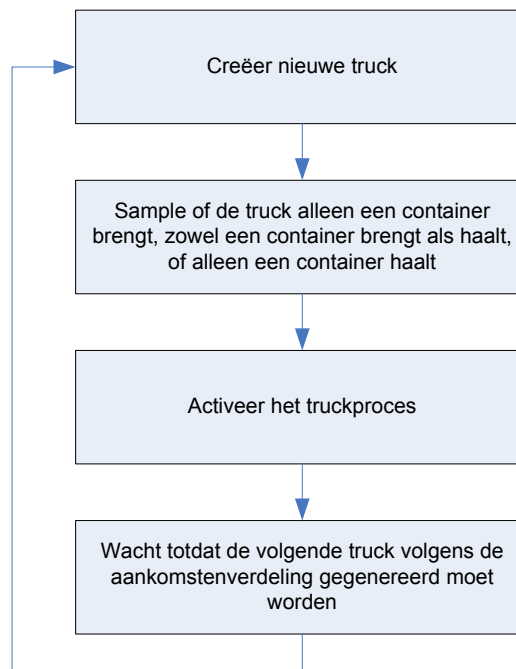
Start:
WAIT until the next container should be generated (uniform)
Create new container
Container type = import
Sample lading van de container (vol of leeg)
Sample container size (20 ft/40 ft)
Sample dwell time
Sample terminal
Put the container in the import_queue of the terminal
Repeat from start

Process of the generator of export & transfer containers

Start:
FOR i =1 TO n_containersperday
 Sample container type (export of transfer)
 Sample lading van de container (vol of leeg) (transfer containers are always empty)
 Sample container size (20 ft/40 ft)
 Sample dwell time
 IF container_type = export
 Sample terminal
 END
 Put the container in the export_queue in the "hinterland"
END
WAIT 1 day
Repeat from start

D4: Procesbeschrijving van de truckgenerator

De truckgenerator doorloopt dagelijks hetzelfde proces.



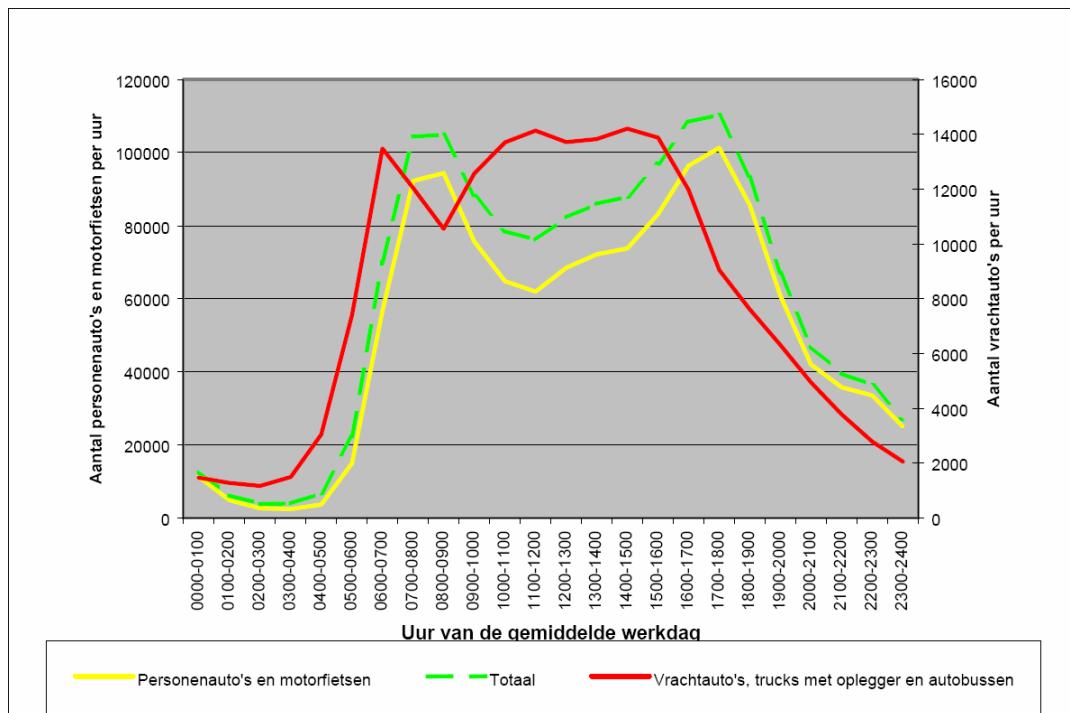
Figuur 57: Procesbeschrijving van de truckgenerator

Allereerst wordt de route van de trucks bepaald. Er zijn 3 mogelijkheden:

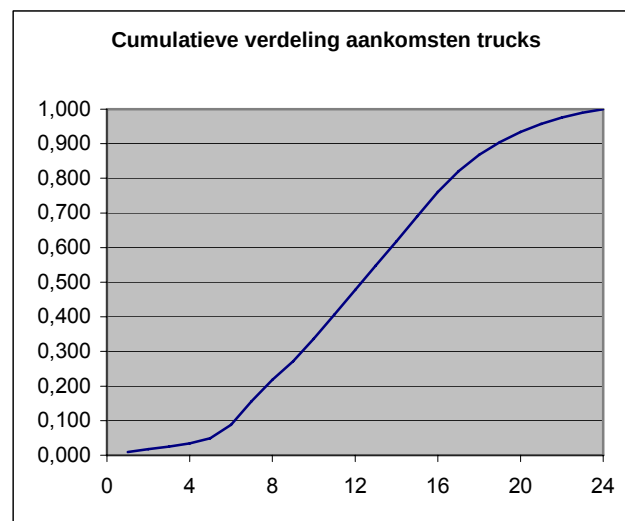
1. Een truck brengt alleen een container
2. Een truck brengt en haalt een container
3. Een truck haalt alleen een container

De gemiddelde lading van een retourtje van een truck is variabel (tussen 2,2 en 2,6 TEU per rondrit [16]). Aan de hand hiervan worden met behulp van de TEU-factor de kansen iteratief berekend, aannemende dat de kans dat een truck alleen haalt of alleen brengt even groot zijn.

Voor het genereren van de trucks wordt verder, zoals eerder verteld, rekening gehouden met de aankomstverdeling van de trucks. Onderstaande grafiek geeft een overzicht van de wegbezetting per uur op een gemiddelde werkdag.



Figuur 58: Wegbezetting op een gemiddelde werkdag [32]



Figuur 59: Cumulatieve aankomsten verdeling

Voor de simulatie is deze verdeling vereenvoudigd en opgesplitst in 6 periodes van 4 uur. De kansverdeling die hieruit volgt is te zien in de volgende tabel.

Tabel 56: Indeling tijdsperiodes

x	p(x)	P(x)
0000-0400	0,034	0,034
0400-0800	0,184	0,218
0800-1200	0,260	0,478
1200-1600	0,282	0,760
1600-2000	0,175	0,935
2000-2400	0,065	1

Het totale aantal trucks per dag kan worden bepaald aan de hand van het aantal containers per dag en de gemiddelde lading per rondrit van 1 truck. Vervolgens kan per tijdsvak volgens de kansverdeling worden bepaald hoeveel trucks er gegeneerd moeten worden. Dit aantal trucks wordt evenredig verdeeld over deze periode van 4 uur.

Process of the truck generator

```
percentage_halen = 0          (Dit is tevens het percentage_brengen)
start_iteration:
percentage_halen_brengen = (1-2*percentage_halen)
average_containers = (2*percentage_halen + 2*percentage_halen_brengen)
WHILE average_containers > (averageload_truck/TEU_factor)
    percentage_halen = percentage_halen + 0.01
    REPEAT FROM start_iteration
END
```

Start:

Trucks per day = $(2 \cdot \text{empty_transfercontainers}) + \text{capacity_transferium}) / (\text{days_per_year} * \text{average_containers} * \text{teu_factor})$

Trucks per 4 hour, according distribution

For each 4 hours:

WAIT (240 / trucks per 4 hour)

Create a new truck

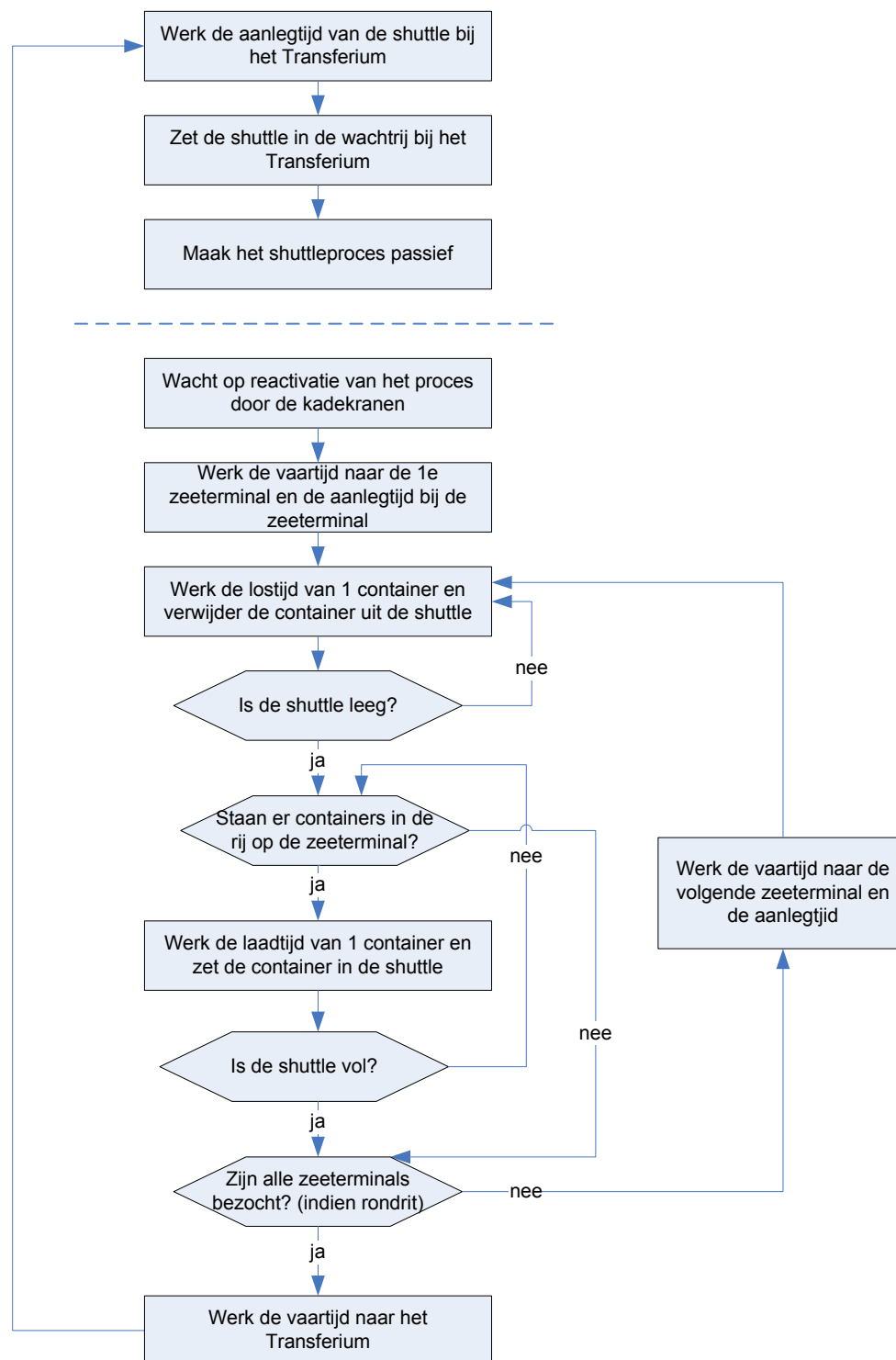
Sample the route of the truck (brengen, halen of brengen en halen)

ACTIVATE THIS truck in truckprocess

Repeat from start

D5: Procesbeschrijving van de shuttles

Elke shuttle die is gegenereerd begint aan zijn cyclus, die is beschreven in het shuttleproces. Onderstaand figuur geeft het shuttleproces schematisch weer, voor het geval de shuttles een rondrit varen. Bij de rondrit vaart elke shuttle langs alle zeeterminals (dus langs ECT, APMT en Euromax). Het proces van de shuttles in geval er een shuttle per terminal vaart is hetzelfde, alleen vaart elke shuttle naar één specifieke zeeterminal en daarna weer terug naar het Transferium.



Figuur 60: Het shuttleproces

De shuttle begint zijn cyclus bij aankomst bij het Transferium. Wat uit bovenstaand stroomdiagram opvalt, is dat een shuttle eerst aanlegt, voordat hij in de wachtrij wordt geplaatst. Dit houdt in dat de shuttle wacht aan de kade totdat er een kadekraan ter beschikking is om de shuttle te lossen en te laden. Dit proces is beschreven bij het proces van de kadekranen.

Het laden en lossen van de shuttle bij de zeeterminal is wel beschreven bij het shuttleproces. Dit komt omdat de zeeterminal zelf buiten de systeemgrenzen van de simulatie valt.

Process of a shuttle

Start:

Woke mooringtime

Enter arrival queue (bij het Transferium)

Passivate

Continue:

WORK traveling time shuttle to the terminal

WORK mooring time

Unloading shuttle at the terminal:

WORK (60 / crane capacity) MINUTES per container till shuttle is empty

Loading shuttle at the terminal:

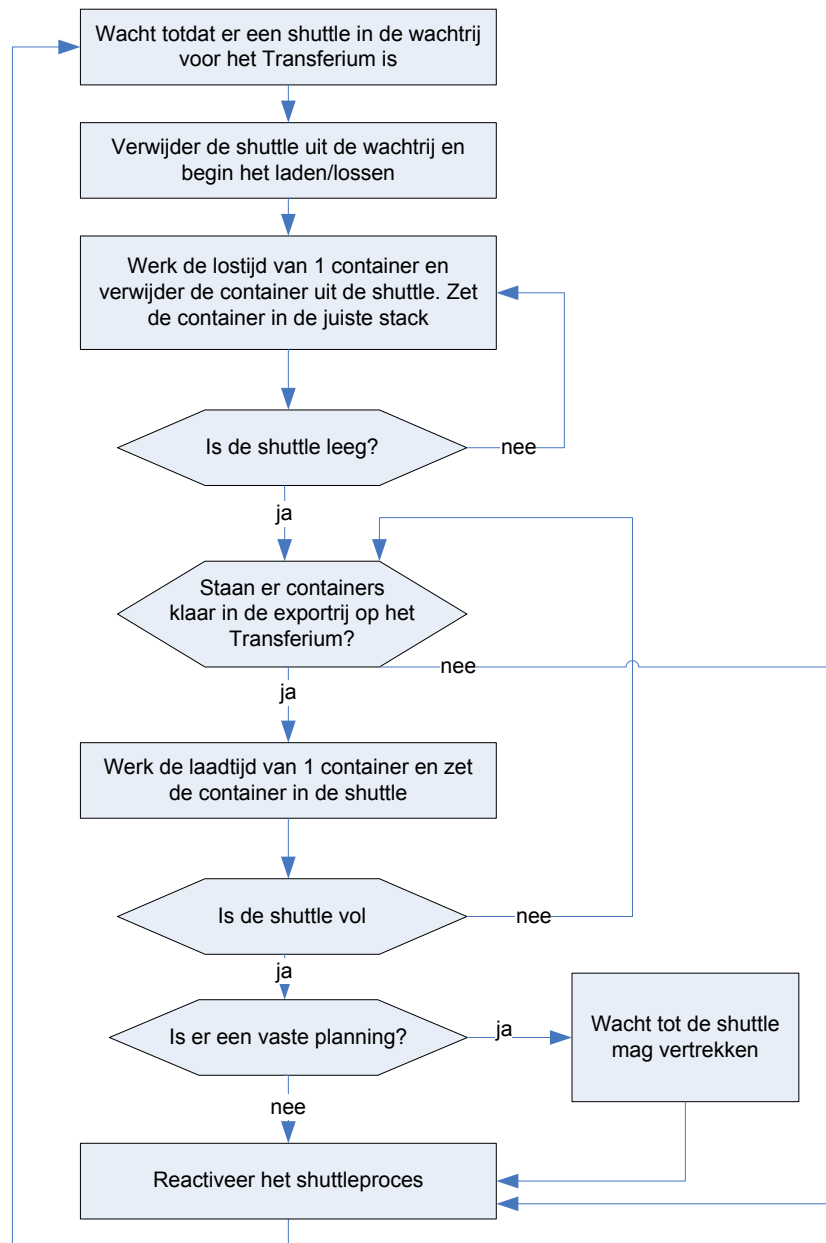
WORK (60 / crane capacity) MINUTES per container till the import container queue is empty or the maximum shuttle load is reached

WORK traveling time shuttle to the Transferium

Repeat from start

D6: Procesbeschrijving van de kadekranen

Bij het Transferium is een beperkt aantal kadekranen beschikbaar. Dit (variabel) aantal kadekranen is gecreëerd door het proces van MAIN.



Figuur 61: Beschrijving kadekranen op het Transferium

Zodra er een shuttle bij het Transferium arriveert en er is een kadekraan beschikbaar begint het laad-/ losproces.

Bij het lossen van de shuttles worden de containers in de goede stack gezet. Op het Transferium is een onderscheidt gemaakt tussen 2 verschillende stacks: Een stack voor volle containers en een stack voor lege containers.

Bij het laden van containers wordt gekeken of er containers klaar staan om opgehaald te worden. Containers die opgehaald kunnen worden staan klaar in de juiste exportrij op het Transferium (de

“queue export containers” in Figuur 38, of de “ect queue export”, “queue export apmt” of “queue export Euromax” in Figuur 39). Het laden/lossen van de shuttle is voltooid zodra de shuttle vol is, of zodra alle containers uit de export queue zijn geladen. Tenslotte wordt het proces van de desbetreffende shuttle opnieuw geactiveerd en begint het proces van de kadekraan weer opnieuw.

Als de shuttle volgens een vaste planning vaart, wacht de shuttle aan de kade totdat hij mag vertrekken. Elke shuttle heeft zijn eigen vertrektijden. De onderstaande matrix geeft aan hoe deze vertrektijden voor elke shuttle bepaald worden:

shuttle/# cycli	1	2	3	n
shuttle 1	0	ct (=cyclustijd)	$2 * ct$	$(n-1) * ct$
shuttle 2	$\frac{ct}{n_shuttles}$	$\frac{ct}{n_shuttles} + ct$	$\frac{ct}{n_shuttles} + 2 * ct$	$\frac{ct}{n_shuttles} + (n-1) * ct$
shuttle 3	$2 * \frac{ct}{n_shuttles}$	$2 * \frac{ct}{n_shuttles} + ct$	$2 * \frac{ct}{n_shuttles} + 2 * ct$	$2 * \frac{ct}{n_shuttles} + (n-1) * ct$

De gemiddelde cyclustijd van de shuttles gedeeld door het aantal shuttles geeft de onderlinge afstand van de shuttles aan. Onderstaande tabel geeft een voorbeeld voor het geval er 3 shuttles varen en de gemiddelde cyclustijd van de shuttles 600 minuten is:

Aantal cycli	0	1	2	3	etc
Shuttle 1	0	600	1200	1800	
Shuttle 2	200	800	1400	2000	
Shuttle 3	400	1000	1600	2200	

Te zien is dat de tussentijd van de shuttles op deze manier wordt gehandhaafd en er met een constante tussentijd van 200 minuten een shuttle bij het Transferium zal vertrekken.

De volgende opmerkingen met betrekking tot de cyclustijden van de shuttles:

- Elke shuttle heeft een eigen teller die het aantal cycli van de betreffende shuttle bijhoudt. Zo wordt de vroegste vertrektijd van de shuttle berekend, elke keer dat deze bij het Transferium aan de kade ligt. Indien de cyclustijd van de shuttles te klein wordt genomen is de vertrektijd van de shuttle al gepasseerd op het moment dat de shuttle bij het Transferium aankomt. De shuttle mag dus direct weer vertrekken. Voor de andere shuttles geldt ditzelfde. De shuttles zijn dus eigenlijk weer aan het “freestylen”. Dit dient bij de resultaten in de gaten gehouden te worden.
- Anderzijds, als de cyclustijd van de shuttles te groot wordt, kunnen de shuttles op een gegeven moment de containers niet meer volledig afhandelen, omdat de shuttles te lang

op het Transferium aan het wachten zijn voordat ze weer mogen vertrekken richting de zeeterminals.

De juiste cyclustijd van de shuttles wordt bepaald door te kijken naar de minimale cyclustijd, waarbij de shuttles netjes volgens de planning blijven varen.

Process of a quay crane of Transferium

Start:

WAIT WHILE shuttle_queue IS EMPTY

REMOVE FIRST shuttle FROM shuttle_queue (first in first out)

WORK mooring time of the shuttle

Unloading shuttle:

IF shuttle load IS NOT EMPTY,

REMOVE container FROM shuttle

JOIN container TO the right stack

WORK (60 / crane capacity)

ACTIVATE containerproces FROM startdwelltime

REPEAT FROM unloading shuttle

END

Loading shuttle:

IF exportrij IS NOT EMPTY

IF shuttle lading < shuttle capaciteit

REMOVE container FROM exportrij

JOIN container TO shuttle

WORK (60 / crane capacity)

ACTIVATE containerproces FROM startdwelltime

REPEAT FROM unloading shuttle

END

END

IF concept = "planning"

IF NOW < (vertrektijd shuttle)

WAIT ((vertrektijd shuttle)-NOW) MINUTES

END

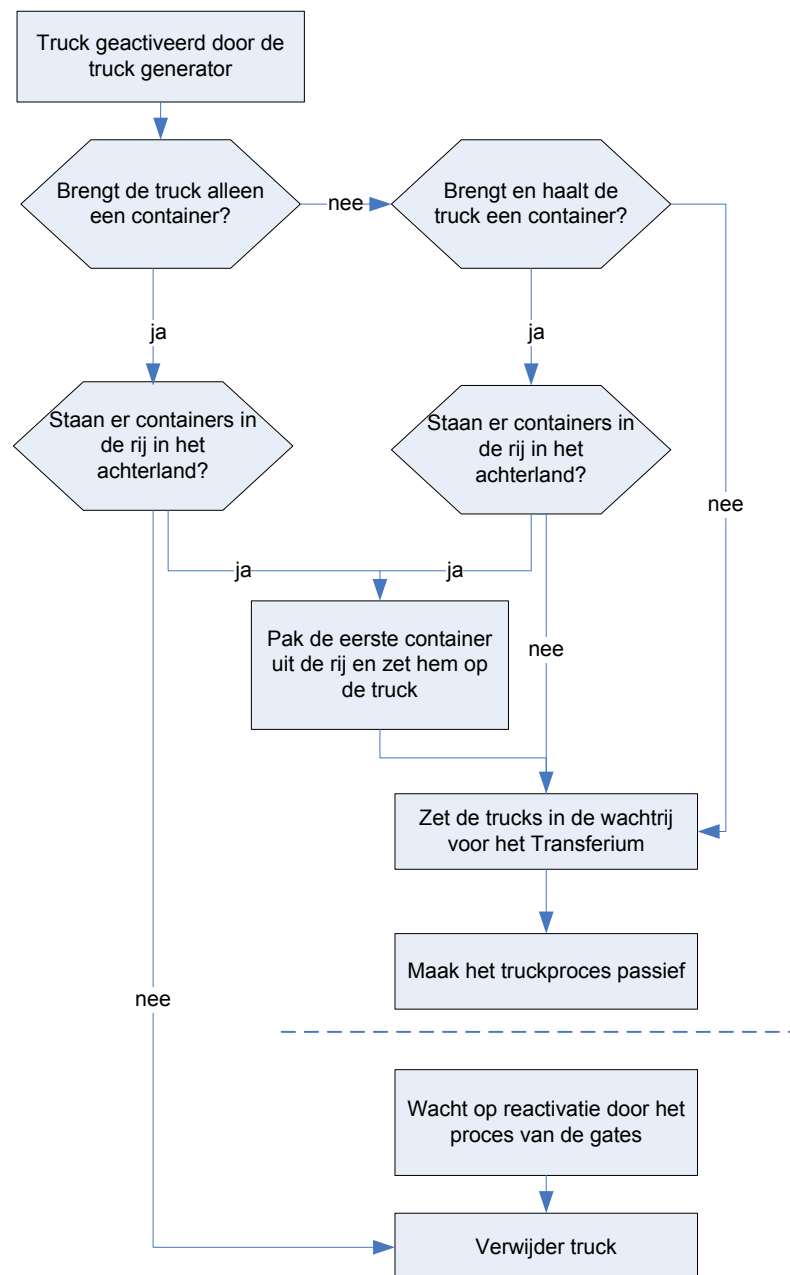
END

REACTIVATE shuttle IN shuttleproces

REPEAT FROM start

D7: Procesbeschrijving van de trucks

Elke nieuwe truck die is gegeneerd begint aan zijn proces. Afhankelijk van de route die de truck opgelegd heeft gekregen doorloopt hij zijn proces.



Figuur 62: Truckproces

Enkele toevoegingen op bovenstaand stroomdiagram:

Als een truck alleen een container komt brengen, maar er staat geen container klaar in de containerrij in het achterland ("queue hinterland" in Figuur 38 en Figuur 39), wordt de truck weer uit het systeem gehaald. Ditzelfde geldt voor trucks die een container komen halen terwijl er geen container klaar staat om gehaald te worden (deze containers staan in de importrij op het Transferium, ofwel de "queue importcontainers" in Figuur 38 en Figuur 39).

Containers die zijn opgehaald door de trucks verlaten samen met de truck het systeem.

Process of the trucks

Start:

@trucks die alleen een container brengen@

IF route of truck = "brengen"

REMOVE container FROM queue_hinterland

JOIN container TO truck load

ENTER queue_trucks

PASSIVATE

continuetruck1:

TERMINATE

END

@trucks die een container brengen en halen@

IF route of truck = "brengen_halen"

REMOVE container FROM queue_hinterland

JOIN container TO truck load

ENTER queue_trucks

PASSIVATE

Continuetruck2:

TERMINATE

END

@trucks die alleen een container halen@

IF route of truck = "halen"

ENTER queue_trucks

PASSIVATE

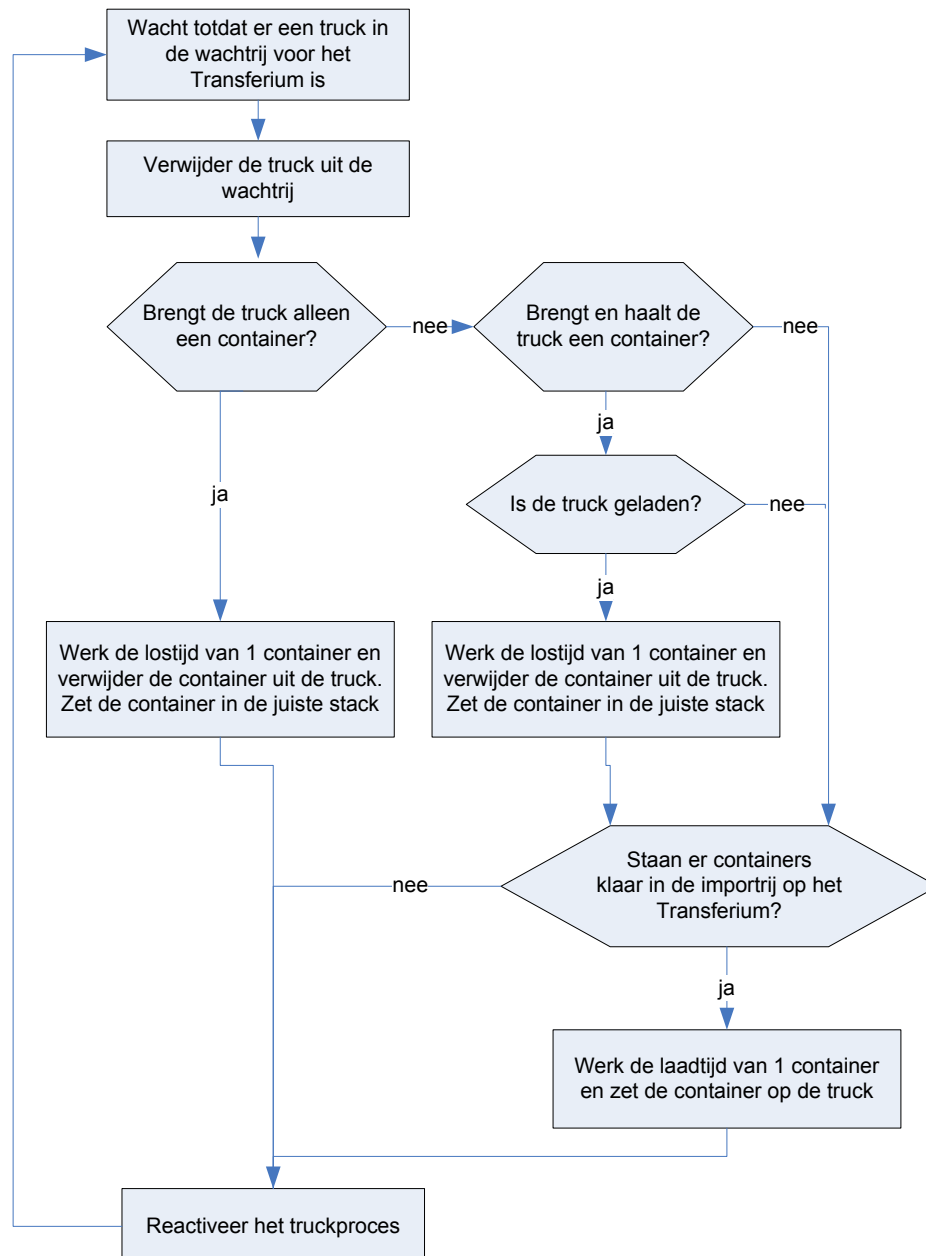
continuetruck3:

TERMINATE

END

D8: Procesbeschrijving van de landzijdige overslagpunten

Een landzijdig overslagpunt (in de simulatie een “gate” genoemd) is de locatie op het Transferium waar de trucks worden gelost en geladen. Het proces van de overslagpunten is vergelijkbaar met het proces van de kadekranen. Er is een bepaald aantal overslagpunten gegenereerd door MAIN.



Figuur 63: Proces bij de gates

Process of the gates for (un)loading the trucks

start:

```

WAIT WHILE queue_trucks is empty
REMOVE the first truck FROM queue_trucks

```

@trucks die alleen worden gelost@

```

IF the route of the truck = "brengen"

```

```

unloadingtruck1:

```

```

REMOVE container FROM truck load

```

```

IF the container = "leeg"

```

```
        JOIN TO tr_stack_empties
    ELSE
        JOIN TO tr_stack_fullcont
    END
    WORK (60/capacity_straddle)
    ACTIVATE containerprocess FROM startdwelltime
    REACTIVATE the truck FROM continuetruck1 IN truckprocess
END

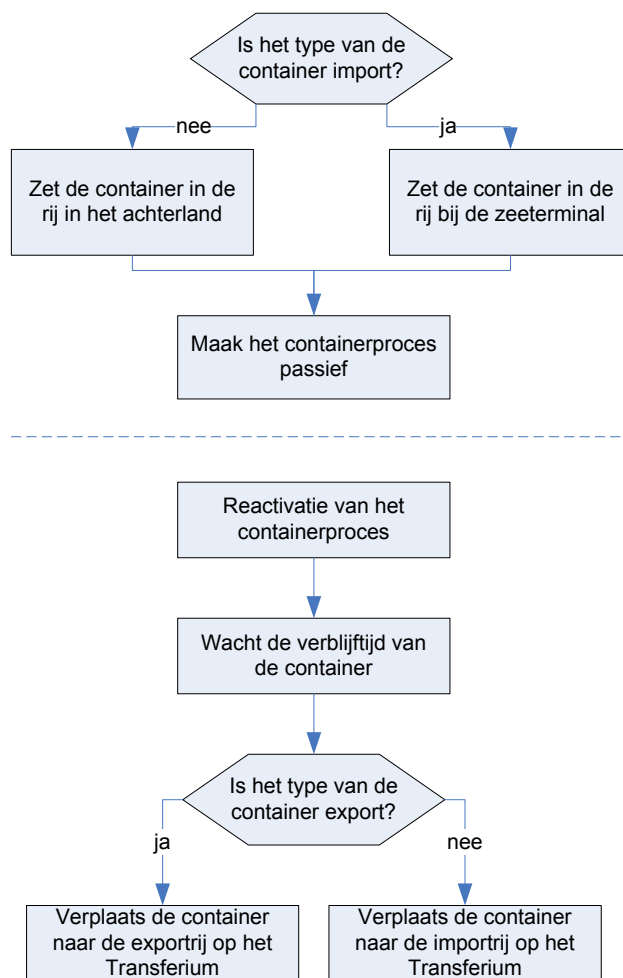
@trucks die worden gelost en weer worden geladen@
IF the route of the truck = "brengen_halen"
unloadingtruck2:
    REMOVE container FROM the truck load
    IF the container = "leeg"
        JOIN TO stack_empties
    ELSE
        JOIN TO stack_fullcontainers
    END
    WORK (60/capacity_straddle)
    ACTIVATE containerprocess FROM startdwelltime
END
loadingtruck2:
    JOIN the first container in queue_import TO truck
    REMOVE container FROM queue_import
    WORK (60/capacity_straddle)
    REACTIVATE the truck from continuetruck2 IN truckprocess
END

@trucks die alleen worden geladen@
IF the route of the truck = "halen"
loadingtruck3:
    JOIN the first container in queue_import TO truck
    REMOVE container FROM queue_import
    WORK (60/capacity_straddle)
    REACTIVATE the truck from continuetruck3 IN truckprocess
END
REPEAT FROM start
```

D9: Het containerproces

In principe zijn de containers passieve elementen die worden verplaatst door bijvoorbeeld de shuttles en de kadekranen. De containers zelf hebben slecht 2 taken:

1. Zorgen dat ze, zodra ze zijn gegenereerd, in de goede rij worden geplaatst.
2. Elke container houdt zijn eigen verblijftijd in het systeem bij. De container is zo in staat aan te geven wanneer hij opgehaald kan worden. In het model gebeurt dit doordat de container zichzelf uit de stack haalt en klaar zet in de import- of exportrij op het Transferium. De trucks en shuttles halen hun lading uit deze wachtrijen.



Figuur 64: Containerproces

Process of the containers

Start:

IF cont_type OF THIS container = "import"

JOIN THIS container TO queue_ect/ queue_apmt / queue_euromax

ELSE

JOIN THIS container TO queue_hinterland

END

PASSIVATE

Startdwelltime:

WAIT dwelltime OF THIS container

REMOVE THIS container FROM stack

JOIN THIS container TO queue_import / queue_export

TERMINATE

D10: De input

Onderstaand figuur laat het inputbestand zien waar de simulatie zijn gegevens uit haalt.

<pre> @-----@ @ Input gegevens simulatie Transferium @ @-----@ </pre>				
@ wat voor concept? rondrit of perterminal	= @ rondrit			
@ wat voor organisatie? planning of freestyle?	= @ planning			
@ Aantal kranen transferium	= @ 2			
@ Totaal aantal shuttles	= @ 5			
@ kraancapaciteit Transferium in moves per uur	= @ 20			
@ kraancapaciteit zeeterminal in moves per uur	= @ 20			
@ TEU factor	= @ 1.65			
@ afstand transferium - zeeterminals (rondrit) in km	= @ 55			
@ onderlinge afstand zeeterminals in km	= @ 3			
@ gemiddelde afstand transferium - zeeterminal (per terminal) in km	= @ 55			
@ operationele dagen per jaar	= @ 362			
@ capaciteit Transferium in TEU	= @ 200000			
@ percentage importcontainers /100	= @ 0.516			
@ percentage lege exportcontainers op shuttles /100	= @ 0.203			
@ percentage lege importcontainers op shuttles /100	= @ 0.208			
@ gemiddeld aantal TEU op een retourtje van een vrachtwagen	= @ 2.4			
@ Gemiddelde afhandelsnelheid bij de gates (containers/uur)	= @ 8			
@ Aantal gates voor trucks op het Transferium	= @ 5			
@ gemiddelde cyclustijd van de shuttles in minuten (voor de rondrit)	= @ 790			
@ gemiddelde cyclustijd van de ect-shuttles	= @ 1840			
@ gemiddelde cyclustijd van de apmt-shuttles	= @ 720			
@ gemiddelde cyclustijd van de euromax-shuttles	= @ 740			
@ percentage containers ECT /100	= @ 0.555			
@ percentage containers APMT /100	= @ 0.202			
@ percentage containers Euromax /100	= @ 0.243			
@shuttle naam	vaarsnelheid shuttle	Capaciteit	Aanlegtijd	Zeeterminal@
@	(km/h)	(TEU)	(minuten)	@
A_shuttle	15	32	20	ect
B_shuttle	15	32	20	apmt
C_shuttle	15	32	20	euromax
D_shuttle	15	32	20	euromax
E_shuttle	15	32	20	euromax
F_shuttle	15	32	20	euromax
G_shuttle	15	32	20	ect
H_shuttle	15	32	20	ect
I_shuttle	15	32	20	ect
J_shuttle	15	32	20	ect

Figuur 65: Overzicht inputgegevens

Bijlage E: Overzicht simulatieruns

Overzicht bijlagen:

Bijlage A: Scheepsafmetingen en laadcapaciteit

Bijlage B: Kosten binnenvaart

Bijlage C: Rekenmodel analyse varianten

Bijlage D: Procesbeschrijving van de componenten

Bijlage E: Overzicht simulatieruns

Bijlage F: Resultaten simulatieruns

Bijlage G: Kostenberekeningen Transferium

Tabel 57: Simulatieruns voor de "rondrit"-concepten

Situatie 1		
kleine shuttles,	Capaciteit shuttles	32 TEU
langzame afwikkeling	Kraancapaciteit Transferium	20 Moves/uur
	Capaciteit bij de landzijdige overslagpunten	8 Moves/uur
Situatie 2		
kleine shuttles,	Capaciteit shuttles	32 TEU
snelle afwikkeling	Kraancapaciteit Transferium	25 Moves/uur
	Capaciteit bij de landzijdige overslagpunten	10 Moves/uur
Situatie 3		
medium shuttles,	Capaciteit shuttles	48 TEU
langzame afwikkeling	Kraancapaciteit Transferium	20 Moves/uur
	Capaciteit bij de landzijdige overslagpunten	8 Moves/uur
Situatie 4		
medium shuttles,	Capaciteit shuttles	48 TEU
snelle afwikkeling	Kraancapaciteit Transferium	25 Moves/uur
	Capaciteit bij de landzijdige overslagpunten	10 Moves/uur
Situatie 5		
grote shuttles,	Capaciteit shuttles	99 TEU
langzame afwikkeling	Kraancapaciteit Transferium	20 Moves/uur
	Capaciteit bij de landzijdige overslagpunten	8 Moves/uur
Situatie 6		
grote shuttles,	Capaciteit shuttles	99 TEU
snelle afwikkeling	Kraancapaciteit Transferium	25 Moves/uur
	Capaciteit bij de landzijdige overslagpunten	10 Moves/uur

Bijlage F: Resultaten simulatieruns

Overzicht bijlagen:

Bijlage A: Scheepsafmetingen en laadcapaciteit

Bijlage B: Kosten binnenvaart

Bijlage C: Rekenmodel analyse varianten

Bijlage D: Procesbeschrijving van de componenten

Bijlage E: Overzicht simulatieruns

Bijlage F: Resultaten simulatieruns

F1: Resultaten verificatieruns

F2: Resultaten “rondrit + freestyle”-concept

F3: Resultaten “rondrit + planning”-concept

Bijlage G: Kostenberekeningen Transferium

In deze bijlage zijn de uitwerkingen van enkele situaties te zien. De aanpak voor alle verschillende situaties is hetzelfde, namelijk zoals is beschreven in paragraaf 8.5.1.

Omdat deze aanpak hetzelfde is voor de verschillende situaties zijn slechts twee situaties volledig uitgewerkt:

- De situatie van het “rondrit en freestyle”-concept, waarbij gevaren wordt met kleine shuttles en er een relatief langzame afwikkeling is.
- De situatie van het “rondrit en planning”-concept, waarbij gevaren wordt met kleine shuttles en er een relatief langzame afwikkeling is.

Van de overige situaties zijn slechts de resultaten gegeven.

Alle grafieken in deze bijlage hebben de volgende assen:

Horizontaal staat de tijd in minuten en vertikaal staat het aantal, dus bijvoorbeeld het aantal containers of het aantal shuttles.

F1: Resultaten validatieruns

Onderstaande tabel geeft het resultaat van enkele runs die de containerbalans controleren. Het geeft aan waar de containers zich in het systeem bevinden, hoeveel containers al door het systeem heen zijn gegaan en hoeveel containers er in totaal zijn gegenereerd. Het aantal containers in het systeem plus het aantal containers dat het systeem al heeft verlaten moet even groot zijn als het aantal gegenereerde containers.

Tabel 58: Resultaten verificatieruns

	Freestyle en rondrit Na 16535,9 minuten	Planning en rondrit Na 13448,4 minuten	Freestyle en per terminal Na 13680 minuten	Planning en per terminal Na 12441 minuten
Totaal aantal containers in het systeem	3052	2824	2775	2602
Aantal containers op de zeeterminals	79	10	41	18
Aantal containers op de shuttles	33	59	41	64
Aantal containers op het Transferium	2819	2588	2576	2482
Aantal containers op de trucks	0	1	1	0
Aantal containers in het achterland	121	166	116	38
Aantal containers die het systeem hebben verlaten	1597	1010	1087	889
Aantal gegenereerde containers	4649	3834	3862	3491
Balans	0	0	0	0

Uit de bovenstaande resultaten blijkt deze balans voor de verschillende situaties te kloppen.

F2: Resultaten “rondrit + freestyle”-concept

Hieronder volgen de resultaten voor verschillende situaties indien de shuttles een rondrit varen en de shuttles niet volgens een vaste planning varen. Per situatie zijn verschillende runs uitgevoerd om op deze manier tot de gewenste resultaten te komen.

Situatie 1: Kleine shuttles, langzame afwikkeling

In deze situatie geldt de volgende input:

Capaciteit shuttles	32 TEU
Kraancapaciteit Transferium	20 moves/uur
Capaciteit bij de landzijdige overslagpunten	8 moves/uur

In de eerste runs zal het minimaal vereiste aantal gates worden bepaald. Om dit te bepalen zal de afwikkeling van de rest van het systeem goed moeten functioneren.

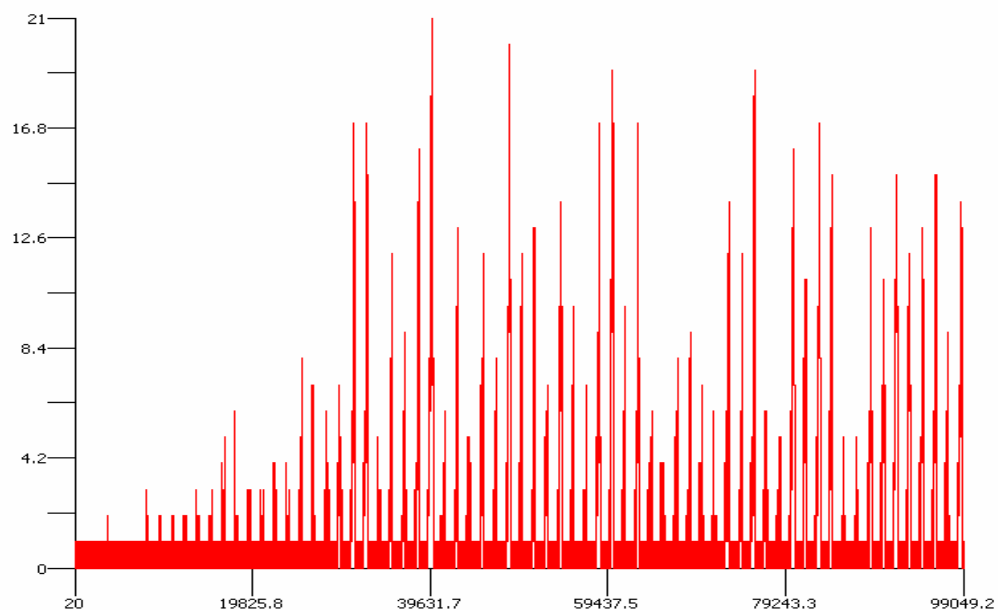
Run 1: Bepaling aantal landzijdige overslagpunten

De overige input voor deze run is als volgt:

Aantal shuttles	8
Aantal ligplaatsen	8
Aantal landzijdige overslagpunten	4

Het aantal shuttles is ruim voldoende om de containerstroom goed af te kunnen wikkelen. Om te zorgen dat de shuttles bij het Transferium nooit hoeven te wachten zijn er evenveel ligplaatsen als shuttles gekozen.

Onderstaande grafiek geeft het resultaat van deze run en geeft het aantal trucks weer die zich in de wachtrij voor het Transferium bevinden (nogmaals: op de horizontale as staat de tijd in minuten en op de verticale as staat het aantal dat zich in de betreffende rij bevindt).



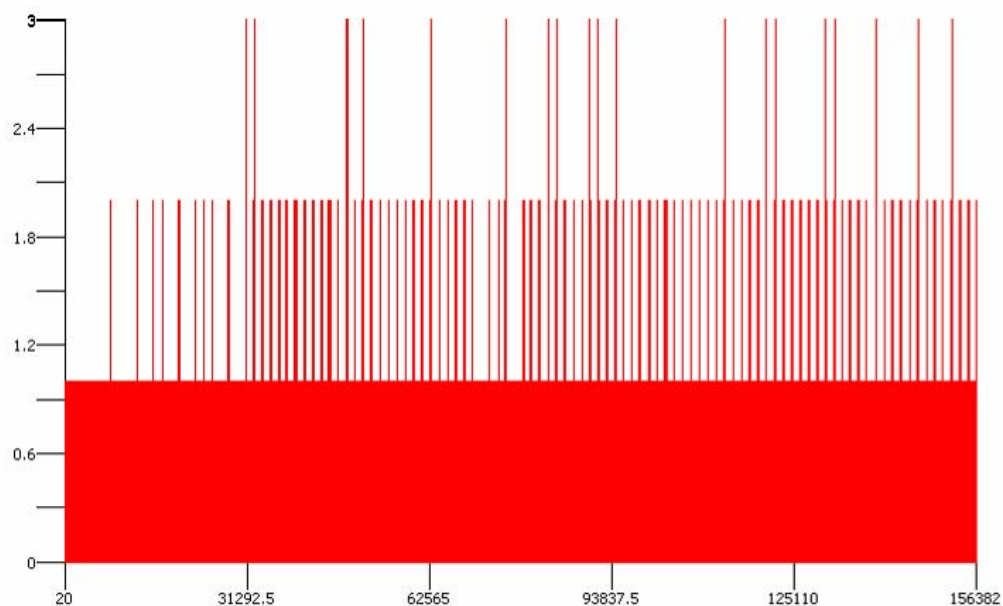
Figuur 66: Aantal trucks in de wachtrij voor het Transferium

In deze grafiek is te zien dat het aantal trucks in de wachtrij erg ver kan oplopen. Dit is uiteraard onwenselijk en dus voldoen de 4 overslagpunten niet.

Run 2: Bepaling aantal landzijdige overslagpunten

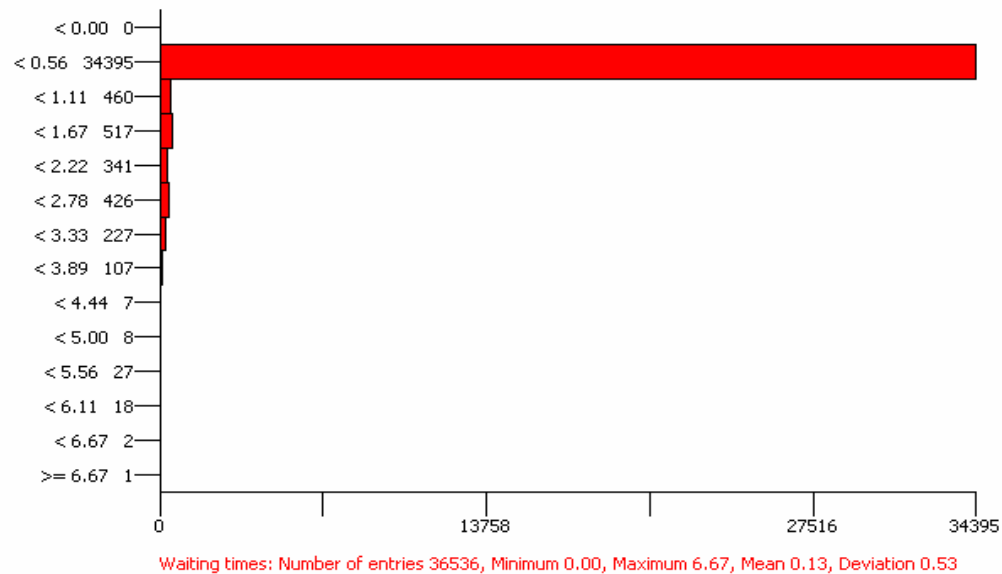
Deze run is hetzelfde als vorige run met als verschil dat er op het Transferium een extra overslagpunt is.

Aantal shuttles	8
Aantal ligplaatsen	8
Aantal landzijdige overslagpunten	5



Figuur 67: Aantal trucks in de wachtrij voor het Transferium

Uit deze grafiek blijkt dat het aantal trucks in de wachtrij maximaal 3 is. Onderstaand figuur geeft de verblijftijden van de trucks in de wachtrij.



Figuur 68: Verblijftijden van de trucks in de wachtrij

De gemiddelde wachttijd is zeer klein (namelijk 0,13 minuten). Dit is acceptabel en 5 overslagpunten voldoet.

Nu het aantal landzijdige overslagpunten bekend is wordt gekeken naar het aantal shuttles dat minimaal vereist is van een goede afwikkeling van de containers.

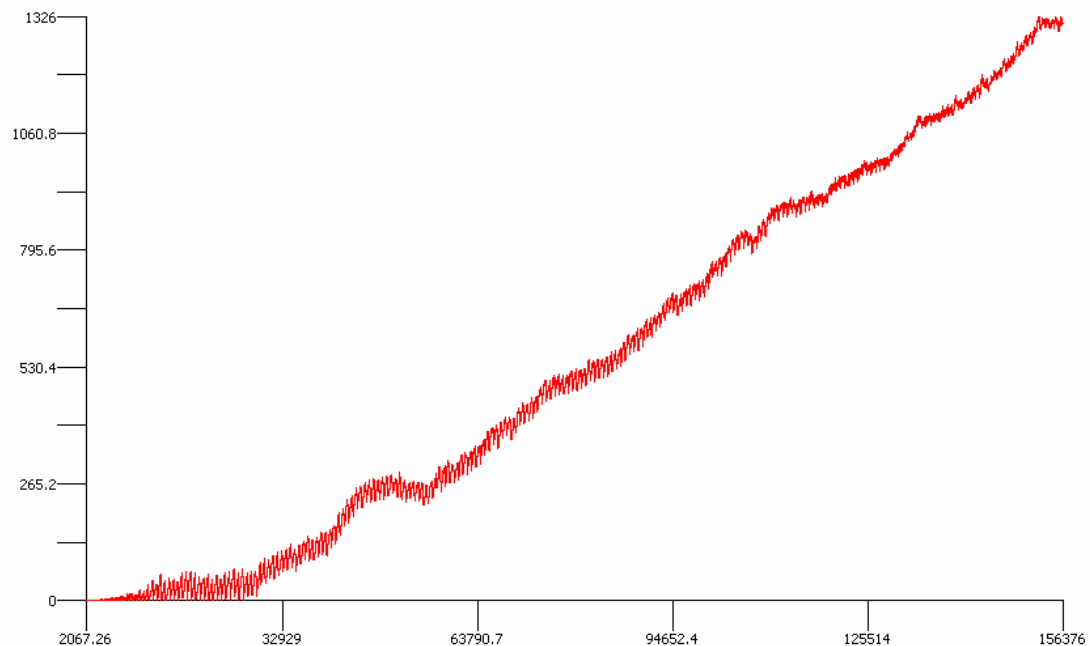
Run 3: Bepaling aantal shuttles

Input:

Aantal shuttles	4
Aantal ligplaatsen	4
Aantal landzijdige overslagpunten	5

Het aantal landzijdige overslagpunten is bij deze input nog steeds gelijk aan het aantal shuttles. Hierdoor kan, in het geval dat de afwikkeling van de containers niet naar wens verloopt, het niet aan de afwikkeling aan de kades liggen, maar zal het aan het aantal shuttles liggen.

De volgende grafiek geeft het aantal containers weer die zich in de exportrij op het Transferium bevinden. Deze containers staan dus klaar om opgehaald te worden door de shuttles.



Figuur 69: Aantal containers in de exportrij op het Transferium

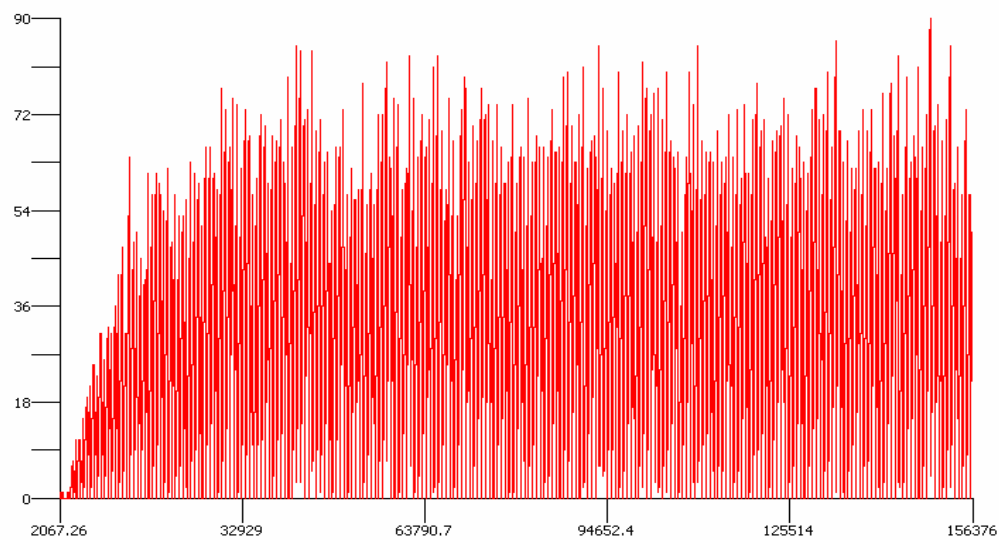
Uit deze grafiek blijkt dat het aantal shuttles in dit geval ontoereikend is, omdat de shuttles de containers niet kunnen verwerken.

Run 4: Bepaling aantal shuttles

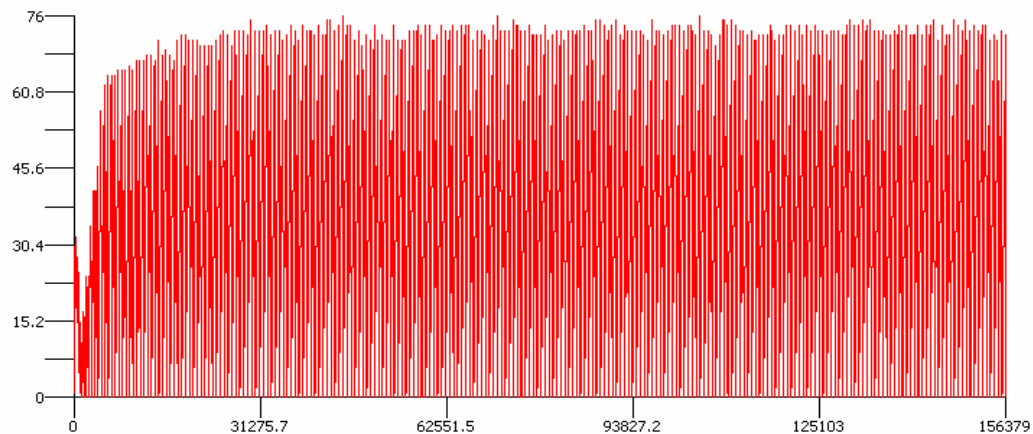
Input:

Aantal shuttles	5
Aantal ligplaatsen	5
Aantal landzijdige overslagpunten	5

Bij deze run vaart er een extra shuttle ten opzichte van de vorige run.



Figuur 70: Aantal containers in de exportrij op het Transferium



Figuur 71: Aantal containers in de rij op de zeeterminals

Zoals te zien is worden beide rijen containers niet groter dan een bepaalde waarde. Dit betekent dus dat de shuttles het aantal containers dat klaar staat om vervoerd te worden volledig kan afwikkelen. Er zijn dus 5 shuttles nodig met een capaciteit van 32 TEU.

Run 5: Bepaling aantal ligplaatsen op het Transferium

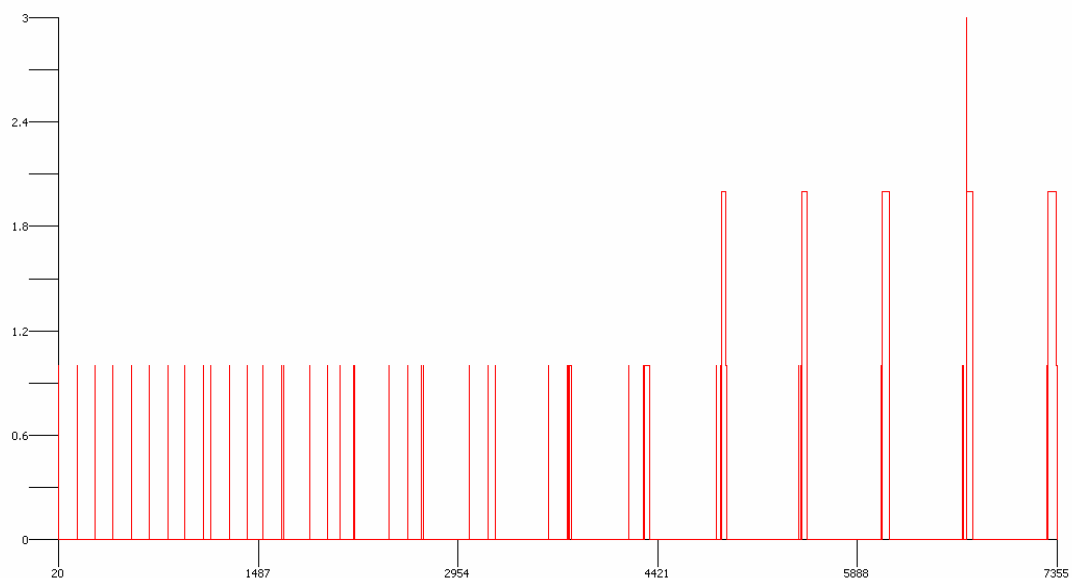
Nu ook het aantal shuttles bekend is kan gekeken worden hoeveel ligplaatsen er op het Transferium nodig zijn.

Aantal shuttles	5
Aantal ligplaatsen	3
Aantal landzijdige overslagpunten	5



Figuur 72: Aantal shuttles in de wachtrij voor het Transferium

Wat in deze grafiek opmerkelijk is, is dat er een aantal keren 3 of 4 shuttles in de wachtrij voorkomt. Dit zou niet moeten kunnen, omdat er 5 shuttles zijn en 3 aanlegplaatsen. Het maximale aantal shuttles zou dus 2 moeten zijn. Echter, elke shuttle die aankomt bij het Transferium wordt even in de wachtrij geplaatst. Als er vervolgens een wachtplaats vrij is zal de shuttle direct doorgaan naar de kadekranen. De volgende grafiek geeft een beter zicht op het eerste deel van dezelfde simulatie:



Figuur 73: Aantal shuttles in de wachtrij bij het Transferium

In deze grafiek is te zien dat in het begin van de simulatie de aankomsten van de shuttles netjes verspreid zijn en er 1 shuttle per keer aankomt bij het Transferium, in de wachtrij geplaatst wordt en direct er weer uitgehaald wordt, omdat er een kadeplaats beschikbaar is. Echter, na verloop van tijd komen de shuttles steeds meer tegelijkertijd aan. Dit verklaart dat er op sommige

momenten 4 shuttles in de wachtrij worden geplaatst: Enkele shuttles varen precies met elkaar de route tussen de zeeterminal en het Transferium. Ditzelfde is te zien in de grafiek die het aantal shuttles weergeeft die bij de zeeterminal in behandeling zijn:



Figuur 74: Het aantal shuttles bij de zeeterminals

Uiteindelijk varen alle shuttles dus bij elkaar. De verklaring voor deze ophoping van de shuttles ligt in de overcapaciteit die de shuttles samen hebben. Dit wordt toegelicht met behulp van het volgende voorbeeld:

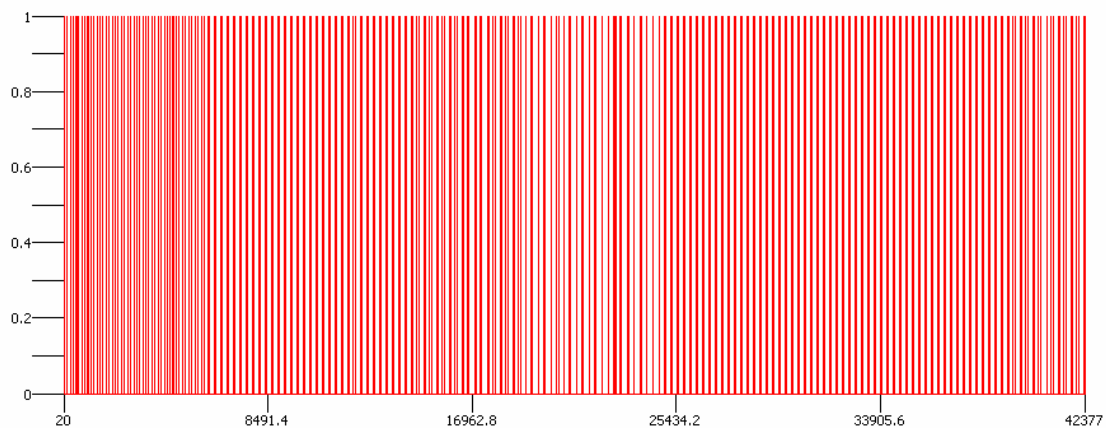
De voorste shuttles wordt volledig geladen voordat hij vertrekt richting hetzij de zeeterminal, hetzij het Transferium. Vervolgens komt de tweede shuttle aan. De rij containers is echter te overzien, de shuttle neemt mee wat er nog klaar staat en vertrekt ook weer. Voor de derde shuttle geldt ditzelfde, echter, met nog minder containers die geladen kunnen worden. Hierdoor komen de shuttles steeds dichter bij elkaar te varen.

Run 6: Controle overcapaciteit shuttles

Als controle of de overcapaciteit van de shuttles de oorzaak is van de ophoping wordt in deze run gekeken hoe het systeem functioneert indien met te kleine shuttles wordt gevaren, die de stroom containers niet volledig kunnen afhandelen. De input is wederom:

Aantal shuttles	5
Aantal ligplaatsen	3
Aantal landzijdige overslagpunten	5

De shuttles hebben nu echter een capaciteit van slechts 6 TEU.



Figuur 75: Het aantal shuttles in de wachtrij bij het Transferium

Omdat elke shuttle nu volledig geladen kan worden hebben alle shuttles dezelfde servicetijd bij de zeeterminal en bij het Transferium. Hierdoor blijven ze netjes uit elkaar varen en is dit een kleinere belasting voor de zeeterminal en het Transferium. Dit is te zien in Figuur 75. De overcapaciteit is dus inderdaad de oorzaak van de ophoping van de shuttles.

Figuur 76 geeft de verblijftijden van de shuttles in de wachtrij bij het Transferium weer. De maximale wachttijd van de shuttles was 0 minuten. Geen enkele shuttle heeft dus moeten wachten bij het Transferium, en in deze simulatie waren er dus ruim voldoende ligplaatsen bij het Transferium.



Figuur 76: Gemiddelde verblijftijden van de shuttles in de wachtrij bij het Transferium

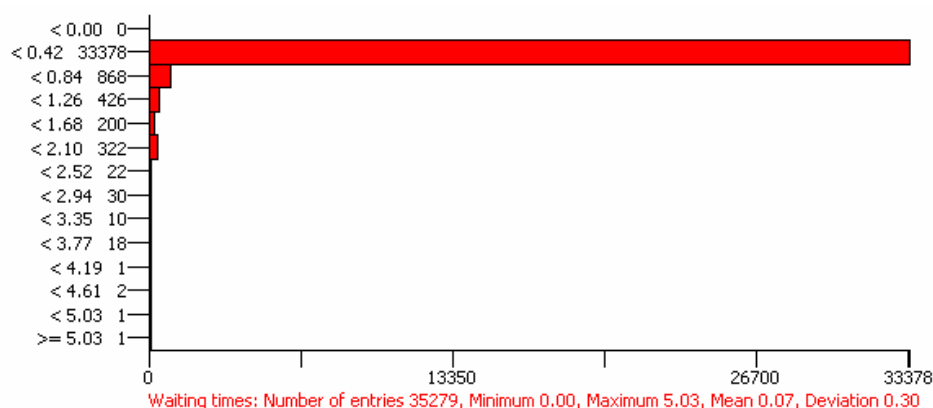
Aangezien bij de runs van deze situatie al duidelijk is dat bij het “freestylen” van de shuttles de shuttles bij elkaar komen te varen, zullen de overige situaties die uitgaan van “freestylen” van de shuttles slechts kort worden behandeld. Slechts enkele output die deze runs opleveren is interessant voor vervolgruns, zoals het aantal shuttles en de gemiddelde cyclustijd van deze shuttles.

Voor de situatie van kleine shuttles met een langzame afwikkeling is het aantal benodigde shuttles, zoals eerder is aangetoond, gelijk aan 5. De shuttles hebben een gemiddelde cyclustijd van 743 minuten.

Situatie 2: Kleine shuttles, snelle afwikkeling

Capaciteit shuttles	32 TEU
Kraan capaciteit Transferium	25 moves/uur
Capaciteit bij de landzijdige overslagpunten	10 moves/uur

Onderstaande grafiek geeft het de gemiddelde verblijftijd weer van de trucks in de rij voor het Transferium.



Figuur 77: Verblijftijden van de trucks in de wachtrij

Hieruit volgt dat dankzij de snelle overslagcapaciteit van de landzijdige overslagpunten, een Transferium met 4 landzijdige overslagpunten voldoet. Het vereiste aantal shuttles en ligplaatsen blijft onveranderd. De gemiddelde cyclustijd van de shuttles is enkele minuten korter en is 717 minuten.

Situatie 3: Medium shuttles, langzame afwikkeling

Capaciteit shuttles	48 TEU
Kraan capaciteit Transferium	20 moves/uur
Capaciteit bij de landzijdige overslagpunten	8 moves/uur

Voor de afwikkeling aan de landzijdige overslagpunten hebben de grotere shuttles geen effect. Een landzijdige overslagcapaciteit van 8 moves/uur vraagt dus om 5 overslagpunten.

Voor het aantal shuttles wordt wederom gekeken of het gekozen aantal in staat is de containerstroom volledig af te handelen. Hieruit volgt dat 4 shuttles met een capaciteit van 48 TEU voldoen.

De gemiddelde cyclustijd van de shuttles is 840 minuten

Situatie 4: Medium shuttles, snelle afwikkeling

Capaciteit shuttles	48 TEU
Kraancapaciteit Transferium	25 moves/uur
Capaciteit bij de landzijdige overslagpunten	10 moves/uur

Idem als situatie 2: Dankzij een grotere landzijdige overslagcapaciteit is er een overslagpunt minder nodig en volstaat het Transferium met 4 landzijdige overslagpunten. Het aantal benodigde shuttles blijft onveranderd ten opzichte van situatie 3. De gemiddelde cyclustijd van de shuttles is 779 minuten

Situatie 5: Grote shuttles, langzame afwikkeling

Capaciteit shuttles	99 TEU
Kraancapaciteit Transferium	20 moves/uur
Capaciteit bij de landzijdige overslagpunten	8 moves/uur

In geval er met shuttles met een capaciteit van 99 TEU gevaren wordt zijn er 3 shuttles nodig. Ze hebben een gemiddelde cyclustijd van ongeveer 982 minuten. Het aantal landzijdige overslagpunten bedraagt 5.

Situatie 6: Grote shuttles, snelle afwikkeling

Capaciteit shuttles	99 TEU
Kraancapaciteit Transferium	25 moves/uur
Capaciteit bij de landzijdige overslagpunten	10 moves/uur

Wederom zijn er 3 shuttles nodig en 4 landzijdige overslagpunten. De gemiddelde cyclustijd van de shuttles is iets korter en is ongeveer 910 minuten.

F3: Resultaten “rondrit + planning”-concept

Situatie 1: Kleine shuttles, langzame afwikkeling

In deze situatie geldt de volgende input:

capaciteit shuttles	32 TEU
Kraan capaciteit Transferium	20 moves/uur
Capaciteit bij de gates	8 moves/uur

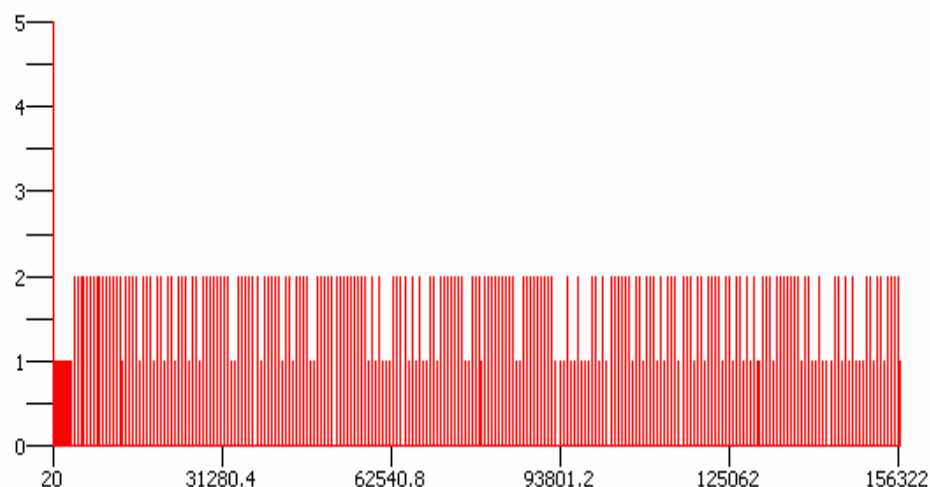
Net als bij het “freestylen” van de shuttles zijn er 5 shuttles en 5 landzijdige overslagpunten vereist.

Run 1: Bepaling cyclustijd van de shuttles

De cyclustijden van de shuttles moeten dusdanig groot worden gekozen dat de shuttles volgens planning blijven varen, en niet achter komen te varen op de planning, omdat in dat geval de shuttles weer gaan “freestylen” (dit is verder beschreven bij de procesbeschrijving van de shuttles in bijlage D). Gecontroleerd kan worden of de shuttles netjes uit elkaar blijven varen door naar de belasting van de zeeterminals te kijken en te kijken hoeveel shuttles er bij het Transferium aankomen. Indien er evenveel wachtplaatsen zijn als shuttles mag er nooit meer dan 1 shuttle in de wachtrij zijn.

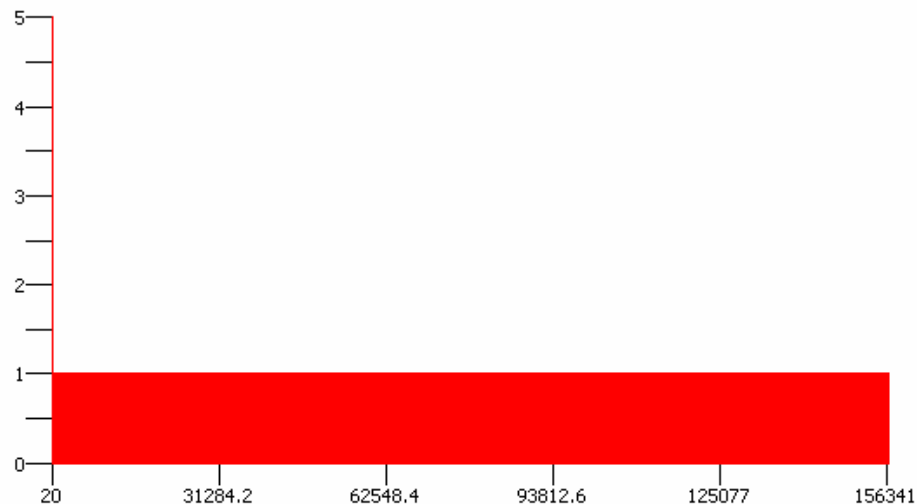
Input:

Aantal shuttles	5
Aantal ligplaatsen	5
Aantal gates	5



Figuur 78: Aantal shuttles in de wachtrij bij het Transferium (cyclustijd = 700 minuten)

In bovenstaand figuur is te zien dat bij een cyclustijd van 700 minuten er geregeld 2 shuttles bij elkaar varen. De planning is dus te krap. Volgend figuur geeft wederom het aantal shuttles in de wachtrij, alleen nu met een cyclustijd van 790 minuten.

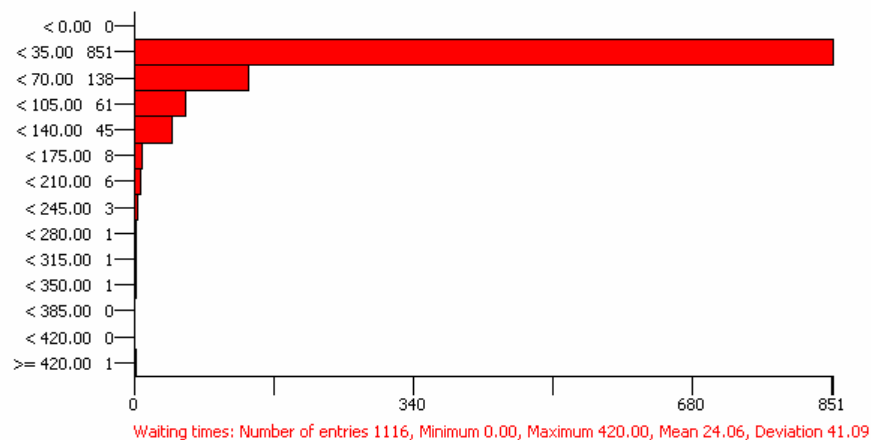


Figuur 79: Aantal shuttles in de wachtrij bij het Transferium (cyclustijd = 790 minuten)

In dit geval zijn er nooit 2 shuttles die precies bij elkaar varen. De planning bij een cyclustijd van 790 minuten voldoet.

Run 2: Bepaling aantal ligplaatsen op het Transferium

Aantal shuttles	5
Aantal ligplaatsen	1
Aantal gates	5

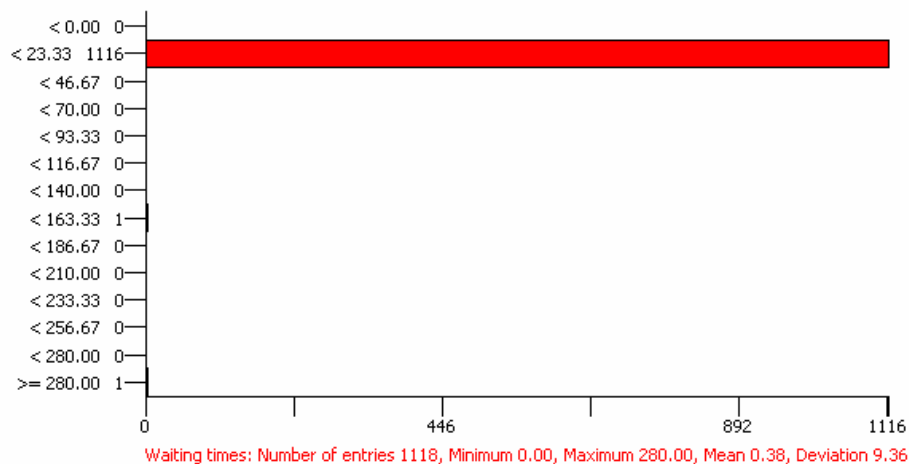


Figuur 80: De verblijftijden van de shuttles in de wachtrij voor het Transferium

De shuttles hebben, indien er slechts 1 ligplaats is op het Transferium, een gemiddelde verblijftijd van ongeveer 24 minuten in de wachtrij van het Transferium. Een groot aantal shuttles heeft een wachttijd van meer dan 1 uur. Dit is onacceptabel en dus zal er een extra ligplaats vereist zijn.

Run 3: Bepaling aantal ligplaatsen op het Transferium

Aantal shuttles	5
Aantal ligplaatsen	2
Aantal gates	5



Figuur 81: De verblijftijden van de shuttles in de wachtrij voor het Transferium

De shuttles hoeven vrijwel nooit op het Transferium te wachten in geval er 2 ligplaatsen zijn. Dit voldoet dus. De volgende output wordt verkregen voor deze situatie:

Vereist aantal shuttles	5	(-)
Vereist aantal ligplaatsen	2	(-)
Vereist aantal landzijdige overslagpunten	5	(-)
Het maximaal aantal containers in de stack volle containers	1.553	(-)
Het maximaal aantal containers in de stack lege containers	2.286	(-)
Het maximaal aantal containers op het hele Transferium	3.783	(-)
De gemiddelde bezettingsgraad van de shuttles	0,91	(-)
De gemiddelde bezettingsgraad van de kades	0,45	(-)
De gemiddelde cyclustijd van de shuttles	790	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van exportcontainers	12.668	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van importcontainers	10.639	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van transfercontainers	24.545	(minuten)
Gemiddelde verblijftijd van containers in de exportrij op het Transferium	84,42	(minuten)
Totaal aantal containers in de exportrij op het Transferium	16.233	(-)
Aantal exportcontainers dat op de volgende shuttle moet wachten	3.247	(-)
Gemiddelde vaar- en aanlegtijd van de shuttles per cyclus	544	(minuten)
Gemiddelde servicetijd van de shuttles per cyclus	246	(minuten)

Situatie 2: Kleine shuttles, snelle afwikkeling

capaciteit shuttles	32 TEU
Kraan capaciteit Transferium	25 moves/uur
Capaciteit bij de gates	10 moves/uur

Het aantal ligplaatsen is hetzelfde als voor een tragere overslag. De reden is te zoeken in de overcapaciteit van de shuttles en het feit dat de shuttles volgens een vaste planning varen. Hierdoor hoeven de kadekranen niet op volle kracht te werken en leidt de grotere overslagsnelheid niet tot minder ligplaatsen. Dit levert de volgende output:

Vereist aantal shuttles	5	(-)
Vereist aantal ligplaatsen	2	(-)
Vereist aantal landzijdige overslagpunten	4	(-)
Het maximaal aantal containers in de stack volle containers	1.547	(-)
Het maximaal aantal containers in de stack lege containers	2.281	(-)
Het maximaal aantal containers op het hele Transferium	3.785	(-)
De gemiddelde bezettingsgraad van de shuttles	0,88	(-)
De gemiddelde bezettingsgraad van de kades	0,38	(-)
De gemiddelde cyclustijd van de shuttles	760	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van exportcontainers	12.649	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van importcontainers	10.591	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van transfercontainers	24.730	(minuten)
Gemiddelde verblijftijd van containers in de exportrij op het Transferium	75,10	(minuten)
Totaal aantal containers in de exportrij op het Transferium	16.233	(-)
Aantal exportcontainers dat op de volgende shuttle moet wachten	2.079	(-)
Gemiddelde vaar- en aanlegtijd van de shuttles per cyclus	544	(minuten)
Gemiddelde servicetijd van de shuttles per cyclus	216	(minuten)

Situatie 3: Medium shuttles, langzame afwikkeling

Omdat voor komende situaties de resultaten op een zelfde wijze zijn verkregen als situatie 1 en 2, worden alleen de resultaten gegeven

capaciteit shuttles	48 TEU
Kraancapaciteit Transferium	20 moves/uur
Capaciteit bij de gates	8 moves/uur

Vereist aantal shuttles	4	(-)
Vereist aantal ligplaatsen	2	(-)
Vereist aantal landzijdige overslagpunten	5	(-)
Het maximaal aantal containers in de stack volle containers	1.548	(-)
Het maximaal aantal containers in de stack lege containers	2.286	(-)
Het maximaal aantal containers op het hele Transferium	3.796	(-)
De gemiddelde bezettingsgraad van de shuttles	0,86	(-)
De gemiddelde bezettingsgraad van de kades	0,44	(-)
De gemiddelde cyclustijd van de shuttles	890	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van exportcontainers	12.721	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van importcontainers	10.698	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van transfercontainers	24.731	(minuten)
Gemiddelde verblijftijd van containers in de exportrij op het Transferium	105,70	(minuten)
Totaal aantal containers in de exportrij op het Transferium	16.233	(-)
Aantal exportcontainers dat op de volgende shuttle moet wachten	1.989	(-)
Gemiddelde vaar- en aanlegtijd van de shuttles per cyclus	544	(minuten)
Gemiddelde servicetijd van de shuttles per cyclus	346	(minuten)

Situatie 4: Medium shuttles, snelle afwikkeling

capaciteit shuttles	48 TEU
Kraancapaciteit Transferium	25 moves/uur
Capaciteit bij de gates	10 moves/uur

Vereist aantal shuttles	4	(-)
Vereist aantal ligplaatsen	2	(-)
Vereist aantal landzijdige overslagpunten	4	(-)
Het maximaal aantal containers in de stack volle containers	1.542	(-)
Het maximaal aantal containers in de stack lege containers	2.280	(-)
Het maximaal aantal containers op het hele Transferium	3.786	(-)
De gemiddelde bezettingsgraad van de shuttles	0,82	(-)
De gemiddelde bezettingsgraad van de kades	0,40	(-)
De gemiddelde cyclustijd van de shuttles	850	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van exportcontainers	12.702	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van importcontainers	10.661	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van transfercontainers	24.726	(minuten)
Gemiddelde verblijftijd van containers in de exportrij op het Transferium	99,98	(minuten)
Totaal aantal containers in de exportrij op het Transferium	16.233	(-)
Aantal exportcontainers dat op de volgende shuttle moet wachten	1.346	(-)
Gemiddelde vaar- en aanlegtijd van de shuttles per cyclus	544	(minuten)
Gemiddelde servicetijd van de shuttles per cyclus	306	(minuten)

Situatie 5: Grote shuttles, langzame afwikkeling

capaciteit shuttles	99 TEU
Kraancapaciteit Transferium	20 moves/uur
Capaciteit bij de gates	8 moves/uur

Vereist aantal shuttles	3	(-)
Vereist aantal ligplaatsen	2	(-)
Vereist aantal landzijdige overslagpunten	5	(-)
Het maximaal aantal containers in de stack volle containers	1.540	(-)
Het maximaal aantal containers in de stack lege containers	2.275	(-)
Het maximaal aantal containers op het hele Transferium	3.824	(-)
De gemiddelde bezettingsgraad van de shuttles	0,78	(-)
De gemiddelde bezettingsgraad van de kades	0,50	(-)
De gemiddelde cyclustijd van de shuttles	1.260	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van exportcontainers	12.884	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van importcontainers	10.996	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van transfercontainers	24.724	(minuten)
Gemiddelde verblijftijd van containers in de exportrij op het Transferium	177,44	(minuten)
Totaal aantal containers in de exportrij op het Transferium	16.233	(-)
Aantal exportcontainers dat op de volgende shuttle moet wachten	1.028	(-)
Gemiddelde vaar- en aanlegtijd van de shuttles per cyclus	544	(minuten)
Gemiddelde servicetijd van de shuttles per cyclus	716	(minuten)

Situatie 6: Grote shuttles, snelle afwikkeling

capaciteit shuttles	99 TEU
Kraancapaciteit Transferium	25 moves/uur
Capaciteit bij de gates	10 moves/uur

Vereist aantal shuttles	3	(-)
Vereist aantal ligplaatsen	2	(-)
Vereist aantal landzijdige overslagpunten	4	(-)
Het maximaal aantal containers in de stack volle containers	1.543	(-)
Het maximaal aantal containers in de stack lege containers	2.286	(-)
Het maximaal aantal containers op het hele Transferium	3.814	(-)
De gemiddelde bezettingsgraad van de shuttles	0,75	(-)
De gemiddelde bezettingsgraad van de kades	0,49	(-)
De gemiddelde cyclustijd van de shuttles	1200	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van exportcontainers	12.829	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van importcontainers	10.953	(minuten)
De gemiddelde doorlooptijd van transfercontainers	24.733	(minuten)
Gemiddelde verblijftijd van containers in de exportrij op het Transferium	157,79	(minuten)
Totaal aantal containers in de exportrij op het Transferium	16.233	(-)
Aantal exportcontainers dat op de volgende shuttle moet wachten	190	(-)
Gemiddelde vaar- en aanlegtijd van de shuttles per cyclus	544	(minuten)
Gemiddelde servicetijd van de shuttles per cyclus	656	(minuten)

Bijlage G: Kostenberekeningen Transferium

Overzicht bijlagen:

Bijlage A: Scheepsafmetingen en laadcapaciteit

Bijlage B: Kosten binnenvaart

Bijlage C: Rekenmodel analyse varianten

Bijlage D: Procesbeschrijving van de componenten

Bijlage E: Overzicht simulatieruns

Bijlage F: Resultaten simulatieruns

Bijlage G: Kostenberekeningen Transferium

G1: Directe transportkosten shuttles

G2: Reach stacker versus straddle carrier

G3: Inzicht kostenposten Transferium

G4: Inzicht totale kosten Transferium

G5: Inzicht in de betrouwbaarheid

G6: Invloed van de gemiddelde waarde van een container

G1: Directe transportkosten shuttles

Onderstaande tabel geeft de kostenberekening van de shuttles.

Tabel 59: Berekening van de kosten voor het “rondrit + planning” concept

	Situatie 1	Situatie 3	Situatie 5	
Capaciteit shuttles	32	48	99	TEU
Gemiddelde vaar- en aanlegtijd	544	544	544	minuten
Gemiddelde servicetijd	246	346	716	minuten
Gemiddelde bezettingsgraad shuttles	0,91	0,86	0,78	-
Arbeidskosten	€ 31,87	€ 34,21	€ 43,92	€ / vaaruur
Vaste materieelkosten	€ 17,24	€ 23,51	€ 38,96	€ / vaaruur
Variabele kosten	€ 25,57	€ 30,88	€ 44,07	€ / vaaruur
Totale kosten beladen vaart	€ 74,68	€ 88,60	€ 126,95	€ / vaaruur
Kosten wachten op bevrachting	€ 42,93	€ 51,08	€ 74,36	€ / liguur
Vaarkosten per cyclus	€ 677,10	€ 803,31	€ 1.151,01	€ / cyclus
Wachtkosten per cyclus	€ 176,01	€ 294,56	€ 887,36	€ / cyclus
Totale kosten per cyclus	€ 853,11	€ 1.097,87	€ 2.038,38	€ / cyclus
Aantal TEU per cyclus	58,24	82,56	154,44	-
Totale kosten per TEU	€ 14,65	€ 13,30	€ 13,20	€ / TEU
Totale kosten per container	€ 24,17	€ 21,94	€ 21,78	€ / container

Alleen deze drie situaties zijn hier weergegeven omdat de andere drie situaties, waar een snellere overslag is, dezelfde resultaten geeft. De kosten per uur, zoals ze in deze tabel zijn opgenomen, komen uit Tabel 44, bijlage B.

De kosten voor het concept waarbij een shuttle volgens een vaste planning per terminal vaart worden ook voor drie situaties berekend.

Tabel 60: Berekening van de kosten voor het “per terminal + planning” concept, situatie 1

	Situatie 1			
	ECT	APMT	Euromax	
Capaciteit shuttles	32	32	32	TEU
Gemiddelde vaar- en aanlegtijd	480	480	480	minuten
Gemiddelde servicetijd	240	240	200	minuten
Gemiddelde bezettingsgraad shuttles	0,72	0,78	0,44	-
Arbeidskosten	€ 31,87	€ 31,87	€ 31,87	€ / vaaruur
Vaste materieelkosten	€ 17,24	€ 17,24	€ 17,24	€ / vaaruur
Variabele kosten	€ 25,57	€ 25,57	€ 25,57	€ / vaaruur
Totale kosten beladen vaart	€ 74,68	€ 74,68	€ 74,68	€ / vaaruur
Kosten wachten op bevrachting	€ 42,93	€ 42,93	€ 42,93	€ / liguur
Vaarkosten per cyclus	€ 597,44	€ 597,44	€ 597,44	€ / cyclus
Wachtkosten per cyclus	€ 171,72	€ 171,72	€ 143,10	€ / cyclus
Totale kosten per cyclus	€ 769,16	€ 769,16	€ 740,54	€ / cyclus
Aantal TEU per cyclus	46,08	49,92	28,16	-
Totale kosten per TEU	€ 16,69	€ 15,41	€ 26,30	€ / TEU
Totale kosten per container	€ 27,54	€ 25,42	€ 43,39	€ / container
Gemiddelde kosten per container		€ 30,28		€ / container

Tabel 61: Berekening van de kosten voor het “per terminal + planning” concept, situatie 2

	Situatie 2			
	ECT	APMT	Euromax	
Capaciteit shuttles	48	32	48	TEU
Gemiddelde vaar- en aanlegtijd	480	480	480	minuten
Gemiddelde servicetijd	370	240	260	minuten
Gemiddelde bezettingsgraad shuttles	0,85	0,77	0,63	-
Arbeidskosten	€ 34,21	€ 31,87	€ 34,21	€ / vaaruur
Vaste materieelkosten	€ 23,51	€ 17,24	€ 23,51	€ / vaaruur
Variabele kosten	€ 30,88	€ 25,57	€ 30,88	€ / vaaruur
Totale kosten beladen vaart	€ 88,60	€ 74,68	€ 88,60	€ / vaaruur
Kosten wachten op bevrachting	€ 51,08	€ 42,93	€ 51,08	€ / liguur
Vaarkosten per cyclus	€ 708,80	€ 597,44	€ 708,80	€ / cyclus
Wachtkosten per cyclus	€ 314,99	€ 171,72	€ 221,35	€ / cyclus
Totale kosten per cyclus	€ 1.023,79	€ 769,16	€ 930,15	€ / cyclus
Aantal TEU per cyclus	81,60	49,28	60,48	-
Totale kosten per TEU	€ 12,55	€ 15,61	€ 15,38	€ / TEU
Totale kosten per container	€ 20,70	€ 25,75	€ 25,38	€ / container
Gemiddelde kosten per container		€ 23,48		€ / container

Tabel 62: Berekening van de kosten voor het “per terminal + planning” concept, situatie 3

	Situatie3			
	ECT	APMT	Euromax	
Capaciteit shuttles	240	32	48	TEU
Gemiddelde vaar- en aanlegtijd	480	480	480	minuten
Gemiddelde servicetijd	1360	240	260	minuten
Gemiddelde bezettingsgraad shuttles	0,76	0,77	0,63	-
Arbeidskosten	€ 64,88	€ 31,87	€ 34,21	€ / vaaruur
Vaste materieelkosten	€ 83,30	€ 17,24	€ 23,51	€ / vaaruur
Variabele kosten	€ 83,15	€ 25,57	€ 30,88	€ / vaaruur
Totale kosten beladen vaart	€ 231,33	€ 74,68	€ 88,60	€ / vaaruur
Kosten wachten op bevrachting	€ 135,60	€ 42,93	€ 51,08	€ / liguur
Vaarkosten per cyclus	€ 1.850,64	€ 597,44	€ 708,80	€ / cyclus
Wachtkosten per cyclus	€ 3.073,60	€ 171,72	€ 221,35	€ / cyclus
Totale kosten per cyclus	€ 4.924,24	€ 769,16	€ 930,15	€ / cyclus
Aantal TEU per cyclus	364,80	49,28	60,48	-
Totale kosten per TEU	€ 13,50	€ 15,61	€ 15,38	€ / TEU
Totale kosten per container	€ 22,27	€ 25,75	€ 25,38	€ / container
Gemiddelde kosten per container		€ 23,03		€ / container

De gemiddelde kosten per container zijn bepaald door de totale kosten per cyclus te delen door het totaal aantal containers cyclus.

Verder is er voor de shuttlekosten in situatie 3 voor ECT uitgegaan van een Groot Rijschip. Dit type binnenvaartschip komt het meest in de buurt van de capaciteit van 240 TEU.

G2: Reach stacker versus straddle carrier

Om inzicht te krijgen in de verschillen tussen een reach stacker en een straddle carrier worden deze twee werktuigen in deze bijlage met elkaar vergeleken met behulp van onderstaande aannames:

Gemiddelde grondprijs in de omgeving van Rotterdam = 200 €/m² [16]

Aanschafkosten van een reach stacker = 350.000 € [22]

Aanschafkosten van een straddle carrier = 750.000 € [23]

Eerdere aannames, namelijk:

Benodigde oppervlakte per TEU bij een reach stacker = 25 m² [8]

Benodigde oppervlakte per TEU bij een straddle carrier = 10 m² [8]

De gemiddelde hoogte van de stack gedeeld door de nominale hoogte van de stack = 0,7

TEU-factor = 1,65

Tabel 63: Investeringskosten straddle carrier versus reach stacker

Aantal benodigde carriers/ stackers	kosten straddle carrier	kosten reach stacker	Verschil
2	€ 700.000	€ 1.500.000	€ 800.000
3	€ 1.050.000	€ 2.250.000	€ 1.200.000
4	€ 1.400.000	€ 3.000.000	€ 1.600.000
5	€ 1.750.000	€ 3.750.000	€ 2.000.000
6	€ 2.100.000	€ 4.500.000	€ 2.400.000
7	€ 2.450.000	€ 5.250.000	€ 2.800.000
8	€ 2.800.000	€ 6.000.000	€ 3.200.000
9	€ 3.150.000	€ 6.750.000	€ 3.600.000
10	€ 3.500.000	€ 7.500.000	€ 4.000.000
11	€ 3.850.000	€ 8.250.000	€ 4.400.000
12	€ 4.200.000	€ 9.000.000	€ 4.800.000
13	€ 4.550.000	€ 9.750.000	€ 5.200.000
14	€ 4.900.000	€ 10.500.000	€ 5.600.000
15	€ 5.250.000	€ 11.250.000	€ 6.000.000
16	€ 5.600.000	€ 12.000.000	€ 6.400.000
17	€ 5.950.000	€ 12.750.000	€ 6.800.000
18	€ 6.300.000	€ 13.500.000	€ 7.200.000
19	€ 6.650.000	€ 14.250.000	€ 7.600.000

Tabel 64: Kosten benodigde oppervlakte

Aantal containers in de stack	kosten bij een straddle carrier	kosten bij een reach stacker	Verschil
200	€ 942.857	€ 2.357.143	€ 1.414.286
400	€ 1.885.714	€ 4.714.286	€ 2.828.571
600	€ 2.828.571	€ 7.071.429	€ 4.242.857
800	€ 3.771.429	€ 9.428.571	€ 5.657.143
1000	€ 4.714.286	€ 11.785.714	€ 7.071.429
1200	€ 5.657.143	€ 14.142.857	€ 8.485.714
1400	€ 6.600.000	€ 16.500.000	€ 9.900.000
1600	€ 7.542.857	€ 18.857.143	€ 11.314.286
1800	€ 8.485.714	€ 21.214.286	€ 12.728.571
2000	€ 9.428.571	€ 23.571.429	€ 14.142.857
2200	€ 10.371.429	€ 25.928.571	€ 15.557.143
2400	€ 11.314.286	€ 28.285.714	€ 16.971.429
2600	€ 12.257.143	€ 30.642.857	€ 18.385.714
2800	€ 13.200.000	€ 33.000.000	€ 19.800.000

De kosten voor de oppervlakte zijn berekend door de benodigde oppervlakte van de stack te vermenigvuldigen met de prijs per m².

Een reach stacker is goedkoper in aanschaf dan een straddle carrier, maar een straddle carrier stapelt de containers effectiever dan een reach stacker en hierdoor vereist de stack minder oppervlakte.

Kosten als onderhoud, arbeidskosten en andere bijkomende zaken zijn niet meegenomen in bovenstaande kosten.

G3: Inzicht kostenposten Transferium

Om een beeld te krijgen van de totale kosten van het Transferium, wordt gebruik gemaakt van de kostenraming, gemaakt door Royal Haskoning [22].

De kosten voor het Transferium zijn in deze raming opgesplitst in 5 hoofdelementen:

1. **Civiel nat**, wat bestaat uit de aanleg van de kaden en de bijbehorende baggerwerkzaamheden.
2. **Civiel droog**, bestaande uit grondwerken, verharding van het terrein, omheiningen, regenwaterafvoer, riolering en overige posten
3. **Installaties**, bestaande uit een elektrisch distributiesysteem, terreinverlichting, data netwerk, beveiliging en toegangscontrolesysteem, een brandbestrijdingssysteem, een brandstoftank met pomp en een automatiseringssysteem.
4. **Gebouwen en constructies**, bestaande uit een beveiligingsloge, automatische inspectiesluis, kantoorruimten, inkoop- en verdeelstation, onderhoudswerkplaats, lichtmastfundaties en reeferbordessen.
5. **Werktuigen**, bestaande uit de kadekranen, het aantal empty handlers, het aantal reach stackers of straddle carriers, servicewagen, spreader wisselchassis en een overmaatse container

Voor meer informatie wordt verwezen naar [22].

Hieronder zijn de resultaten te zien uit deze kostenraming. Deze kostenraming gaat uit van een Transferium met 5 kadekranen en met vingerpielen (insteekhovens) voor de schepen. De capaciteit van het Transferium is in deze berekening 500.000 TEU per jaar.

Tabel 65: Kostenraming Transferium met 5 kadekranen en vingerpielen [22]

Container Transferium					
# Hoofdelement Subelement	eenheid	hoeveel- heid	prijs per eenheid [Euro]	Subtotaal [Euro]	Totaal [Euro]
1 Civiel nat					
1 1 Baggerwerken	m3	122.800	4	521.900	
1 2 Kaden	m	743	7.140	5.305.020	
1 3 Vingerpielen	m	735	12.600	9.261.000	
1 4 Diversen	m	1.670	20	33.400	
directe kosten				EUR	15.121.320
				object onvoorzien	10% 1.512.132
				nader te detailleren	10% 1.512.132
				aannemersopslagen	12% 1.814.558
bouwkosten				EUR	19.960.142
2 Civiel droog					
2 1 Grondwerken	m2	150.000	6	900.000	
2 2 Verharding	m2	150.000	90	13.500.000	
2 3 Belijning, bewegwijzering, verkeersgeleiding	post	1	600.000	600.000	
2 4 Omheiningen	m	1.725	75	129.375	
2 5 Regenwater afvoer	m2	150.000	6	900.000	
2 6 Vuil water riolering	post	1	400.000	400.000	
2 7 Mantelbuizen en trekputten	post	1	700.000	700.000	
2 8 Kraanbanen	m	5.370	300	1.611.000	
directe kosten				EUR	18.740.375
				object onvoorzien	10% 1.874.038
				nader te detailleren	10% 1.874.038
				aannemersopslagen	12% 2.248.845
bouwkosten				EUR	24.737.295
3 Installaties					
3 1 Elektrisch distributie systeem	post	1	2.075.000	2.075.000	
3 2 Terreinverlichting	post	1	890.000	890.000	
3 3 Data netwerk	post	1	370.000	370.000	
3 4 Beveiliging en toegangscontrolesysteem	post	1	95.000	95.000	
3 5 Brandbestrijdingssysteem	m2	150.000	5	750.000	
3 6 Brandstof tank plus pomp	st	1	250.000	250.000	
3 7 Automatiseringssysteem	post	1	430.000	430.000	
directe kosten				EUR	4.860.000
				object onvoorzien	10% 486.000
				nader te detailleren	10% 486.000
				aannemersopslagen	12% 583.200
bouwkosten				EUR	6.415.200

# Hoofdelement Subelement	eenheid	hoeveel- heid	prijs per eenheid [Euro]	Subtotaal [Euro]	Totaal [Euro]
------------------------------	---------	------------------	--------------------------------	---------------------	------------------

4 Gebouwen en constructies					
4 1	Beveiligingsloge	m2	30	1.750	52.500
4 2	Onbemande automatische inspectiesluis	st	1	25.000	25.000
4 3	Bemande inspectiesluis plus kantoortje	m2	80	2.250	180.000
4 4	Operationeel kantoor (incl. kantine, kleedruimte en sanitaire voorzieningen)	m2	250	2.000	500.000
4 5	Onderhoudswerkplaats (incl. magazijn en wasplaats)	m2	300	1.750	525.000
4 6	Lichtmast fundaties	st	12	7.500	90.000
4 7	Inkoop- en verdeelstation	m2	300	2.500	750.000
4 8	Reefer bordessen	--	--	--	--

directe kosten		EUR	2.122.500
	object onvoorzien	10%	212.250
	nader te detailleren	10%	212.250
	aannemersopslagen	12%	254.700
bouwkosten		EUR	2.801.700

5 Werktuigen					
5 1	Kade kranen	st	5	1.420.000	7.100.000
5 2	Automatische stapel kranen	st	10	1.270.000	12.700.000
5 3	Shuttle carriers	st	10	500.000	5.000.000
5 4	Empty handlers	st	3	300.000	900.000
5 5	Reach stackers	st	1	350.000	350.000
5 6	Service wagens	st	1	4.000	4.000
5 7	Spreader wissel chassis	st	1	15.000	15.000
5 8	Overmaatse container	st	1	15.000	15.000

directe kosten		EUR	26.084.000
	object onvoorzien	10%	2.608.400
	nader te detailleren	10%	2.608.400
	aannemersopslagen	12%	3.130.080
bouwkosten		EUR	34.430.880

Totaal bouwkosten excl. BTW		EUR	88.345.217
-----------------------------	--	-----	------------

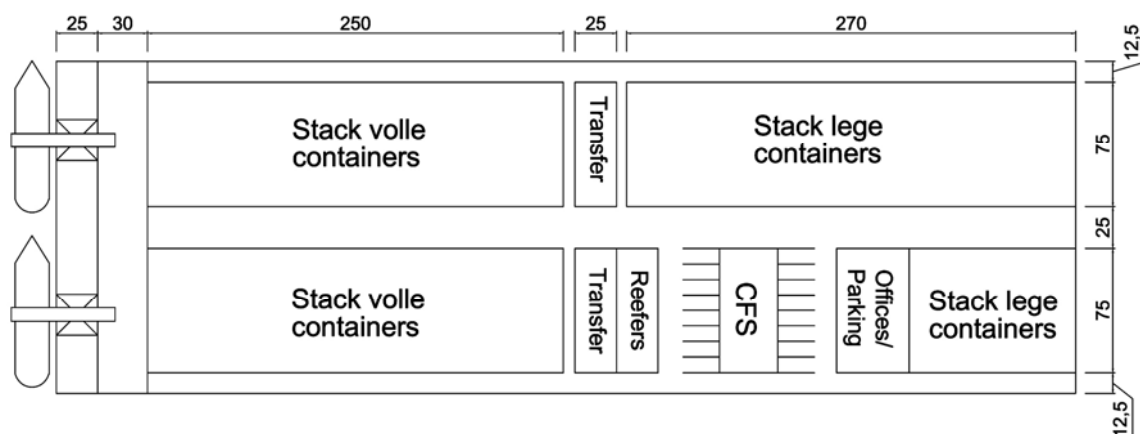
In deze kostenberekening zijn vastgoed, engineering, overige bijkomende kosten, bijzondere gebeurtenissen en project onvoorzien niet meegenomen.

G4: Inzicht totale kosten Transferium

De berekening van de kosten in bijlage G3 kan op een aantal punten worden aangepast op de resultaten van de analyse van dit onderzoek. Voor de berekeningen zal eerst een globale schatting van de oppervlakte van het Transferium worden gemaakt.

➤ Oppervlakte Transferium

De oppervlakte van het Transferium is een belangrijke waarde voor de berekening van de totale kosten. Onderstaand figuur geeft een schatting van de oppervlakte van het Transferium, gemaakt met behulp van [8].



Figuur 82: Schematische weergave lay-out Transferium

Toelichting op de verschillende elementen in het figuur:

- De oppervlakte van de stack volle containers is in totaal 2 maal 75 x 250 meter. Onderscheid tussen een stack voor import- en exportcontainers is niet gemaakt.
- De oppervlakte van de stack lege containers is in totaal 75 x 375 meter.
- De ruimte bij de kadekranen is vereist voor de kranen zelf en de transportwerktuigen.
- In het transfergebied in Figuur 82 zullen de trucks worden gelost en geladen. Dit laden en lossen zal gebeuren direct achter de stack volle containers, zodat de afstand wordt geminimaliseerd en het zal gebeuren met straddle carriers.
- Naast de oppervlakte voor volle en lege containers is er extra oppervlakte gereserveerd voor reefers. Dit zijn gekoelde containers voor temperatuur gevoelige lading.
- Het Container Freight Station (CFS) is ervoor om een lading die in één importcontainer aankomt op het Transferium, maar verschillende bestemmingen heeft te verdelen over meerdere containers ("stripping"). Of lading die in verschillende containers zit in één exportcontainer te laden ("stuffing"). De lading kan tijdens deze activiteiten tijdelijk worden opgeslagen in het CFS.
- De overige ruimte bestaat uit kantoorruimte, een kantine, sanitaire voorzieningen, een beveiligingsloge en andere gebouwen. Ook zal hier een parkeerplaats zijn inbegrepen.

De totale oppervlakte zal in dit geval ongeveer 12 ha zijn. Dit blijft een benadering, aangezien de exacte grootte van de verschillende oppervlakten niet verder is uitgewerkt.

Deze oppervlakte zal worden meegenomen in de berekeningen van de totale Transferium kosten.

➤ Totale kosten

De kostenraming van Royal Haskoning [22] is in onderstaande tabel op enkele punten aangepast op een nieuwe situatie. In de tabel zijn de wijzigingen vetgedrukt.

Tabel 66: Kostenraming Transferium met 2 ligplaatsen

Container Transferium

#	Hoofdelement Subelement	eenheid	hoeveel- heid	prijs per eenheid [Euro]	Subtotaal [Euro]	Totaal [Euro]
1 Civiel nat						
1 1	Baggerwerken	m3	122.800	4	521.900	
1 2	Kaden	m	145	10.000	1.450.000	
1 3	Vingerpielen	m	0	12.600	0	
1 4	Diversen	m	1.670	20	33.400	
directe kosten					EUR	2.005.300
object onvoorzien					10%	200.530
nader te detailleren					10%	200.530
aannemersopslagen					12%	240.636
bouwkosten					EUR	2.646.996
2 Civiel droog						
2 1	Grondwerken	m2	120.000	6	720.000	
2 2	Verharding	m2	120.000	90	10.800.000	
2 3	Belijning, bewegwijzering, verkeersgeleiding	post	1	600.000	600.000	
2 4	Omheiningen	m	1.500	75	112.500	
2 5	Regenwater afvoer	m2	120.000	6	720.000	
2 6	Vuil water riolering	post	1	400.000	400.000	
2 7	Mantelbuizen en trekputten	post	1	700.000	700.000	
2 8	Kraanbanen	m	0	300	0	
directe kosten					EUR	14.052.500
object onvoorzien					10%	1.405.250
nader te detailleren					10%	1.405.250
aannemersopslagen					12%	1.686.300
bouwkosten					EUR	18.549.300
3 Installaties						
3 1	Elektrisch distributie systeem	post	1	2.075.000	2.075.000	
3 2	Terreinverlichting	post	1	890.000	890.000	
3 3	Data netwerk	post	1	370.000	370.000	
3 4	Beveiliging en toegangscontrolesysteem	post	1	95.000	95.000	
3 5	Brandbestrijdingssysteem	m2	120.000	5	600.000	
3 6	Brandstof tank plus pomp	st	1	250.000	250.000	
3 7	Automatiseringssysteem	post	1	430.000	430.000	
directe kosten					EUR	4.710.000
object onvoorzien					10%	471.000
nader te detailleren					10%	471.000
aannemersopslagen					12%	565.200
bouwkosten					EUR	6.217.200

# Hoofdelement Subelement	eenheid	hoeveel- heid	prijs per eenheid [Euro]	Subtotaal [Euro]	Totaal [Euro]
------------------------------	---------	------------------	--------------------------------	---------------------	------------------

4 Gebouwen en constructies					
4 1	Beveiligingsloge	m2	30	1.750	52.500
4 2	Onbemande automatische inspectiesluis	st	1	25.000	25.000
4 3	Bemande inspectiesluis plus kantoortje	m2	80	2.250	180.000
4 4	Operationeel kantoor (incl. kantine, kleedruimte en sanitaire voorzieningen)	m2	250	2.000	500.000
4 5	Onderhoudswerkplaats (incl. magazijn en wasplaats)	m2	300	1.750	525.000
4 6	Lichtmast fundaties	st	12	7.500	90.000
4 7	Inkoop- en verdeelstation	m2	300	2.500	750.000
4 8	Reefer bordessen	--	--	--	--

directe kosten		EUR	2.122.500
	object onvoorzien	10%	212.250
	nader te detailleren	10%	212.250
	aannemersopslagen	12%	254.700
bouwkosten		EUR	2.801.700

5 Werktuigen					
5 1	Kade kranen	st	0	1.420.000	0
5 2	Automatische stapel kranen	st	0	1.270.000	0
5 3	Shuttle carriers	st	0	500.000	0
5 4	Empty handlers	st	3	300.000	900.000
5 5	Reach stackers	st	0	350.000	0
5 6	Service wagens	st	1	4.000	4.000
5 7	Spreader wissel chassis	st	1	15.000	15.000
5 8	Overmaatse container	st	1	15.000	15.000
5 9	Mobiele kade kraan	st	2	1.800.000	3.600.000
5 10	Straddle carriers	st	11	750.000	8.250.000

directe kosten		EUR	12.784.000
	object onvoorzien	10%	1.278.400
	nader te detailleren	10%	1.278.400
	aannemersopslagen	12%	1.534.080
bouwkosten		EUR	16.874.880

Totaal bouwkosten excl. BTW		EUR	47.090.076
-----------------------------	--	-----	------------

Toelichting op de wijzigingen:

1. Civiel nat

Er zullen geen vingerpielen zijn, maar een rechte kade. De lengte in deze berekening is de benodigde kadelengete voor situatie 1 van het "rondrit"-concept met kleine shuttles. De prijs per meter kadelengete is inclusief de kraanbanen.

2. Civiel droog

De oppervlakte van het Transferium is aangepast, en aan de hand van de oppervlakte is de lengte van de omheiningen geschat. Verder zullen er geen kraanbanen aanwezig zijn, omdat er gewerkt wordt met straddle carriers.

3. Installaties

De oppervlakte van het Transferium is aangepast

4. Gebouwen en constructies

Hier zijn geen wijzigingen aangebracht ten opzichte van de eerdere kostenraming

5. Werktuigen

Op het Transferium zullen geen kadekranen, automatische stapelkranen, shuttle carriers en reach stackers zijn, zoals berekend in de eerdere kostenraming.

Op het Transferium zullen twee mobiele kadekranen staan (type HMK 170 E), elk met een waarde van 1,8 miljoen euro per stuk [24]. Verder zullen 11 straddle carriers de containers op het Transferium vervoeren, van 750.000 euro per stuk [23].

De totale kosten voor deze situatie zijn 47,1 miljoen euro. Nogmaals, in deze kostenberekeningen zijn vastgoed, engineering, overige bijkomende kosten, bijzondere gebeurtenissen en project onvoorzien niet meegenomen.

Op dezelfde wijze zijn de Transferiumkosten voor de andere situaties uitgerekend, echter, met een andere kadelengte.

Tabel 67: Totale kosten per situatie

		Benodigde kadelengte	Totale kosten
Rondrit shuttles	Situatie 1	145 meter	€ 47.100.000
	Situatie 3	175 meter	€ 47.500.000
	Situatie 5	225 meter	€ 48.150.000
Shuttle per terminal	Situatie 1	145 meter	€ 47.100.000
	Situatie 2	175 meter	€ 47.500.000
	Situatie 3	205 meter	€ 47.900.000

G5: Inzicht in de betrouwbaarheid

Als maat voor de betrouwbaarheid wordt gekeken hoeveel containers op het Transferium een shuttle moeten overslaan. Oftewel, als een container aangeeft dat hij opgehaald wil worden, niet met de eerstvolgende shuttle mee kan, omdat deze shuttle al vol is.

Tabel 68: Resultaten van de simulatie voor de berekening van de betrouwbaarheid

		Containers die een shuttle moeten wachten			Totaal aantal containers in de exportrij			Tussenaankomst-tijd van de shuttles (minuten)		
Rondrit shuttles	Situatie 1	3.247			16.233			158		
	Situatie 3	1.989			16.233			222,5		
	Situatie 5	1.028			16.233			420		
		ECT	APMT	Euromax	ECT	APMT	Euromax	ECT	APMT	Euromax
Shuttle per terminal	Situatie 1	695	161	13	9.039	3.314	3.880	240	720	340
	Situatie 2	1.019	180	12	9.039	3.314	3.880	425	720	740
	Situatie 3	103	170	9	9.039	3.314	3.880	1.840	720	740

Toelichting op bovenstaande tabel:

Het aantal containers dat een shuttle moet wachten, is het aantal exportcontainers dat niet met de eerstvolgende shuttle mee kon en dus op de volgende shuttle moest wachten.

Het totaal aantal containers in de exportrij is het totaal aantal containers dat gedurende de simulatie in de exportrij op het Transferium is geplaatst.

De tussenaankomsttijd van de shuttles is de gemiddelde cyclustijd van de shuttles gedeeld door het aantal shuttles.

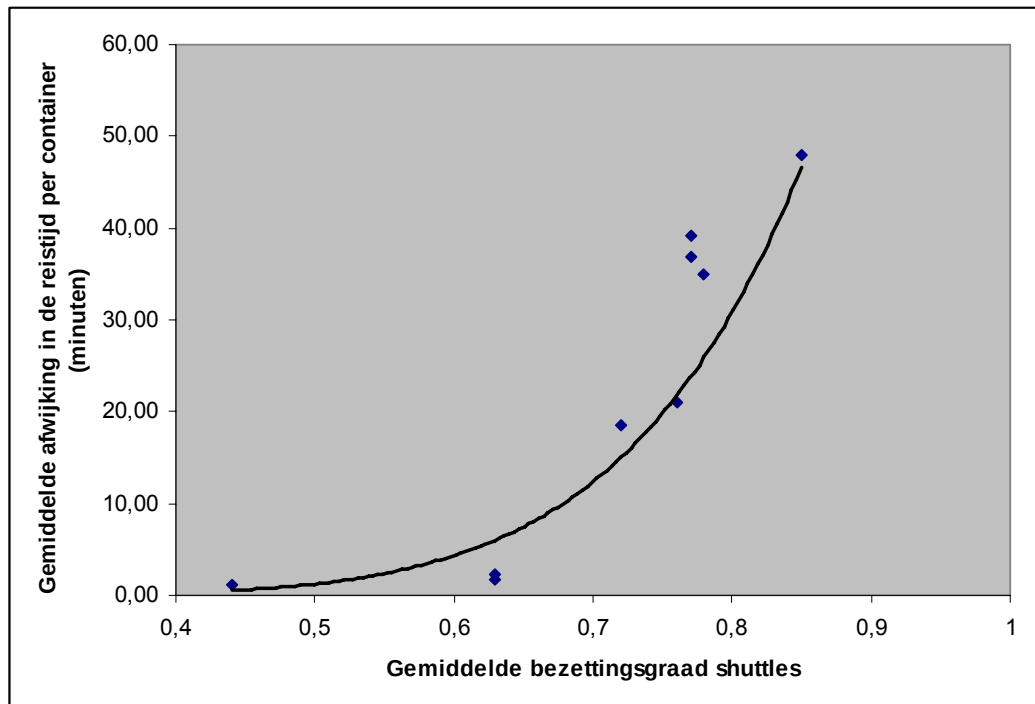
Met behulp van deze gegevens kan de gemiddelde (ongeplande) wachttijd per container worden bepaald, door de tussenaankomsttijd van de shuttles te vermenigvuldigen met het aantal containers dat moet wachten op een volgende shuttle en dit vervolgens te delen door het totaal aantal containers. Dit geeft de volgende resultaten:

Tabel 69: Gemiddelde ongeplande wachttijden per container

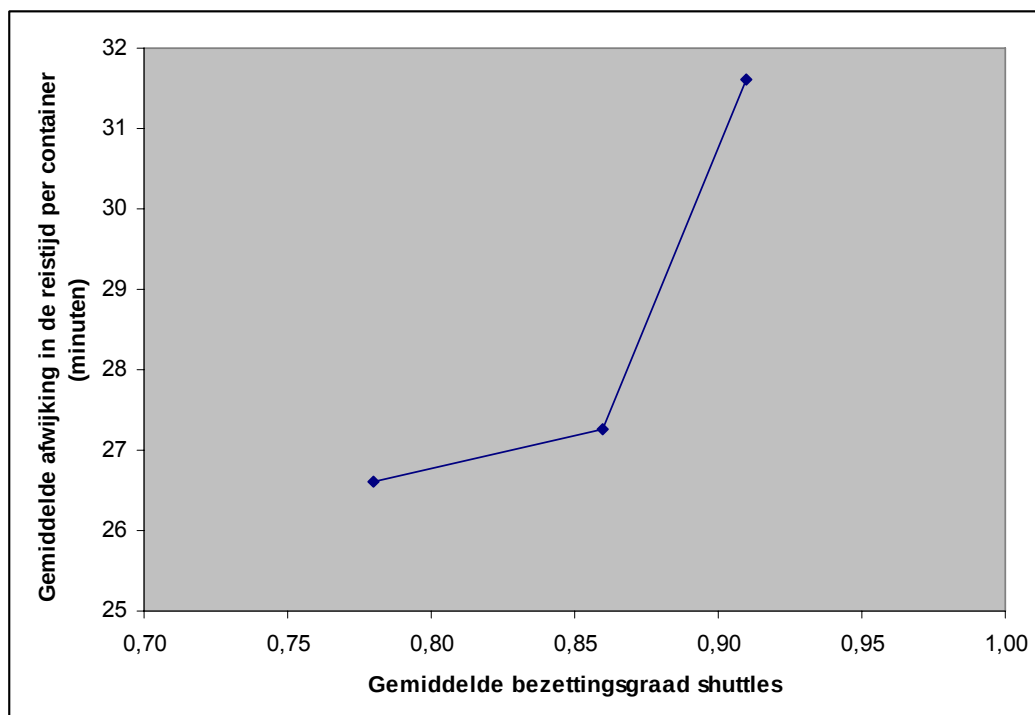
		Gemiddelde wachttijd per container (minuten)			
Rondrit shuttles	Situatie 1	31,6			
	Situatie 3	27,3			
	Situatie 5	26,6			
		ECT	APMT	Euromax	Gemiddeld
Shuttle per terminal	Situatie 1	18,5	35,0	1,1	17,6
	Situatie 2	47,9	39,1	2,3	35,0
	Situatie 3	21,0	36,9	1,7	19,5

De gemiddelde waarden bij de "shuttle per terminal" situaties zijn berekend met behulp van de percentages waarmee de terminals bijdragen aan de capaciteit van het Transferium (Tabel 1).

In onderstaande grafieken is voor elke situatie de gemiddelde bezettingsgraad uitgezet tegen de maat voor de betrouwbaarheid (dit is de gemiddelde afwijking in de reistijd per container).



Figuur 83: Betrouwbaarheid uitgezet tegen de bezettingsgraad voor de “shuttle per terminal”-concepten



Figuur 84: Betrouwbaarheid uitgezet tegen de bezettingsgraad voor de “rondrit”-concepten

G6: Invloed van de gemiddelde waarde van een container

De gemiddelde waarde van een container is in onderstaande berekeningen € 25.000

Tabel 70: Rentekosten voor 1 containerlading t.w.v. € 25.000

		Doorlooptijd exportcontainer (minuten)	Doorlooptijd exportcontainer (dagen)	Rentekosten per container
Rondrit shuttles	Situatie 1	388,6	0,270	€ 33,73
	Situatie 3	427,5	0,297	€ 37,11
	Situatie 5	551,2	0,383	€ 47,85
Shuttle per terminal	Situatie 1	433,4	0,301	€ 37,62
	Situatie 2	553,3	0,384	€ 48,03
	Situatie 3	976,0	0,678	€ 84,72

Tabel 71: Value of Time

		Directe transport- kosten per container	Rentekosten per container	Doorlooptijd exportcontainer (minuten)	Value of Time (euro per minuut)
Rondrit shuttles	Situatie 1	€ 24,17	€ 33,73	388,6	€ 0,15
	Situatie 3	€ 21,94	€ 37,11	427,5	€ 0,14
	Situatie 5	€ 21,78	€ 47,85	551,2	€ 0,13
Shuttle per terminal	Situatie 1	€ 30,28	€ 37,62	433,4	€ 0,16
	Situatie 2	€ 23,48	€ 48,03	553,3	€ 0,13
	Situatie 3	€ 23,03	€ 84,72	976,0	€ 0,11

Tabel 72: Value of Reliability

		Value of Time (euro per minuut)	Reliability Ratio (-)	Value of Reliability (euro per minuut)
Rondrit shuttles	Situatie 1	€ 0,15	1,2	€ 0,18
	Situatie 3	€ 0,14	1,2	€ 0,17
	Situatie 5	€ 0,13	1,2	€ 0,15
Shuttle per terminal	Situatie 1	€ 0,16	1,2	€ 0,19
	Situatie 2	€ 0,13	1,2	€ 0,16
	Situatie 3	€ 0,11	1,2	€ 0,13

Tabel 73: Kosten ten gevolge van de onbetrouwbaarheid

		Value of Reliability (euro per minuut)	Gemiddelde wachttijd per container (minuten)	Kosten t.g.v. van de onbetrouwbaarheid
Rondrit shuttles	Situatie 1	€ 0,18	31,6	€ 5,65
	Situatie 3	€ 0,17	27,3	€ 4,52
	Situatie 5	€ 0,15	26,6	€ 4,03
Shuttle per terminal	Situatie 1	€ 0,19	17,6	€ 3,31
	Situatie 2	€ 0,16	35,0	€ 5,44
	Situatie 3	€ 0,13	19,5	€ 2,59

In onderstaande tabellen zijn de rentekosten geheel buiten beschouwing gebleven.

Tabel 74: Value of Time

		Directe transportkosten per container	Doorlooptijd exportcontainer (minuten)	Value of Time (euro per minuut)
Rondrit shuttles	Situatie 1	€ 24,17	388,6	€ 0,06
	Situatie 3	€ 21,94	427,5	€ 0,05
	Situatie 5	€ 21,78	551,2	€ 0,04
Shuttle per terminal	Situatie 1	€ 30,28	433,4	€ 0,07
	Situatie 2	€ 23,48	553,3	€ 0,04
	Situatie 3	€ 23,03	976,0	€ 0,02

Tabel 75: Value of Reliability

		Value of Time (euro per minuut)	Reliability Ratio (-)	Value of Reliability (euro per minuut)
Rondrit shuttles	Situatie 1	€ 0,06	1,2	€ 0,07
	Situatie 3	€ 0,05	1,2	€ 0,06
	Situatie 5	€ 0,04	1,2	€ 0,05
Shuttle per terminal	Situatie 1	€ 0,07	1,2	€ 0,08
	Situatie 2	€ 0,04	1,2	€ 0,05
	Situatie 3	€ 0,02	1,2	€ 0,03

Tabel 76: Kosten ten gevolge van de onbetrouwbaarheid

		Value of Reliability (euro per minuut)	Gemiddelde wachttijd per container (minuten)	Kosten t.g.v. van de onbetrouwbaarheid
Rondrit shuttles	Situatie 1	€ 0,07	31,6	€ 2,36
	Situatie 3	€ 0,06	27,3	€ 1,68
	Situatie 5	€ 0,05	26,6	€ 1,26
Shuttle per terminal	Situatie 1	€ 0,08	17,6	€ 1,47
	Situatie 2	€ 0,05	35,0	€ 1,78
	Situatie 3	€ 0,03	19,5	€ 0,55