

MASTER

Ontwerp distributiecentrum voor Distripak Chemicals b.v.

Fijen, Mark J.M.

Award date:
1999

[Link to publication](#)

Disclaimer

This document contains a student thesis (bachelor's or master's), as authored by a student at Eindhoven University of Technology. Student theses are made available in the TU/e repository upon obtaining the required degree. The grade received is not published on the document as presented in the repository. The required complexity or quality of research of student theses may vary by program, and the required minimum study period may vary in duration.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

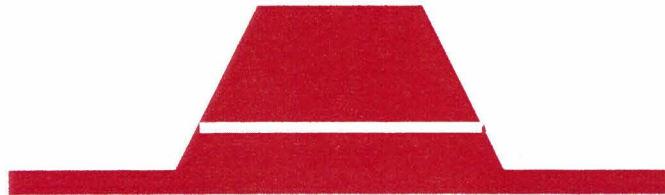
- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain

ARW
99
BDK

3501

Ontwerp distributiecentrum voor Distripak Chemicals b.v.

Rotterdam, 7 januari 1999



NIET UITLEENBAAR

M.J.M. Fijen (416851)

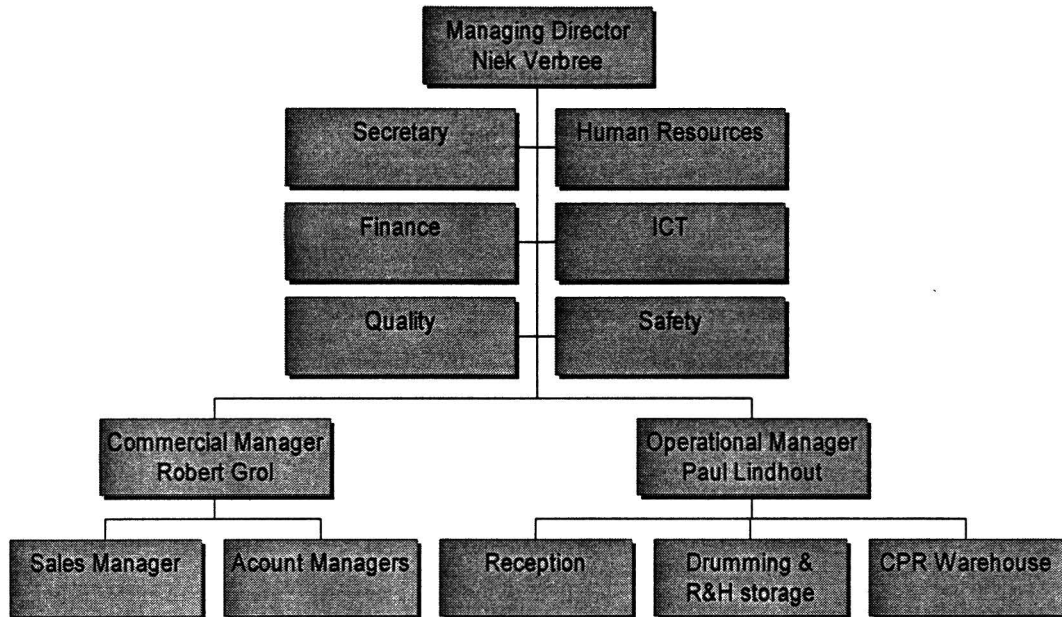
Bijlagen
TUE versie

Technische Universiteit Eindhoven
Faculteit Technologie Management
Technische Bedrijfkunde

Inhoudsopgave

BIJLAGE 1.1: ORGANOGRAM DISTRIPAK CHEMICALS BV	1
BIJLAGE 1.2: VOORRAADVERLAGING BIJ POSTPONEMENT VERSCHUIVING.....	2
BIJLAGE 1.3: TIJDSPLANNING	3
BIJLAGE 2.1: BEREKENING OMSLAGFREQUENTIE EN GEMIDDELDE VOORRAAD	4
BIJLAGE 2.2: INSLAG EN UITSLAG AFVULINSTALLATIE	5
BIJLAGE 3.1: BEREKENING PARAMETERWAARDEN TEN BEHOEVE VAN GEBOUWKOSTENMODEL.....	6
BIJLAGE 4.1: SYSTEEMGEBIEDEN MIEBACH	7
BIJLAGE 4.2: BEREKENING OPPERVLAKTE GOEDERENONTVANGST	9
BIJLAGE 4.3: BENUTTINGSGRAAD BLOKSTAPELING.....	10
BIJLAGE 4.4: OVERZICHT OPSLAGMETHODEN.....	11
BIJLAGE 4.5: OVERZICHT VAN HULPWERKTUIGEN.....	12
BIJLAGE 4.6: ELEMENTEN BEHORENDE TOT EEN ENKEL SPEL.....	13
BIJLAGE 4.7: TOELICHTING EIGENSCHAPPEN HULPWERKTUIGEN	14
BIJLAGE 4.8: DIEPE VERSUS BREDE OPSLAG	16
BIJLAGE 4.9: BEREKENING OPPERVLAKTE INPAKAFDELING.....	17
BIJLAGE 4.10: BEREKENING BENODIGDE OPPERVLAKTE EXPEDITIERUIMTE.....	18
BIJLAGE 4.11: EISEN EN FUNCTIONALITEITEN VOOR HET WMS.....	19
BIJLAGE 5.1: BEREKENING OPPERVLAKTE LIGGER INCLUSIEF TWEE MODULES	22
BIJLAGE 5.2: BEREKENING AANTAL PALLETNIVEAU'S	23
BIJLAGE 5.3: BEREKENING VARIANT S10.....	24
BIJLAGE 5.4: KOSTEN GEBOUW.....	25
BIJLAGE 5.5: BEREKENING ENKEL SPELEN SMALLEGANGENTRUCKS	26
BIJLAGE 5.6: BEREKENING ENKEL SPELEN REACHTRUCKS.....	30
BIJLAGE 5.7: LAY-OUT DISTRIBUTIECENTRUM.....	31
BIJLAGE 5.8: LOCATIE DISTRIBUTIECENTRUM	32
BIJLAGE 6.2: ELEMENTEN MET BIJBEHORENDE STANDAARDINSTELLINGEN.....	34
BIJLAGE 6.3: VERIFICATIE.....	38

Bijlage 1.1: Organogram Distripak Chemicals BV



Bijlage 1.2: Voorraadverlaging bij postponement verschuiving

In de huidige situatie is per fabriek per verpakt product een veiligheidsvoorraad benodigd om onzekerheden in productielevetijden en onzekerheden in het vraagpatroon op te vangen. Indien een postponement punt verschuiving optreedt, ontstaat centralisatie van voorraad (in het geval van DPC wordt de afvulbewerking uitgesteld tot in een centraal punt).

In dit centrale punt is dan slechts één maal een veiligheidsvoorraad per product benodigd. De onzekerheden van de productiedoorlooptijden en de onzekerheden in de vraagpatronen leiden nu tot een demping. De veiligheidsvoorraad van product A vangt immers bijvoorbeeld de grote vraag van klant X op door een lagere vraag van klant Y naar product A. Dit geldt eveneens ook voor de variaties in de levertijden van de afzonderlijke fabrieken. Een iets kortere levertijd van fabriek D dempt de grotere levertijd van fabriek E. Bij centralisatie van de voorraden door postponement zal de veiligheidsvoorraad wel toenemen maar deze zal door de enige mate van demping nog altijd kleiner zijn dan de gecumuleerde veiligheidsvoorraad van de afzonderlijke fabrieken.

Bijlage 1.3: Tijdsplanning

In het onderstaande figuur is de tijdsplanning van het afstudeerproject weergegeven.

Activiteiten	maart	april	mei	juni	juli	Aug.	Sept.	Okt.	nov	dec
01 Vooronderzoek	■	■								
02 Interviewen	■	■								
03 Probleemstelling		■								
04 Plan van aanpak		■								
05 Goederenstroom		■	■	■						
06 Analyse goederenstroom		■	■	■						
07 groeicijfers			■	■						
08 Modelering gebouw			■	■	■	■	■			
09 Ontwerp MHS			■	■	■	■	■			
10 Goederenontvangst			■	■	■	■	■			
11 Magazijn v. eenheidsladingen			■	■	■	■	■			
12 Klantorderverzamel magazijn					■	■	■			
13 inpakafdeling					■	■	■			
14 expeditieruimte					■	■	■			
15 Besturende organisatie					■	■	■			
16 Ontwerp gebouw					■	■	■			
17 gebouwkeuze					■	■	■			
18 Berekening magazijntrucks						■	■			
19 Keuze							■			
20 Tussenraportage							■	■	■	■
21 Ontwerp simulatiemodel							■	■	■	■
22 Doelstelling								■	■	
23 Eisen aan model								■	■	
24 Ontwerpen/modelleren								■	■	■
25 Eindrapportage									■	■

Figuur 1.2: Tijdsplanning

Bijlage 2.1: Berekening omslagfrequentie en gemiddelde voorraad

Omslagfrequentie:

Gegeven:

- jaarlijkse goederenstroom van 60.000 ton
- fractie IBC's van de goederenstroom is 0,7
- fractie pallets met drums van de goederenstroom is 0,3
- fractie Q1 is 0,7
- fractie Q3 is 0,3
- gemiddelde voorraad Q1 is 3 weken
- gemiddelde voorraad Q3 is 7 weken

Het aandeel Q1 van de goederenstroom is $0,7 * 60.000$ ton is 42.000 ton. Het aandeel Q3 bedraagt dan 18.000 ton.

De omslagfrequentie van de Q1 producten bedraagt 52 weken per jaar / 3 = 17,3. De omslagfrequentie van de Q3 producten is in dat geval 52 weken per jaar / 7 = 7,4.

De gemiddelde voorraad van de Q1 producten is nu $3 / 17,3 * 42.000$ ton = 2423 ton. De gemiddelde voorraad van de Q3 producten is $7 / 7,4 * 18.000 = 2423$ ton.

Gemiddelde voorraad:

De totale gemiddelde voorraad voor de Q1 en Q3 producten samen is $2423 + 2423 = 4846$ ton.

Het gewicht in IBC's bedraagt $0,7 * 4846 = 3392$ ton. Het nettogewicht van een IBC is 1 ton, zodat gemiddeld 3392 IBC's op voorraad liggen. Dit komt overeen met 3392 palletplaatsen. Het gewicht in pallets met drums bedraagt $0,3 * 4846 = 1454$ ton. Het nettogewicht van een pallet met drums bedraagt 0,6 ton, zodat het aantal benodigde palletplaatsen 2423 omvat. Het totaal aantal benodigde palletplaatsen is gemiddeld 5815. In het vervolg wordt dan ook uitgegaan van een gemiddelde opslagbehoefte van 5815 palletplaatsen bij een omslagfrequentie van 12,4 maal per jaar.

Bijlage 2.2: Inslag en uitslag afvulinstallatie

Inslag afvulinstallatie

Vanuit de producent is gesteld dat de Q1 producten in FBL aangeleverd worden. Dit betekent $42.000 \text{ ton} / 23 \text{ ton} = 1826$ vrachtwagens per jaar. Wanneer aangenomen wordt dat 250 dagen per jaar gewerkt wordt zullen gemiddeld $1826 / 250 = 7,3$ vrachtwagens per dag aankomen. Dit betekent dat gemiddeld 7,3 Q1-producten per dag afgevuld en ingeslagen moeten worden.

De Q3-producten zullen in meer compartiment-wagens aangeleverd worden. Dit betekent dat $18.000 / 23 / 250 = 3,1$ vrachtwagens per dag aangeleverd worden. Onder de aanname dat zich in elk compartiment een ander product bevindt, betekent dit $3,1 * 2,3 = 7,2$ Q3 producten die per dag moeten worden afgevuld en ingeslagen. Hierbij wordt aangenomen dat het volume van een ingaand Q3-product 10 ton bedraagt.

Uitslag afvulinstallatie

De gemiddelde uitslag vanuit de afvulinstallatie naar het distributiecentrum bedraagt $60.000 / 250$ (werkbare dagen) = 240 ton per dag. Hiervan wordt 70% in IBC's aangeleverd en 30% in drums. Het netto gewicht van een IBC is 1 ton, zodat $240 * 0,7 = 168$ IBC's worden ingeslagen dan wel uitgeslagen.

Het netto gewicht van een drum bedraagt 120 kg.. Er passen 5 drums op een pallet, zodat het totale netto gewicht voor een pallet met drums overeenkomt met 600 kg.. Er resteert dus nog $240 \text{ ton} - 168 \text{ ton} = 72 \text{ ton}$ voor pallets met drums. Dit komt overeen met $72 / 0,6 = 120$ pallets met drums.

Gemiddeld worden per dag dus $168 + 120 = 288$ pallets ingeslagen en 288 pallets uitgeslagen.

Bijlage 3.1: Berekening parameterwaarden ten behoeve van gebouwkostenmodel

In deze bijlage is*, op basis van een afrekening van aannemingsbedrijf Cordeel d.d. 1991, vermeld hoe de kosten per m² per kostenpost zijn berekend.

Gegeven kostenposten van gefilterde afrekening	Kosten per post (in HFL)	Gegroepeerd tot	Aantallen m ² s	Kosten per m ² per kostencomponent (in HFL)
Vorbereidende werken	261.000	Vloerkosten	7350	4.818.000 / 7350= 655
Grondwerken	631.000			
Riool	426.000			
Vloerstructuur werken	3.500.000			
Metselwerken	201.000	Gevelkosten	3056	1.003.000 / 3056= 328
Brandmuren	802.000			
Dakstructuurkosten	1.200.000	Dakkosten	7350	1.920.000 / 7350= 261
Dakbeplating	598.000			
Overig dak	122.000			
Totale kosten	7.480.000			

Tabel 3.1: Kosten per kostencomponent

Bijlage 4.1: Systeemgebieden Miebach

Voor een goede indeling van het materials handling systeem heeft Miebach[1971] zes verschillende systeemgebieden gedefinieerd. Voor elk systeemgebied zal in deze bijlage een korte omschrijving worden gegeven. Deze omschrijving is ontleend aan Geenen[1994].

Goederenontvangst:

In dit systeemgebied vinden na het lossen van de goederen identificatie en controle op kwaliteit en kwantiteit plaats (vergelijk ontvangst goederen vanuit de afvulinstallatie). Vervolgens worden de goederen gereedgemaakt voor opslag. Uiteraard vindt hierbij enige tijdsoverbrugging plaats en wellicht sortering. Het optimaliseren van dit systeemgebied houdt voornamelijk in het minimaliseren van handlingskosten en het snel doorsluizen van de goederen naar het magazijn voor eenheidsladingen, orderverzamelmagazijn of meteen naar de inpakafdeling zodat ze snel mogelijk ter beschikking komen van de volgende fase in het bedrijfsproces.

Magazijn voor eenheidsladingen:

In het magazijn voor eenheidsladingen, of te wel bulkopslag, vindt de eigenlijke tijdsoverbrugging plaats. In het algemeen is de inkomende eenheid gelijk aan de uitgaande eenheid. Op het moment dat producten nodig zijn voor aanvulling van het orderverzamelmagazijn of voor een klantenorder, vinden uitslag, mogelijk intern transport en afgifte aan het orderverzamelmagazijn of rechtstreeks aan de inpakafdeling plaats. Het magazijn voor eenheidsladingen is in deze situatie te beschouwen als een eenvoudig orderverzamelmagazijn. Het aanvullen van het bulkmagazijn wordt meestal aangestuurd door een planning (DRP) of door een Statistical Inventory Control (SIC)-systeem (van Goor, [1994]). Optimalisering vindt plaats door het minimaliseren van de opslagkosten. Dit houdt dus in dat gezocht moet worden naar een hoge benuttingsgraad van de ruimte. Een belangrijk hulpmiddel hiervoor zijn opslagstrategieën, zoals volledig vrije locaties, vrije locaties in een zone of ABC-opslag.

Klantorderverzamelmagazijn

Het klantorderverzamelmagazijn is het magazijn waar eenheden worden opgeslagen worden die kleiner dan of gelijk zijn aan de eenheidslading (IBC of palet met vijf drums). In het magazijn voor eenheidslading worden alleen eenheidsladingen opgeslagen. Deze systemen kunnen fysiek gescheiden van elkaar zijn, maar kunnen zich ook in de zelfde ruimte bevinden. In dat geval zijn bijvoorbeeld de onderste lagen bestemd voor het orderverzamen en de hoger gelegen lagen voor de bulkopslag. Dit is dan ook het magazijn waar het eigenlijke sorteren plaatsvindt. De tijdsoverbrugging is minder belangrijk in dit systeemgebied. Het verzamelen van producten en het samenstellen van klantenorders zijn arbeidsintensieve activiteiten. Optimalisatie van dit systeemgebied richt zich dan ook op het minimaliseren van de loop- of rijtijden en de tijd benodigd voor het uitnemen van de producten.

Inpakafdeling

De belangrijkste functie van de inpakafdeling is het verzendgereed maken van de verzamelde klantorders. Deze functie bestaat uit het inpakken in handelbare eenheden per bestemming en ter bescherming van de producten. Verder worden de verzendeenheden voorzien van de benodigde informatie. Tenslotte vindt er een controle plaats en worden de verzendeenheden getransporteerd naar de goederenafgifte.

Expeditieruimte

In het systeemgebied expeditie is het beladen van de transportmiddelen essentieel. De colli worden gesorteerd naar bestemming en gebufferd tot het moment dat het laden plaatsvindt.

Besturende organisatie

De integratie van de vijf hierboven genoemde systeemgebieden vindt in dit gebied plaats. Dit systeemgebied zorgt voor het soepel laten verlopen van de goederenstroom in de gebieden en tussen de gebieden. Dit laatste is nodig om het systeem in zijn geheel te laten functioneren. Deze besturende organisatie wordt ook wel het

Magazijn Beheers Systeem (M.B.S.) genoemd en bestaat in wezen uit een klantenbestand, het voorraadbestand en het aanmaken van orderverzamelopdrachten.

Bijlage 4.2: Berekening oppervlakte goederenontvangst

Aannames

- Totale goederenstroom na 5 jaar van 80.000 ton op jaarbasis
- Werkbare dagen per jaar 250
- Verdeling in ton: IBC's vs. Drums is 70 % vs. 30 %
- Op dit moment wordt uitgegaan van 3 afvullijnen, die elk een tankcontainer dan wel tankwagen kunnen afvullen
- inhoud full bulk load is 23 ton
- grondoppervlakte IBC = 1,2 m²
- grondoppervlakte pallet ten behoeve van opslag van drums 1,3 m²
- goederen worden niet gestapeld

Berekening:

Ter vereenvoudiging wordt in dit stadium aangenomen dat twee afvullijnen gereserveerd zijn voor IBC's en één afvullijn gereserveerd is ten behoeve van het afvullen voor drums.

Twee batches van 23 ton resulteren in $2 * 23 \text{ IBC's} = 46 \text{ IBC's}$.

Eén batch van 23 ton resulteert in $23 \text{ ton} / 0,6 \text{ ton} = 38 \text{ pallets}$

Ondanks dat er naar gestreefd wordt de capaciteit van de heftrucks groter te nemen dan de outputcapaciteit van de afvulinstallatie kunnen toch vertragingen optreden door storingen en pauzes. Om deze reden is aangenomen om de oppervlakte ter grootte te nemen van de helft van de hoeveelheden die gelijktijdig worden afgevuld.

Dit betekent voor IBC's $46 / 2 = 23$ posities. Dit betekent voor IBC's een te reserveren oppervlakte van $23 * 1,2 = 27,6 \text{ m}^2$. Om de twee batches fysiek te scheiden zal dit verdeeld moeten worden in twee locaties.

Dit betekent voor pallet met drums $38 / 2 = 19$ posities. Dit komt overeen met $19 * 1,3 = 24,7 \text{ m}^2$.

In totaal zal dus circa $25 + 28 = 53 \text{ m}^2$ hiervoor gereserveerd moeten worden.

Bijlage 4.3: Benuttingsgraad blokstapeling

De benuttingsgraad van de opslag methode blokstapeling en inrij/doorrijstelling is relatief laag. In tabel 4.1 wordt een benuttingsgraad, voor de blokstapelmethode, gegeven van zo'n 60%. Aan de hand van onderstaande tabel zal dit percentage nader worden toegelicht. Hierbij wordt aangenomen dat in beide opslagmethoden een locatiegrootte wordt gehanteerd van 24 IBC's. Dit betekent dat 6 IBC's diep wordt weggezet en vier hoog wordt gestapeld. Indien in deze locatie 24 IBC's ingeslagen worden is deze locatie bezet en volledig benut. Wordt er echter 1 IBC uitgeslagen dan is de locatie nog steeds bezet, maar echter voor $23/24 * 100 \% = 96 \%$ benut. Geconcludeerd kan worden dat de locatie nog steeds bezet is indien 1 IBC in de locatie aanwezig is. De benuttingsgraad is dan echter $1/24 * 100 \% = 4 \%$.

Om de lage benuttingsgraad aan te tonen zal in de onderstaande tabel een aantal voorbeelden gebruikt worden. Dit wordt belicht door bij elk uitslagmoment een meting te doen van de benuttingsgraad. De uitslaghoeveelheden zijn achtereenvolgens 2, 3, 6 en 12 eenheden.

Uitslag = 2	Ben. graad	Uitslag = 3	Ben. graad	Uitslag = 6	Ben. graad	Uitslag = 12	Ben. graad
24	100 %	24	100%	24	100%	24	100%
22	91,6 %	21	87,5 %	18	75 %	12	50%
20	83,3 %	18	75 %	12	50%		
18	75 %	15	62,5 %	6	25 %		
16	66,7 %	12	50 %				
14	58,3 %	9	37,5 %				
12	50 %	6	25 %				
10	41,7 %	3	12,5 %				
8	33,3 %						
6	25 %						
4	16,6 %						
2	8,3 %						
Gem. Ben. graad	54,2 %	Gem. ben. graad	56,25 %	Gem. ben. graad	62,5%	Gem. ben. graad	75%

Tabel 4.1: Benuttingsgraad bij blokstapeling

Uit bovenstaande tabel kan geconcludeerd worden dat de benuttingsgraad bij blokstapeling groter wordt naarmate de uitslag hoeveelheden groter worden. Bij een gemiddelde uitslag van 3 colli per uitslagmoment levert dit een benuttingsgraad op van 56,25% en bij een gemiddelde uitslag grootte van 12 colli stijgt de benuttingsgraad naar 75%. Ten aanzien van de factor benuttingsgraad is blokstapeling zinvol bij grote uitslaghoeveelheden en minder frequente uitslag.

Bijlage 4.4: Overzicht opslagmethoden

Opslagmethode	Toepassing	Voordelen	Beperkingen
Palletstelling met relatief brede gangpaden	<ul style="list-style-type: none"> - gepalletiseerde goederen - beperkte voorraadvorming per artikel 	<ul style="list-style-type: none"> - FIFO - f 60,- per palletplaats - maximale flexibiliteit ten opzichte van andere palletopslag methoden - stellingen kunnen versteld worden tot andere hoogte - hoge bezettingsgraad (0,9) - iedere pallet afzonderlijk te behandelen - geeft overzichtelijk beeld - relatief gunstige verhouding opslag/rijweg - men hoeft niet te verkassen (b.v. 2 halfvolle locaties samenvoegen tot 1 volle loc.) 	<ul style="list-style-type: none"> - relatief ongunstige verhouding tussen opslag en gangpad gedeelte t.o.v. smalle gangen magazijn
Palletstellingen met smalle gangentrucks	<ul style="list-style-type: none"> - palletiseerbare goederen - beperkte voorraadvorming per artikel 	<ul style="list-style-type: none"> - FIFO - maximale flexibiliteit ten opzichte van andere palletopslag methoden - stellingen kunnen versteld worden tot andere hoogte - hoge bezettingsgraad (0,9) - iedere pallet afzonderlijk te behandelen - geeft overzichtelijk beeld - relatief gunstige verhouding opslag/rijweg - men hoeft niet te verkassen (b.v. 2 halfvolle locaties samenvoegen tot 1 volle loc.) - kosten f60,- per palletplaats 	<ul style="list-style-type: none"> - categorie 1 vloer (minimale tolerantie)
Inrijstellingen/doorrijstelling	<ul style="list-style-type: none"> - groot aantal pallets inrijden - kosten; f120,- per palletplaats - per kanaal 1 artikel - beperkte tot matige omslagfrequentie - grote voorraadvorming per artikel - grote aan -en afvoerhoeveelheden per behandeling (i.v.m. bezettingsgraad) 	<ul style="list-style-type: none"> - gunstige verhouding opslag -en gangpadgedeelte 	<ul style="list-style-type: none"> - beperkte mogelijkheid FIFO - positionering bij binnenrijden van stellingen - regelmatig verplaatsen - lage bezettingsgraad
Verrijdbare stellingen	<ul style="list-style-type: none"> - indien gebrek aan ruimte - lage omslagfrequentie - geringe voorraad per artikel 	<ul style="list-style-type: none"> - hoge benuttingsgraad - FIFO 	<ul style="list-style-type: none"> - minder flexibel - kans op minder gunstige bezettingsgraad - verplaatsen is omslachtig
Doorrolstellingen	<ul style="list-style-type: none"> - 1 artikel per etage mogelijk - hoge omslagfrequenties - grote voorraad 	<ul style="list-style-type: none"> - FIFO goed mogelijk - grote opslagintensiteit 	<ul style="list-style-type: none"> - nadeel minder flexibel door twee soorten colli=s - f 500,- per palletplaats
Blokstapelings	<ul style="list-style-type: none"> - stapelbare goederen - matige omslagfrequentie - grote voorraadvorming (in colli=s per artikel) - grote aan -en afvoer hoeveelheden 	<ul style="list-style-type: none"> - geen palletplaatsen aanschaffen 	<ul style="list-style-type: none"> - zeer lage bezettingsgraad - geen behandeling van afzonderlijke pallet - FIFO is niet mogelijk

Tabel 4.2: Overzicht opslagmethoden

Bijlage 4.5: Overzicht van hulpwerktuigen

In deze bijlage wordt een overzicht gegeven van de beschikbare hulpwerktuigen voor het interne transport en de material handling in het distributiecentrum.

Categorie	Hulpwerktuig	varianten	gangbreedte	Opslaghoogte	Toepassing
pallettransport	Pallettruck	Lopende, zittende of staande bediening			Transport orderverzamelen
Palletbehandeling	Stapelaar	Lopende, zittende of staande bediening	180-230 cm	Tot 400-600 cm	Bij een geringe omslagfrequentie stelt eisen aan palletuitvoering stelt eisen aan stellingen
Vorkheftruck voorral palletbehandeling	Contra-gewicht-truck	Zittende bediening	300-340 cm	Tot 600 cm	Ruim toepasbaar
	Reachtruck	Idem	210-255 cm	Tot 1100 cm	Stelt eisen aan stellingen bij hogere omslagfrequenties
	Vierwegreachtruck	Idem	265 cm	Tot 1000 cm	Stelt eisen aan stellingen specifiek voor lange lasten
	Zijladers	Idem	220-280 cm	Tot 750 cm	Stelt eisen aan stellingen specifiek voor lange lasten
	Rota-reachtruck	Idem	Meer dan 140 cm	Tot 1100 cm	Dragt de last voor zich, zet zijwaarts af stelt hoge eisen aan vloertoleranties
Palletbehandeling en orderverzamelen	Smallegangen truck	Man-up of man-down	Tot 160-170 cm	Tot 1500 cm	Voor semihoogbouw bij man-down hulpmiddelen voor positionering noodzakelijk
Palletbehandeling en orderverzamelen	Stellingsbediening sapparatuur	Ganggebonden, uitvoering met omzetbrug, bochrijdend en wisselrijdend	120-140 cm	Tot 4000 cm	Voor semihoogbouw en hoogbouw railgebonden

Tabel 4.3: Overzicht hulpwerktuigen

Bijlage 4.6: Elementen behorende tot een enkelspel

In de tabel 4.4 worden de elementen behorende tot een enkelspel gegroepeerd naar basistijd, dode tijd, grijptijd en transporttijd.

Tijdscomponenten	Elementen
START	n.v.t.
Tdo	Positioneren van de truck aan de kop van de stelling
Tgr	Vorken uitschuiven onder collo
	Vorken heffen
	Vorken inschuiven
Ttr	Transporttijd van inslagpunt naar inslaglocatie
Tdo	Positioneren van de truck bij de inslaglocatie
Tgr	Vorken inclusief collo uitschuiven
	Vorken laten zakken (pallet afzetten)
	Vorken inschuiven
Ttr	Transporttijd van inslaglocatie naar inslagpunt
STOP	n.v.t.

Tabel 4.4: Elementen behorende tot een enkelspel

Bijlage 4.7: Toelichting eigenschappen hulpwerktuigen

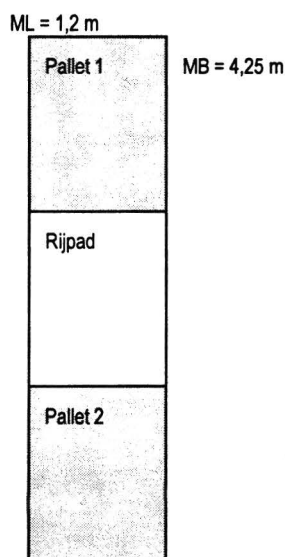
Breedte gangpad

Elk type hulpwerktuig vraagt een andere breedte gangpad. Deze breedte van het gangpad is afhankelijk van de diepte van de collo, de breedte en lengte van het hulpwerktuig zelf, de mogelijke draaicirkel van het hulpwerktuig en veiligheidsafstanden tussen stellingen en trucks.

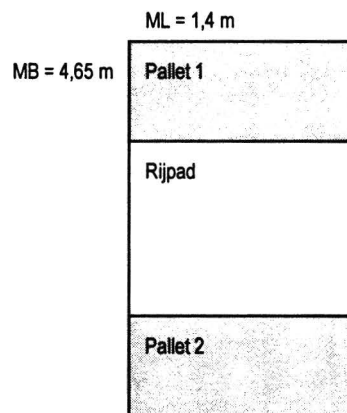
Diepte van de collo:

De pallet kan diep of breed worden opgeslagen. Diepe opslag geeft een oppervlaktebesparing van circa 2 % ten opzichte van brede opslag (voor toelichting zie bijlage 4.8). Daarbij dient aangetekend te worden dat de mate van besparing afhangt van de verschillen tussen breedte en lengte van de pallets en de gekozen gangpadbreedte

In figuur 4.1 en figuur 4.2 zijn twee alternatieven weergegeven; brede- en diepe opslag.



Figuur 4.1: Module diepe opslag



Figuur 4.2: Module brede opslag

Aangezien de diepte van de pallet maximaal 1,20 meter bedraagt zal het gangpad minimaal over deze breedte moeten beschikken.

Breedte en lengte van het hulpwerktuig:

De onderzochte SGT's zijn circa 1,61 meter breed. De reachtruck daarentegen is 1,67 meter breed. De reachtruck zal in tegenstelling tot de SGT een draaiende beweging moeten maken om zich voor de stelling te positioneren. Dit betekent dat de lengte van de reachtruck de gangpadbreedte beperkt. De lengte van deze truck is 2,75 meter.

Mogelijke draaicirkel van het hulpwerktuig:

De SGT zal door het roterende vorkenbord niet hoeven te draaien. De reachtruck heeft daarentegen wel ruimte nodig om te kunnen draaien. Volgens de specificaties van de fabrikanten is daarvoor een minimale gangbreedte benodigd van 1,70 meter. Deze draaicirkel is niet beperkend voor de gangbreedte.

Veiligheidsafstanden tussen stellingen en trucks:

Tussen de stellingen en de SGT wordt aan beide zijden een veiligheidsafstand aangehouden van 10 cm. Dit houdt in dat de gangbreedte voor SGT's minimaal 1,81 zal moeten bedragen. Voor de reachtrucks wordt aan beiden zijden 15 cm veiligheidsafstand aangehouden. De gangbreedte zal dan ook voor de reachtrucks minimaal

3,05 meter moeten bedragen. Het verschil in veiligheidsafstanden tussen beide typen heeft de volgende reden. De SGT's worden door middel van een rechtopstaande rand die zich beneden in de stelling bevindt geleid. Naarmate deze veiligheidsafstand kleiner wordt zal de truck een meer rechte weg volgen. De keuze voor een grotere marge ten aanzien van de reachtruck heeft als motivatie de bestuurder meer speling te geven bij het draaien van de truck. Op deze wijze kan de bestuurder met een hogere snelheid de draaibeweging maken. Immers naarmate de speling groter wordt, naarmate de truck sneller kan manoeuvreren.

Opslaghoogte

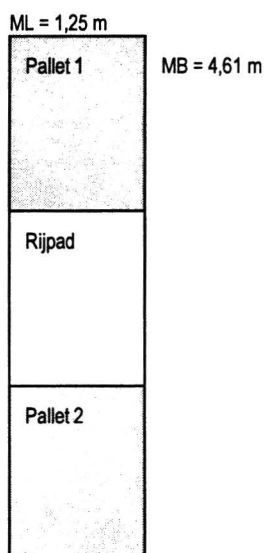
Uit de eisen geformuleerd in hoofdstuk 1 is af te leiden dat de restrictie ten aanzien van de maximum hefhoogte 9,75 meter is. Alle trucks hebben de mogelijkheid om colli in dan wel uit te slaan op deze hoogte.

Eigenschappen last

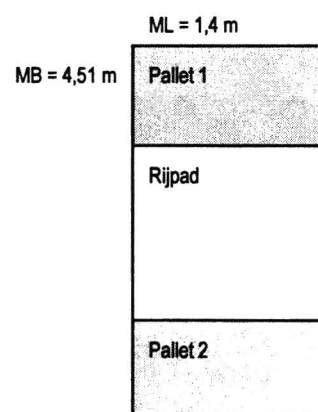
De niet-plafondgeleide systemen kennen een beperking in hefcapaciteit vanaf een hoogte van 7 meter. Dit betekent dat de hef- en snelheid lineair afneemt bij een collo met een gewicht van 1000 kg. of meer. Het plafondgeleide systeem (Cleco) kan op alle hoogtes simultaan rijden en heffen met maximumsnelheden. De maximum hefcapaciteit van dit type is 1500 kg.

Bijlage 4.8: Diepe versus brede opslag

In palletmagazijnen is het, bij mechanische in- en uitslag, zaak de pallets diep te stapelen. Dit levert het minste ruimteverlies op. Dit kan worden aangetoond bij een module die bestaat uit twee tegenover elkaar liggende pallets in een stelling met een magazijngang ertussen. Dit is weergegeven in figuur 4.3 en figuur 4.4.



Figuur 4.3: Diepe opslag



Figuur 4.4: Brede opslag

De breedte van de modules; MB, bestaat uit twee maal de palletdiepte, de noodzakelijke gangbreedte en twee maal een veiligheidsafstand tussen de ruggen van de pallets in de stelling. De noodzakelijke gangbreedte wordt daarbij constant verondersteld bij beiden vormen van opslag.

De lengte van een module, ML, bestaat uit de breedte van een pallet en een veiligheidsafstand tussen twee naburige pallets. Voor de veiligheidsafstand wordt een maat van 0,1 meter aangehouden. Als voorbeeld nemen we hier een unieke palletlocatie van 1200 x 1150 mm. In tabel 4.4 is aangegeven wat de afmetingen zijn van een module bij diepe en brede opslag met behulp van een smalle gangentruck. De gekozen gangbreedte is 1.81 meter.

	ML (in m)	MB (in m)	oppervlakte (in m ²)
Diepe opslag	$1.15 + 2 \times 0.1 = 1.35$	$2 \times (1.2 + (2 * 0.1)) + 1.81 = 4.61$	6.22
Brede opslag	$1.2 + 2 \times 0.1 = 1.4$	$2 \times (1.15 + (2 * 0.1)) + 1.81 = 4.51$	6.31

Tabel 4.5: Diepe versus brede opslag

Uit tabel 4.5 blijkt dat diepe opslag een oppervlaktebesparing geeft van circa 2 % ten opzichte van brede opslag. Hierbij dient aangetekend te worden dat de mate van besparing afhangt van de verschillen tussen breedte en lengte van de pallets en de gekozen gangpadbreedte.

Bijlage 4.9: Berekening oppervlakte inpakafdeling

Uit de goederenstroom analyse is gebleken dat op basis van 60.000 ton uitgegaan kan worden van een uitslag aan pallets met drums van 120 stuks. Van deze 120 stuks zullen naar verwachting circa 30 % niet in eenheidslading uitgeslagen worden. Er zullen drums van de pallet afgehaald moeten worden of drums op de pallet gezet moeten worden. Dit betekent dat $0,3 * 120 =$ circa 36 pallets met drums zullen ingepakt moeten worden.

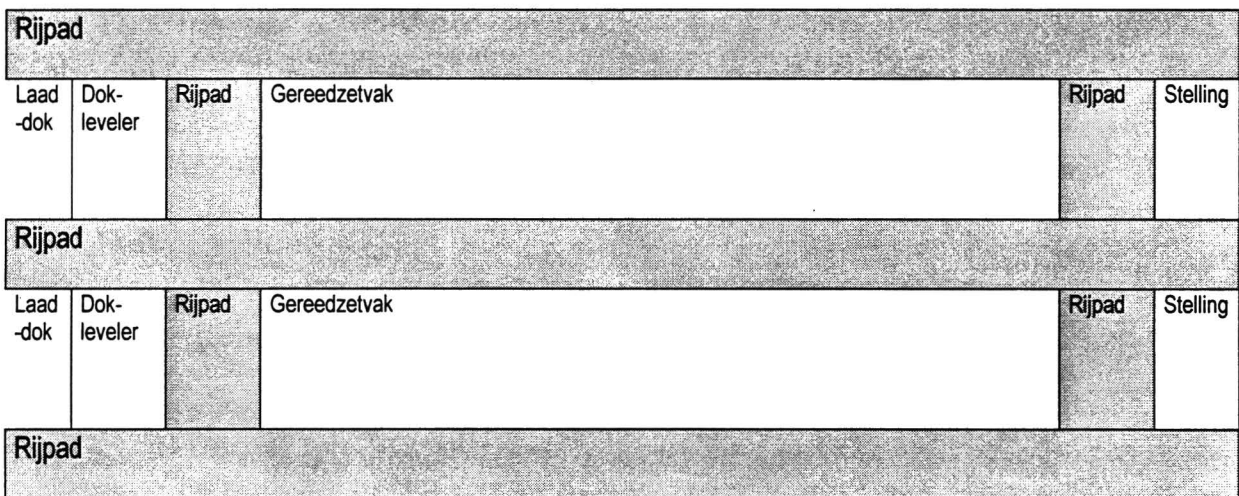
Eveneens is uit hoofdstuk 2 gebleken dat de grondoppervlakte van een pallet (CP9-pallet) $1,32 \text{ m}^2$ bedraagt. Uitgaande van het feit dat de eenheden twee maal per dag naar de goederenafgifte zullen worden verstuurd dan mag aangenomen worden dat er minimaal $20 * 1,32 \text{ m}^2 = 24 \text{ m}^2$ beschikbaar moet zijn. Bij deze oppervlakte zullen werkpaden moeten behoren. Hiervoor wordt nog 30 m^2 gerekend, zodat de inpakafdeling in totaal circa 54 m^2 groot zal moeten worden.

Bijlage 4.10: Berekening benodigde oppervlakte expeditieruimte.

Een gereedzetvak moet gekozen worden ter grootte van de oppervlakte van een trailer. De binnen lengte van een trailer bedraagt 13,6 meter. De binnenbreedte hiervan bedraagt circa 2,5 meter. Zodat de oppervlakte van 1 gereedzetvak $2,5 * 13,6 = 34 \text{ m}^2$ bedraagt. Voor acht gereedzetvakken bedraagt deze oppervlakte 272 m^2 .

Per gereedzetvak zal 1 dokpoort gesitueerd moeten worden. Per dokpoort wordt circa 4 meter in de breedte gereserveerd. Tussen elk gereedzetvak wordt circa 1,5 meter gereserveerd voor rijpad.

De **diepte** van de expeditieruimte moet minimaal bestaan uit 13,6 meter voor de lengte van het gereedzetvak + 2 * 3 meter rijpad aan beide zijden + 3 meter voor de dokleveler. De totale minimale diepte zal nu 22,6 meter bedragen. Uitgaande van 8 dokpoorten zal de **breedte** van de expeditieruimte minimaal circa $8 * 4 \text{ meter} = 32 \text{ meter}$ moeten bedragen. Dit betekent dat minimaal $32 \text{ m} * 22,6 \text{ m} = 732 \text{ m}^2$ moet worden gereserveerd. Voor de verduidelijking hiervan zie ook figuur 4.5.



Figuur 4.5: Bovenaanzicht deel expeditieruimte (drie gangpaden en twee gereedzetvakken)

Bijlage 4.11: Eisen en functionaliteiten voor het WMS

In deze bijlage worden de eisen en functionaliteiten vermeld in paragraaf 4.7 uitgewerkt.

INSLAG

Locatie-toewijzing

Bij DPC worden de ontvangen goederen handmatig aan een opslaglocatie toegewezen. De keuze van de uiteindelijke locatie wordt danof wel door de betreffende heftruckchauffeur bepaald of aangegeven door de planner. In het laatste geval wordt een systeem geraadpleegd om op basis van lege locaties de beste uit te kiezen. In beide gevallen vindt een terugkoppeling plaats (via lijsten) van de heftruckchauffeur naar de loodsbaas om te registreren waar de goederen uiteindelijk zijn opgeslagen. Deze werkwijze vergt onnodig veel registratie en communicatie in de hand. Bovendien is de kwaliteit van het bepalen van de juiste locatie afhankelijk van deze heftruckchauffeur dan wel loodsbaas. En uiteraard zal de procedure **nooit foutloos** worden uitgevoerd. Zo kan een verkeerde locatie worden voorgesteld die reeds blijkt te zijn gevuld. Of de operator kiest de verkeerde locatie, dan wel wordt er een typefout / schrijffout gemaakt tijdens het registreren van de locatie in het huidige systeem. Kortom een modern WMS met automatische locatie-toewijzing en on-line communicatie is noodzakelijk in termen van doorlooptijd en betrouwbaarheid.

Magazijnstructuur vertalen:

Om het WMS in staat te stellen de juiste beslissingen te nemen, moet de magazijn structuur tijdens het implementatietraject worden opgezet in de software. Hierbij kunnen verscheidene aggregatieniveaus worden onderscheiden. Dit begint met de onderneming waarbinnen meerdere DC's te onderscheiden zijn. Ieder DC kan daarbij bestaan uit meerdere fysiek gescheiden gebouwen. Binnen ieder gebouw bevinden zich vervolgens gebieden en zones, die op hun beurt weer bestaan uit locaties en sublocaties. Deze informatie moet binnen het WMS zeer nauwkeurig in kaart worden gebracht.

Opslagprofiel per artikel:

Belangrijk is dat het WMS over een mogelijkheid beschikt om locaties te laten toewijzen aan een bepaald opslagprofiel. Dit betekent dat per artikel moet worden ingevoerd welke opslagzone de eerste voorkeur heeft, welke de tweede, welke de derde enzovoorts. Een bepaalde opslagzone kan hierbij worden gekenmerkt door bijvoorbeeld temperatuurcondities of door opslag van gevaarlijke stoffen. Daarnaast moet een aantal magazijnregels worden aangegeven, waarmee de opslagstrategie van een artikel wordt vastgelegd. Hierbij wordt bijvoorbeeld in het WMS kenbaar gemaakt of er sprake is van crossdocking. Dit betekent dat het WMS eerst moet controleren of er orders openstaan van het artikel. Een andere strategie is om voor een ontvangen artikel eerst te controleren of er behoefte is in de grijplocaties, alvorens het toe te wijzen aan een bulklocatie. Hiermee kan het aantal aanvulopdrachten worden gereduceerd.

Regels per opslaglocatie

Naast de kenmerken per artikel heeft het WMS ook gegevens per locatie nodig om de juiste opslaglocatie binnen een zone te kunnen toewijzen. Allereerst zal per locatie de capaciteit moeten worden aangegeven. Ook is het maximaal toelaatbare gewicht belangrijk om te voorkomen dat een palletstelling te zwaar wordt belast.

Stappen bij locatie-toewijzing

De gehanteerde volgorde van locatie-toewijzing is een logische. Allereerst wordt het DC of gebouw bepaald. Vervolgens vindt er een controle plaats van de crossdocking behoefte evenals de behoefte voor aanvulling van grijplocaties. In de zo bepaalde voorkeursvolgorde moet naar een locatie gezocht worden op basis van een groot aantal in te stellen criteria:

- de eerste vrije locatie
- de picklocatie of daarbij zo dicht mogelijk in de buurt
- de optimale locatie voor inrijden

Bij dit laatste kan worden uitgegaan van locatietoewijzingen, maar ook van de rij- en hefsnelheden van de gebruikte magazijntrucks. Gezien deze optimalisaties en de snelheid van de locatietoewijzing overtreft het WMS duidelijk de menselijke mogelijkheden.

Foutloze uitvoering met RF

De grootste winst van automatische locatietoewijzing is te bereiken in combinatie met radiografische communicatie. Hiermee wordt alle handmatige administratie (papieren) registratie geëlimineerd, terwijl er bovendien een on-line controle op de uitvoering plaatsvindt. Voor de controle van de werkzaamheden is het noodzakelijk iedere handeling te bevestigen door middel van barcode scanning. Dit is de enige manier om on-line te controleren of de juiste pallet op de juiste locatie is ingeslagen. De totale verwerkingstijd (inclusief administratie) zal echter gegarandeerd lager uitvallen met een goed WMS.

Besparing en tijdwinst

De besparing die met een WMS bij de inslag kunnen worden gerealiseerd, zijn terug te vertalen naar snelheid en betrouwbaarheid. De administratieve tijd, die benodigd is om een locatie te zoeken en te registreren, vervalt. Bovendien hoeven operators in volle zones niet langer te zoeken naar een vrije of meest geschikte locatie. Daarnaast stijgt de voorraadbetrouwbaarheid; er wordt niet ongemerkt een verkeerde locatie gekozen of geregistreerd. De tijd die nodig is, om deze fouten later te herstellen, vervalt met een WMS.

UITSLAG

Er zal binnen het WMS een mogelijkheid moeten zijn om uitslagorders te groeperen tot een wave. Het doel van de orderplanning is immers om via waves orders te vormen, die in een bepaalde volgorde worden vrijgegeven aan magazijnmedewerkers. Zo moet een mogelijkheid aanwezig zijn om de orders op basis van leverdatum te groeperen, waarbij orders met de vroegste leverdatum uiteraard voorrang hebben. Een andere mogelijkheid moet zijn om orders op basis van bestemming te groeperen. Andere selectiecriteria kunnen eveneens overwogen worden zoals batches op basis van bepaalde klanten, bepaalde artikelen, bepaalde ordertypen of prioriteit van orders. Een mogelijk om op basis van FIFO uit te slaan moet ingebouwd zijn.

Voorraadtoewijzing zal automatisch aan de hand van de hoeveelheid moeten plaatsvinden uit of bulkvoorraad of uit grijpvoorraad. Daarbij moet het WMS in staat zijn om zoveel als mogelijk orderverzamelmethoden te ondersteunen. Voorbeelden hiervan zijn single orderpicking, batchpicking en zone picking.

Papierloze uitslag

De grote winst van de ondersteuning door een WMS bij uitslag dan wel orderverzamenen, is de papierloze communicatie met verzamelmedewerkers. In plaats van papieren lijsten worden orderverzamelaars uitgerust met handterminals met geïntegreerde barcodescanners. Het WMS communiceert radiografisch met deze handterminals en is op die manier in staat de orderverzamelaars aan te sturen en te controleren. Voor iedere uitslagopdracht wordt de medewerker naar de betreffende locatie gedirigeerd. Daar aangekomen wordt de medewerker verzocht ofwel de artikel/verpakkingsbarcode te scannen ofwel de locatie te scannen. Door de online communicatie is het WMS direct in staat te controleren of de medewerker bij de juiste locatie is het juiste artikel wordt verzameld. Fouten kunnen zo in een vroeg stadium vermeden en/of gecorrigeerd worden.

Aanvullen van bulk naar grijp

Een andere optie die ingebouwd zal moeten zijn in het WMS is de on-line aansturing van de aanvullingen van de grijpvoorraad. In vele magazijnen worden de aanvulopdrachten in een grote wave verzameld en klaargezet bij de picklocaties, waarbij er geen afstemming is tussen uitslag en aanvullen. Dit leidt tot ophopingen of tekorten, waarna veel communicatie benodigd is om dit op te lossen.

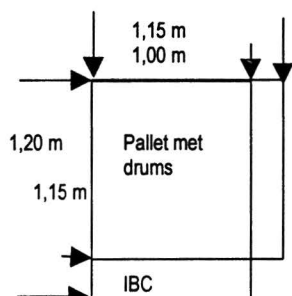
Om de aanvullingen in goede banen te leiden moet per grijplocatie een minimum en een maximum hoeveelheid aangegeven worden. Zodra het voorraadniveau tijdens de uitslag onder het minimumniveau komt genereert het WMS automatisch een aanvulorder om de locatie aan te vullen.

De grootste besparingen die met een goed WMS ten aanzien van de uitslag zal moeten worden bereikt betreft het aantal gemaakte fouten. De praktijk leert immers dat het afhandelen van fouten meer kost dan de daadwerkelijke uitslag.

Bijlage 5.1: Berekening oppervlakte ligger inclusief twee modules

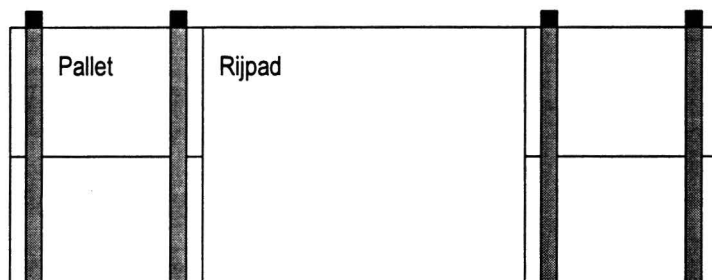
In deze bijlage wordt een berekening gegeven van een ligger inclusief twee modules. Deze berekening zal zich toespitsen op de smallegangen variant en de reachtruck variant.

Uit hoofdstuk 2 blijkt dat twee type colli te onderscheiden zijn. Het eerste type: een IBC beschikt over een grond oppervlakte van 1,20 m x 1,00 m. Het tweede type is een pallet met drums. De drums bevinden zich op zogenaamde CP9 pallets. De afmetingen van de CP9 pallets zijn 1,15 m x 1,15 m. Gestreefd wordt om op een ligger, in het horizontale vlak, beiden typen colli te kunnen opslaan. Op deze wijze ontstaat minder beheerslast bij de locatiekeuze voor een betreffende collo. Dit betekent dat uitgegaan moet worden van de grootste breedte en grootste lengte van deze beide typen. Dit is figuur 5.1 weergegeven.



Figuur 5.1: Palletlocatie

De maximaal benodigde breedte van een pallet is maximaal 1,15 meter. Dit betekent dat zich tussen de staanders minimaal een ruimte van $2 * 1,15 = 2,3$ meter moet bevinden. De staander is 0,05 meter breed, zodat de totale breedte minimaal 2,35 meter breed moet zijn. Er moeten echter veiligheidsafstanden aangehouden worden ter grootte van 0,15 meter tussen de pallets onderling en tussen een pallet en een staander. Dit betekent dat de breedte van een ligger inclusief een staander uit zal komen op 2,80 meter. Zie hiervoor ook figuur 5.2.



Figuur 5.2: Bovenaanzicht ligger inclusief staander en twee modules (grijs=liggers, zwart=staander)

De diepte voor de modules is voor de reachtruck en smallegangen variant van een andere orde.

Smallegangen

De diepte van een module is gelijk aan twee maal de maximale palletdiepte. Deze is gelijk aan 2 maal 1,25 meter ($1,20 + 0,05$ meter veiligheidsafstand) + de smallegangen gangbreedte van 1,81 meter is 4,31 meter. De totale oppervlakte is dan $2,8 * 4,31 = 12,07 \text{ m}^2$.

Reachtruckgangen

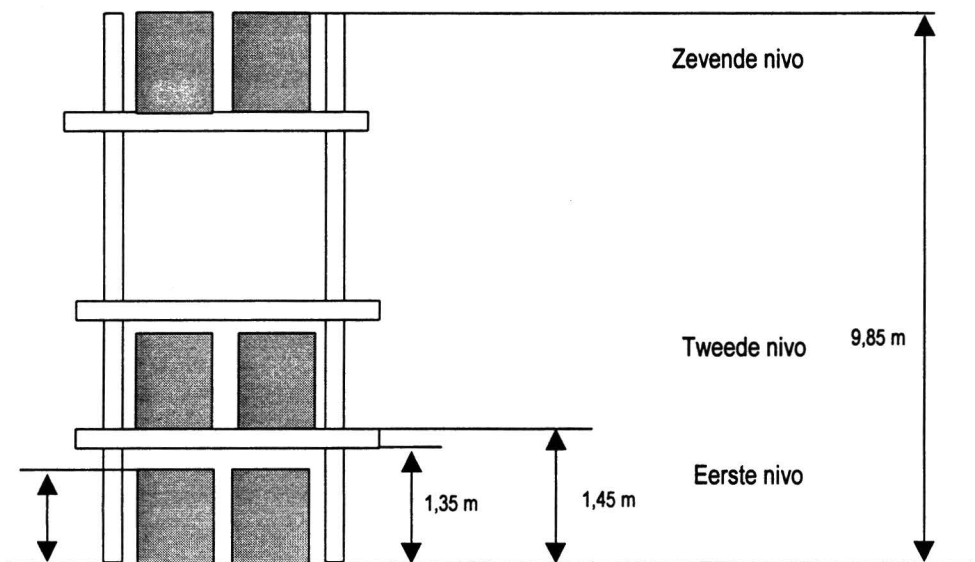
De breedte van een staander inclusief ligger bedraagt eveneens 2,8 meter. De diepte van een module is gelijk aan twee maal de maximale palletdiepte. Dit is gelijk aan 2 maal 1,25 meter (0,05 meter veiligheidsafstand) + een gangbreedte van 3,05 meter is gelijk aan 5,55 meter. De totale oppervlakte is dan $2,8 * 5,55 = 15,54 \text{ m}^2$.

Bijlage 5.2: Berekening aantal palletniveau's

In deze bijlage wordt een uitwerking gegeven van de berekening van het aantal palletniveau's bij 7 en 8 hoog. Hierbij wordt uitgegaan van een maximale opslaghoogte van 10,7 meter (hoofdstuk 1). Deze opslaghoogte is gedefinieerd als vanaf het vloerniveau tot aan de bovenzijde van de hoogst mogelijke te stapelen collo.

Zeven hoog

Bij zeven hoog stapelen wordt uitgegaan van de hoogste collo. Dit is een IBC met een hoogte van 1,15 meter. Deze collo wordt op het grondniveau gezet. Boven deze collo zal zich 0,2 meter vrije hefruimte moeten bevinden. Deze vrije hefruimte is benodigd om de collo van het grondniveau te lichten. Boven deze afstand zal zich een ligger bevinden. Deze is 0,10 meter dik. Zie hiervoor ook figuur 5.3.



Figuur 5.3: Vooraanzicht stelling

Daar de hoogte beperkt is tot 10,7 meter, kan maximaal 7 hoog gestapeld worden, $6 \times 1,45 \text{ m} + 1,15 \text{ m} = 9,85 \text{ m}$. Dit is kleiner dan 10,7 m. De 1,15 meter voor de hoogste palletplaats is exclusief een ligger en hefruimte.

Acht hoog

Indien acht hoog wordt gestapeld zal worden gekozen om de 3 niveau's vanaf het grondniveau te reserveren voor pallets met drums en de 5 erboven gesitueerde niveau's te reserveren voor IBC's.

Uit hoofdstuk 2 is gebleken dat een pallet met drums 0,95 meter hoog is. Hierbij zal 0,20 meter vrije hefruimte komen plus 0,10 meter liggerdikte. De maat vanaf het grondnivo tot aan de bovenzijde van de ligger bedraagt dan 1,25 meter. Drie nivo's bedragen dan $3 \text{ maal } 1,25 \text{ meter} = 3,75 \text{ meter}$.

Voor IBC's wordt vervolgens $4 \times 1,45 \text{ meter} = 5,80 \text{ meter}$ gereserveerd. Op de bovenste ligger zal dan nog een IBC gezet moeten worden zonder ligger en vrije hefruimte. Dit betekent dat de hoogte in totaal $3,75 \text{ m} + 5,80 \text{ m} + 1,15 \text{ m} = 10,70 \text{ meter}$ zal bedragen.

Bijlage 5.3: Berekening variant S10

Berekening S10:

Beschikbaar is een maximale binnenafmeting van 5000 m². 10 gangen levert een breedte op van $10 * 4,31$ meter = 43,10 meter op. Hierbij moet rekening gehouden worden met de kolommen die de dakconstructie dragen en de kolommen die de brandmuur tussen de compartimenten scheiden. Hiervoor wordt 4,5 meter aangenomen. De totale binnenbreedte wordt dan $4,5 + 43,1 = 48,6$ meter. Voor de lengte is dan nog $5000 \text{ m}^2 / 48,6 \text{ meter} = 102,8$ meter beschikbaar.

Voor de ganglengte is nu $102,8 - 22,6 - 8 = 72,2$ meter beschikbaar. Op deze afstand kunnen $72,2 / 2,8 = 25,8$ liggers geplaatst worden. Dit wordt naar beneden afgerond op 25 liggers. De ganglengte wordt afgerond op $25 * 2,8 = 70$ meter. Op deze 25 liggers passen $25 * 2 = 50$ pallets.

Eén liggerrij aan de zijde van de expeditie moet echter gereserveerd worden voor inslag- dan wel uitslagbuffer. Immers de inslag heftrucks in de expeditieruimte zullen de colli aan deze kop van de stelling moeten positioneren alvorens een smallegangtruck deze kan ophalen. Dit geldt in omgekeerde volgorde tevens voor uitslag.

Dit betekent dat het aantal bruikbare liggers per gang 24 stuks bedraagt. De capaciteit van deze 24 liggers bedraagt per gang $24 * 2 = 48$ palletplaatsen.

Het totaal aantal palletplaatsen wordt nu bij 7 hoog stapelen 10 (gangen) * 7 (niveau's) * 2 (stellingrijen per gang) * $48 = 6720$. Het netto aantal beschikbare palletplaatsen bedraagt $0,9 * 6720 = 6048$.

Het totaal aantal palletplaatsen wordt nu bij 8 hoog stapelen $10 * 8 * 2 * 48 = 7680$. Het netto aantal beschikbare palletplaatsen bedraagt $0,9 * 7680 = 6912$.

Voor expeditie is nu $102,8 - 70 - 8 = 24,8$ meter lengte beschikbaar.

Oppervlakte opslaggedeelte wordt	$70 * 48,6 =$	3402 m ²
Oppervlakte expeditie wordt	$24,8 * 48,6 =$	1205 m ²
Oppervlakte gangwisselruimte wordt	$8 * 48,6 =$	389 m ²

De totale oppervlakte wordt voor de S10 variant 4996 m²

Bijlage 5.4: Kosten gebouw

In deze bijlage wordt met behulp van het in hoofdstuk 3 gepresenteerde model de gebouwkosten behorende bij de varianten S10 en R3 weergegeven. In tabel 5.1 zijn de gegevens waarmee is gerekend opgenomen.

Parameters	Waarden behorende bij alternatief S10	Waarde behorende bij alternatief R3
Lengte (in m)	102,8	102,8
Breedte (in m)	48,6	62,6
Hoogte (in m)	12	12
Vloerkosten (in fl)	655	655
Gevelkosten (in fl)	328	328
Dakkosten (in fl)	261	261

Tabel 5.1: Gegevens behorende bij berekening

De gebouwkosten kunnen nu berekend worden met behulp van de volgende formule:

$$\text{Totale kosten gebouw} = [(B * L) * (CV + CD)] + [(2 * B + 2 * L) * H * CG]$$

De kosten voor het gebouw behorende bij het S10-alternatief bedragen: f 5.770.000, - en

de kosten voor het gebouw behorende bij het R3-alternatief bedragen: f 7.197.000, -

Bijlage 5.5: Berekening enkelspelen smallegangentrucks

Aannames Atlet/BT en Cleco Condor Combi:

- lay-out als S10
- simultaan rijden en heffen
- geen rekening gehouden met versnelling voor de horizontale en verticale weg
- berekening enkelspel volgens FEM
- bedrijfstijd = 12 uur
- geen rekening met draaien kop
- geen administratieve tijd
- inslagpunt bevindt zich op vloerniveau
- maximale hoogte te bereiken voor heffpels: 10,7 meter – 1,15 meter = 9,55 meter

Tijdsaannames Atlet/BT en Cleco Condor Combi:

- positioneringstijd = 2 seconden
- vorkuitschuiftijd = vorkinschuiftijd = 10 seconden
- heftijd / daaltijd binnen de stelling = 3 seconden

Theorie berekening:

Bij de berekening van enkelspeltijden wordt onderscheid gemaakt tussen een constante tijdscomponent en een variabele tijdscomponent. In de onderstaande tabel is de vet geaccentueerde tekst de constante tijd bij een enkelspel.

Tijdscomponenten	Elementen	Tijdsduur in seconden (niet cumulatief)
START	n.v.t.	n.v.t.
Tdo	Positioneren van de truck aan de kop van de stelling	2
Tgr	Vorken uitschuiven onder collo	10
	Vorken heffen	3
	Vorken inschuiven	10
Ttr	Transporttijd van inslagpunt naar inslaglocatie	Variabel
Tdo	Positioneren van de truck bij de inslaglocatie	2
Tgr	Vorken inclusief collo uitschuiven	10
	Vorken laten zakken (pallet afzetten)	3
	Vorken inschuiven	10
Ttr	Transporttijd van inslaglocatie naar inslagpunt	Variabel
STOP	n.v.t.	n.v.t.
Totale constante tijd		50

Tabel 5.2: Berekening constante tijden voor beide systemen (bron: gemeten waarden bij Belgian Pakhoed).

Uit deze tabel blijkt dat de tijd onafhankelijk van de rij- en heftijd voor beide typen machines in totaal 50 seconden bedraagt. Dit betekent dat naast de rij- en heftijd deze component altijd aanwezig is. In het hiervolgende wordt de enkelspeltijd voor de Cleco machine berekend.

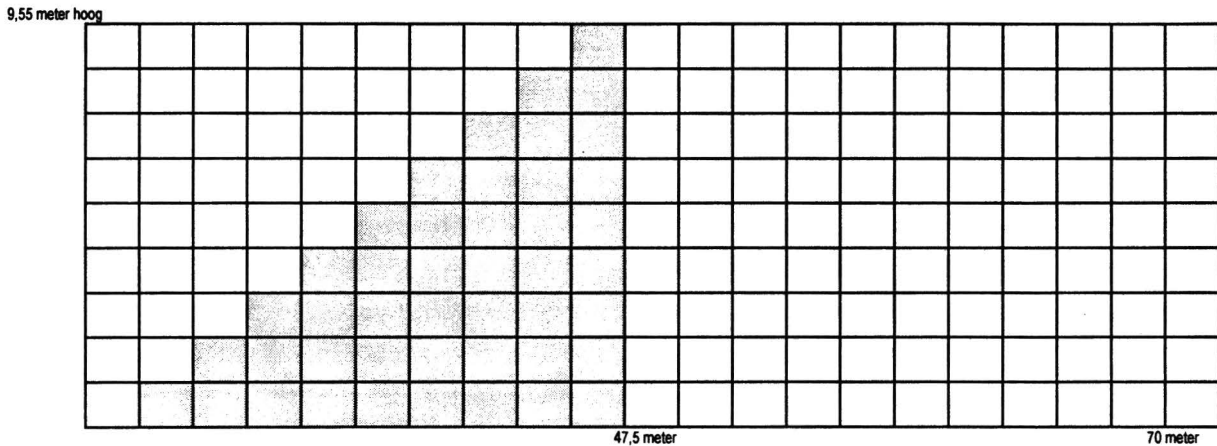
Aannames Cleco:

- hefsnelheid en daalsnelheid is constant bij alle lasten = 0,5 m/s
- rijnsnelheid is constant bij alle lasten = 2,5 m/s

Berekening rijtijden:

De stelling naast de gang waarin de machine voortbeweegt is 70 meter lang. De maximale hoogte waarop een collo moet worden weggezet is 9,55 meter. De stelling wordt nu onderverdeeld in twee gedeeltes. Een gedeelte is

het deel waar de stelling vierkant in de tijd is. Dit betekent dat wanneer de truck start beneden aan de kop van de stelling dan zal hij er $9,55 \text{ m} / 0,5 \text{ m/s} = 19$ seconden over doen om op bij het bovenste opslagniveau aan te komen. In deze 19 seconden zou de machine wanneer deze naast het heffen ook gaat rijden $19 \text{ sec} * 2,5 \text{ m/s} = 47,5$ meter afgelegd hebben. De stelling is dus vierkant in de tijd wanneer deze 9,55 meter hoog zou zijn en 47,5 meter lang zou zijn.



Figuur 5.4: Zijaanzicht stelling; Witte driehoek is boven driehoek, grijze driehoek is onderdriehoek.

In dit vlak, van 47,5 m bij 9,5 m is een snelheidslijn te schetsen door middel van een schuine lijn te trekken die loopt van de coördinaat (0,0) tot (47,5 , 9,5). In praktijk is deze lijn voor te stellen als de lijn die de machine volgt wanneer deze op coördinaat (0,0) start en simultaan begint te rijden en te heffen. Deze machine zal gemiddeld bij coördinaat (47,5 , 9,5) bovenaan in de stelling zijn. Op deze lijn is de horizontale rijtijd gelijk aan de verticale hef-/daalsnelheid.

Het gedeelte van de stelling dat vierkant in de tijd is, is door middel van de snelheidslijn onder te verdelen in een boven- en een onder driehoek. Moet de machine een pallet in- of uitslaan in de onder driehoek dan is de horizontale snelheid bepalend. Moet de machine echter een pallet in de boven driehoek uit- of inslaan dan is de verticale snelheid bepalend.

Twee typen rijtijden kunnen nu bepaald worden. Om een pallet uit te nemen in de onderdriehoek doet de machine er gemiddeld

$$(2/3 * 47,5 \text{ meter}) / 2,5 \text{ m/s} = 12,7 \text{ seconden over.}$$

Om een pallet uit te nemen in de bovendriehoek doet de machine er

$$(2/3 * 9,5 \text{ meter}) / 0,5 \text{ m/s} = 12,7 \text{ seconden over.}$$

Zoals gesteld is de stelling 70 meter lang. Zodat er nog $70 \text{ m} - 47,5 \text{ m} = 22,5$ meter overblijft. Om hier een palletplaats te bereiken is de horizontale rijtijd altijd groter dan de verticale hef of daalstijd. Om in het laatste gedeelte van de stelling een pallet uit te nemen moet de truck dus gemiddeld $47,5 \text{ meter} + (22,5 \text{ m} / 2) = 58,8$ meter rijden. Gemiddeld bedraagt de rijtijd hier dan

$$58,8 \text{ meter} / 2,5 \text{ m/s} = 23,5 \text{ seconden.}$$

Nu zijn drie tijden bekend. Twee maal 12,7 seconden en een maal 23,5 seconden. Nu moet hiervan een gemiddelde worden genomen. Dit gemiddelde moet gerelateerd worden aan de kans dat de truck in een van de drie delen een pallet in dan wel uitslaat.

De bereikbare delen van de stelling hebben een oppervlakte van $9,5 \text{ m} * 70 \text{ m} = 665 \text{ m}^2$. De boven driehoek van het deel van de stelling die vierkant in de tijd is heeft een oppervlakte van $0,5 * 9,5 * 47,5 = 225,6 \text{ m}^2$. Deze oppervlakte geldt ook voor de onderdriehoek van dit deel. Deze is eveneens $225,6 \text{ m}^2$. De resterende oppervlakte die niet vierkant in de tijd is bedraagt $665 - (2 * 225,6) = 213,7 \text{ m}^2$.

Nu kunnen de kansen berekend worden dat in een van de delen een pallet in dan wel uitgeslagen moet worden.

Definiëring:

$P(od)$ = de kans op een palletbeweging in de onderdriehoek

$P(bd)$ = de kans op een palletbeweging in de bovendriehoek

$P(v)$ = de kans op een palletbeweging in het resterende vierkant

Berekening kansen:

$$P(od) = 225,6 / 665 = 0,34$$

$$P(bd) = 225,6 / 665 = 0,34$$

$$P(v) = 213,7 / 665 = 0,32$$

Nu kunnen de gemiddelde variabele tijden (rij- en heftijden berekend worden).

$$2 (\text{heen en terug}) * (0,34 * 12,7 + 0,34 * 12,7 + 0,32 * 23,5) = 32,3 \text{ seconden.}$$

De constante tijd, onafhankelijk van de rijtijden, bedraagt 50 seconden. De gemiddelde enkelspeltijd van de machine bedraagt dan $32,3 + 50 = 82,3$ seconden.

Er kunnen dus $3600 / 82,3 = 44$ enkelspelen per uur uitgevoerd worden.

Aannames bij berekening enkelspeltijden BT/Atlet:

- hefsnelheid en daalsnelheid is constant bij alle lasten = 0,3 m/s
- rijsnelheid is constant bij alle lasten = 1,8 m/s

Berekening rijtijden:

De horizontale snelheid bedraagt 1,8 m/s en de verticale snelheid bedraagt 0,3 m/s. Wanneer de truck start beneden aan de kop van de stelling dan zal hij er $9,5 \text{ m} / 0,3 \text{ m/s} = 31,7$ seconden over doen om op bij het bovenste opslagniveau aan te komen. In deze 31,7 seconden zou de machine wanneer deze naast het heffen ook gaat rijden $31,7 \text{ sec} * 1,8 \text{ m/s} = 57$ meter afgelegd hebben. De stelling is dus vierkant in de tijd wanneer deze 9,5 meter hoog zou zijn en 57 meter lang zou zijn.

In dit vlak, van 57 m bij 9,5 m is een snelheidslijn te tekenen door middel van een schuine lijn te trekken die loopt van de coördinaat (0,0) tot (57, 9,5). Deze machine zal gemiddeld bij coördinaat (57, 9,5) bovenaan in de stelling zijn. Op deze lijn is de horizontale snelheid gelijk aan de verticale snelheid.

Twee typen rijtijden kunnen nu bepaald worden. Om een pallet uit te nemen in de onderdriehoek doet de machine er gemiddeld

$$(2/3 * 57 \text{ meter}) / 1,8 \text{ m/s} = 21,1 \text{ seconden over.}$$

Om een pallet uit te nemen in de bovendriehoek doet de machine er $(2/3 * 9,5 \text{ meter}) / 0,3 \text{ m/s} = 21,1$ seconden over.

Zoals gesteld is de stelling 70 meter lang. Zodat er nog $70 \text{ m} - 57 \text{ m} = 13 \text{ meter}$ overblijft. Dit gedeelte is niet vierkant in de tijd. Om hier een palletplaats te bereiken is de horizontale rijtijd altijd groter dan de verticale hef of daalsnelheid. Om in het laatste gedeelte van de stelling een pallet uit te nemen moet de truck dus $57 \text{ meter} + (13 \text{ m} / 2) = 63,5 \text{ meter}$ rijden. Voor dit deel van de stelling wordt gemiddeld $63,5 \text{ meter} / 1,8 \text{ m/s} = 35,3 \text{ seconden}$ over gereden.

Nu zijn drie tijden bekend. Twee maal 21,1 seconden en een maal 35,3 seconden.

De bereikbare delen van de stelling hebben een oppervlakte van $9,5 \text{ m} * 70 \text{ m} = 665 \text{ m}^2$. De boven driehoek van het deel van de stelling die vierkant in de tijd is heeft een oppervlakte van $0,5 * 9,5 * 57 = 270,8 \text{ m}^2$. Deze oppervlakte geldt ook voor de onderdriehoek van dit deel. Deze is eveneens $270,8 \text{ m}^2$. De resterende oppervlakte die niet vierkant in de tijd is bedraagt $665 - (2 * 270,8) = 123,4 \text{ m}^2$.

Nu kunnen de kansen berekend worden dat in een van de delen een pallet in dan wel uitgeslagen moet worden.

Berekening kansen:

$$P(od) = 270,8 / 665 = 0,41$$

$$P(bd) = 270,8 / 665 = 0,41$$

$$P(v) = 123,4 / 665 = 0,18$$

Nu kunnen de gemiddelde variabele tijden (rij- en heftijden berekend worden).

$$2 (\text{heen en terug}) * (0,41 * 21,1 + 0,41 * 21,1 + 0,18 * 35,3) = 47,3 \text{ seconden.}$$

De constante tijd, onafhankelijk van de rijtijden, bedraagt 50 seconden. De gemiddelde enkelspeltijd van de machine bedraagt dan $47,3 + 50 = 97,3 \text{ seconden}$.

Er kunnen dus $3600 / 97,3 = 37$ enkelspelen per uur uitgevoerd worden.

Bijlage 5.6: Berekening enkelspelen Reachtrucks

Aannames Atlet/BT-reachtruck inclusief hoogte kiezer:

- lay-out als R3
- sequentieel rijden en heffen
- alleen enkelspelen
- gemiddelde afstand af te leggen in horizontale richting is de helft van de stelling. Zo-ook in verticale richting
- bedrijfstijd = 12 uur

Tijdsaannames Atlet/BT-reachtruck:

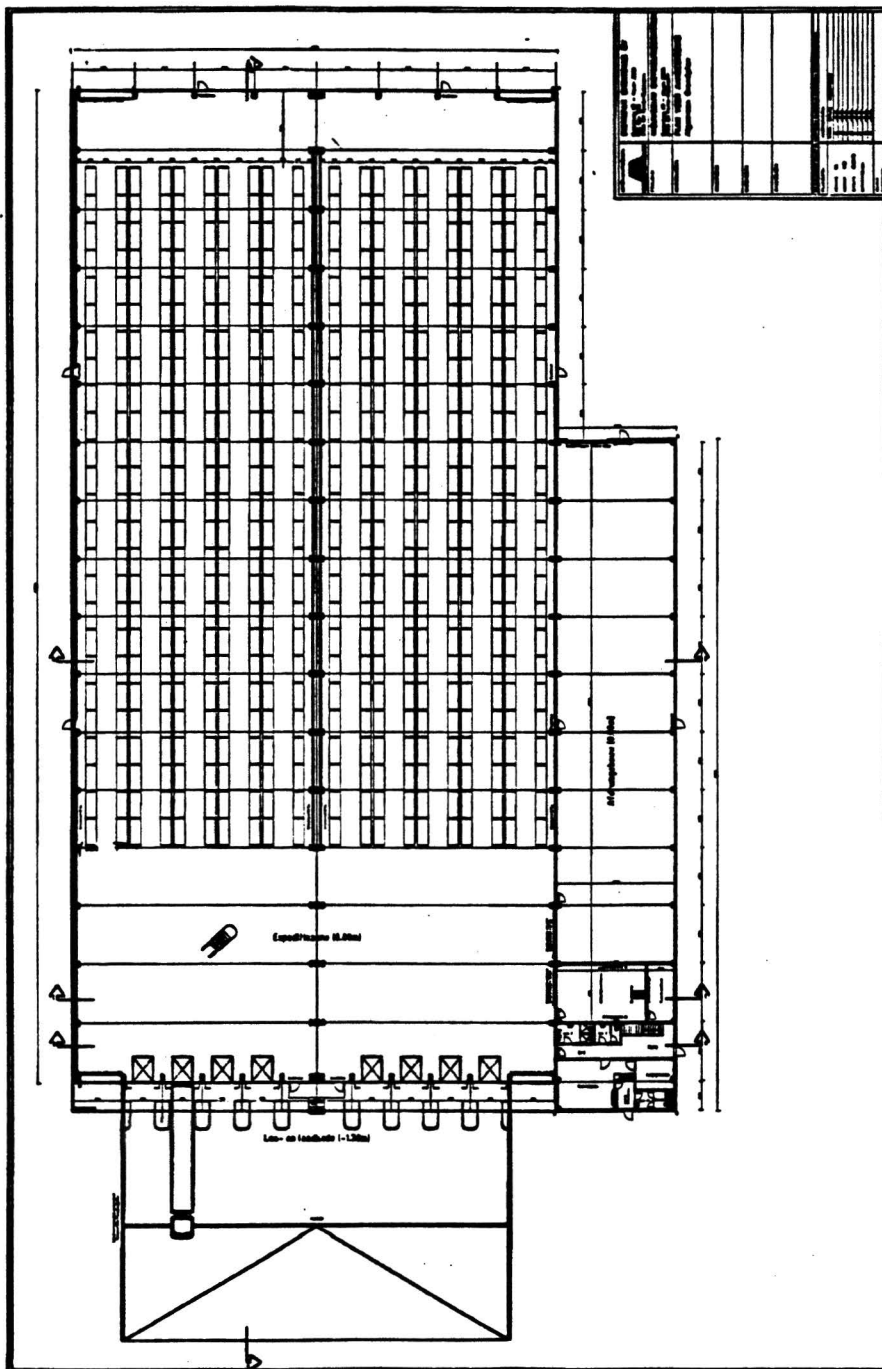
- vorkuitslagtijd = Vorkinslagtijd = 10 seconden
- heftijd / Daalsnelheid binnen de stelling = 3 seconden
- rijnsnelheid is constant bij alle lasten = 2 m/s
- hefsnelheid neemt lineair af bij IBC gewicht. Deze is gemiddeld = 0,37 m/s
- gangwisseltijd = 10 seconden
- positionering = 2 seconden
- indraaitijd machine = 2 seconden

In tabel 5.3 wordt de berekening van een enkelspeltijd van de reachtruck weergegeven

Tijdscomponenten	Elementen	Tijdsduur in seconden (niet cumulatief)
START	n.v.t.	n.v.t.
Tdo	Positioneren van de truck aan de kop van de stelling	2
Tgr	Vorken uitschuiven onder collo	10
	Vorken heffen	3
	Vorken inschuiven	10
Tdo	Draaitijd van truck	4
Ttr	Transporttijd van inslagpunt naar inslaglocatie (horizontaal)	$0,5 * 70 / 2 = 17,5$
Tdo	Draaitijd van truck	4
Tdo	Positioneren van de truck bij de inslaglocatie	2
Ttr	Heftijd richting inslaglocatie	$0,5 * 9,5 / 0,37 = 12,8$
Tgr	Vorken inclusief collo uitschuiven	10
	Vorken laten zakken (pallet afzetten)	3
	Vorken inschuiven	10
Ttr	Daaltijd verticaal	12,8
Tdo	Draaitijd van truck	4
Ttr	Transporttijd van inslaglocatie naar inslagpunt (horizontaal)	17,5
STOP	n.v.t.	n.v.t.
Totale enkelspeltijd reachtruck		123

Tabel 5.3: Berekening enkelspeltijden reachtrucks.

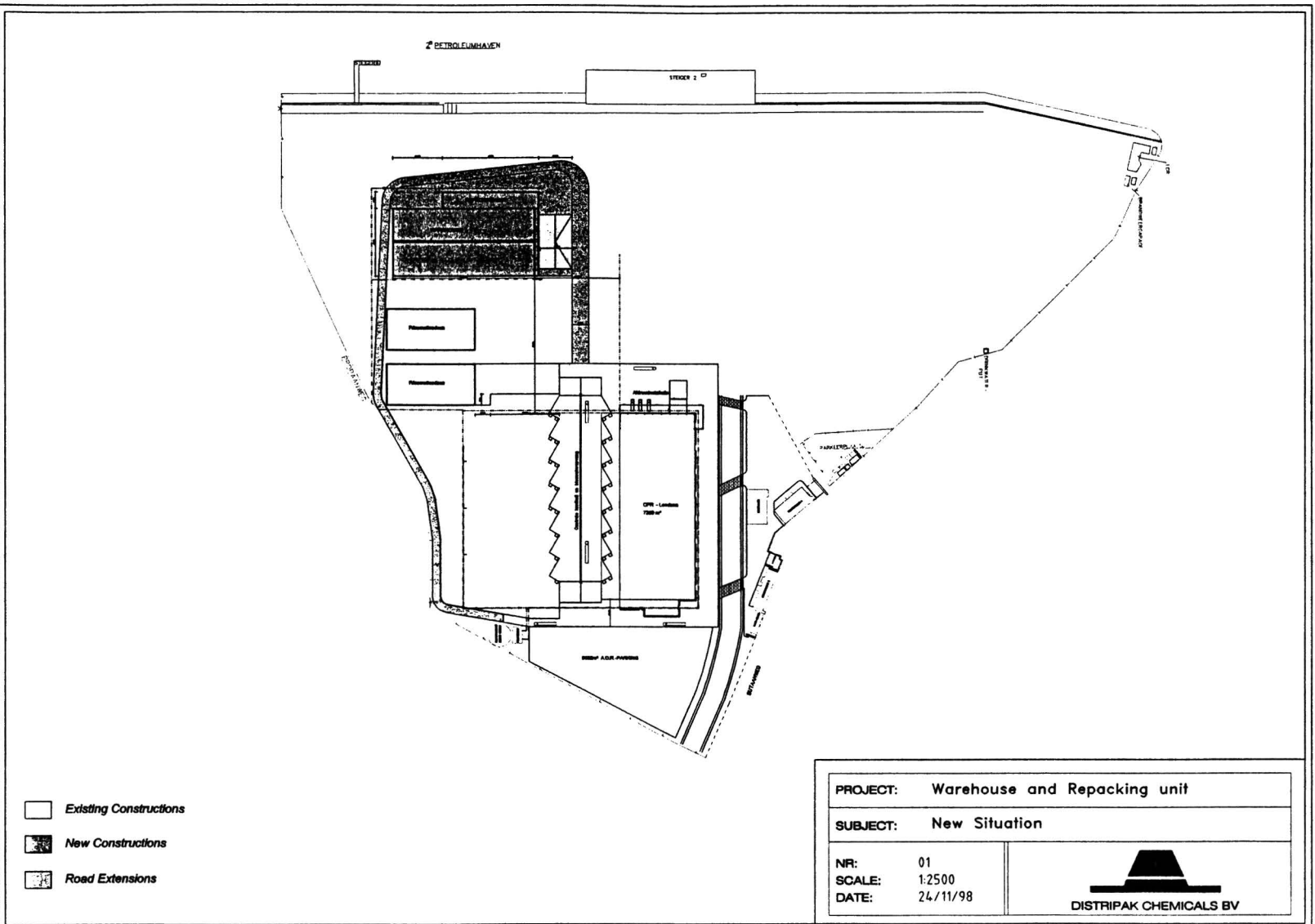
Er kunnen dus $3600 / 123 = 29$ enkelspelen uitgevoerd worden.

Bijlage 5.7: Lay-out distributiecentrum

Figuur 5.5: Lay-out distributiecentrum

Bijlage 5.8: Locatie distributiecentrum

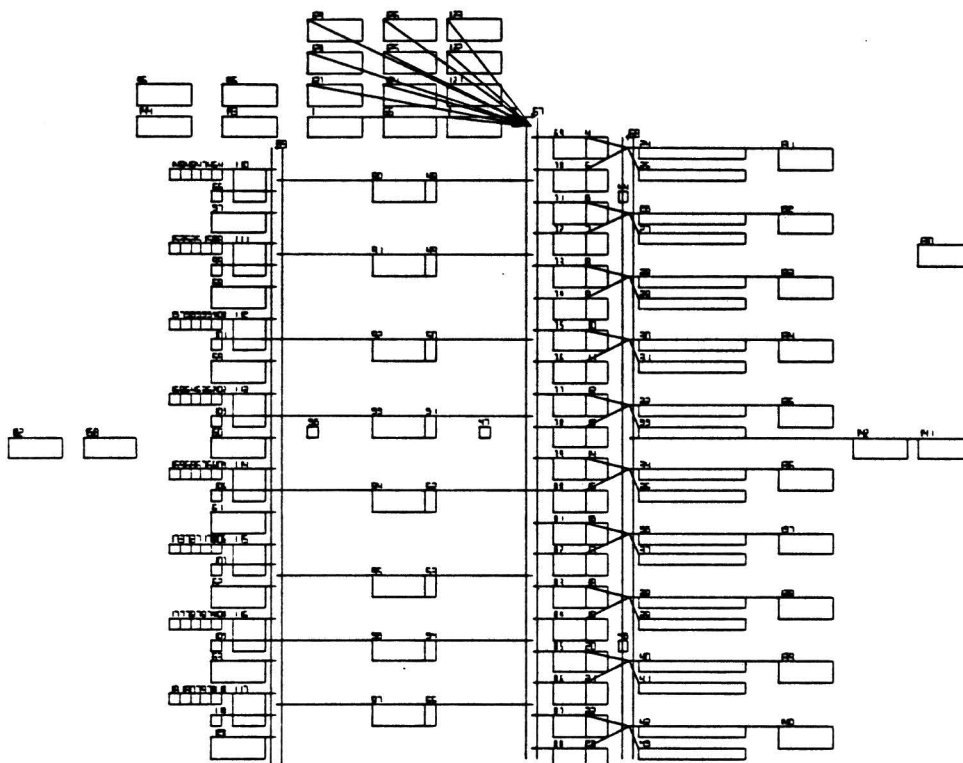
Het meest donker gearceerde gedeelte is de nieuwbouw van het DC.



Figuur 5.6: Locatie distributiecentrum

Bijlage 6.1: Toelichting simulatiemodel

Aan de hand van figuur 6.1 worden de elementen binnen het simulatie model toegelicht.



Figuur 6.1: Weergave simulatiemodel

Inslag:

Linksboven in het model worden met behulp van de input/output elementnummers 144,143 en 1 afvulbatches gegenereerd. Deze afvulbatches worden vervolgens opgeslagen in de wachtrij-cluster die verbonden is met de diagonale lijnen. Vervolgens wordt een complete afvulbatch in alle gevallen in zijn geheel in een gang ingeslagen (nummers 24, 25 en verder). De als element 3 aangemerkte contragewichttruck-inslag transporteert de goederen afkomstig van de afvulininstallatie, over pad 67, in de richting van de buffer aan de kop van de stelling. De inslagbuffer is fysiek gescheiden van de uitslagbuffer. De oneven nummers startende met 69 zijn aan te merken als inslagbuffers. De even nummers startende met 70 zijn uitslagbuffers.

De SGT's zijn genummerd met 44 en 46. Zij rijden over pad 68 en slaan de goederen in. Dit doen zij in de gangen met nummers 24, 25 en verder.

Uitslag:

Het element aan de rechterzijde met nummer 142 genereert uitslagorders. Deze orders worden random toebedeeld aan de gangen (nummers 24, 25 en verder). In element 142 kan eveneens het aantal waves ingevoerd worden. De SGT's slaan deze goederen vervolgens uit op de uitslagbuffer met even nummers 70, 72 en verder. De contragewichttruck-uitslag (47) verdeelt deze vervolgens random over de 8 gereedzetvakken. Vervolgens zullen de contragewichttrucks 56 en 159 de goederen in een betreffende vrachtwagen laden. Dit vindt pas plaats op het moment dat natuurlijk een vrachtwagen gereedstaat. Tot slot verlaten de vrachtwagens het model via in / out element 182.

Bijlage 6.2: Elementen met bijbehorende standaardinstellingen

De hieronder vermelde waarden hebben betrekking op het model dpc2c.sim. De hieronder vermelde waarden gelden ook voor het model dpc3c. Echter hierbij is een extra SGT toegevoegd met het elementnummer 45.

TABLE 6.1: Element parameters (various) --> TRANSPORT

ELEM NR	NAME	T	CAP	USE PTH	PRK POS	RET PRK	SPEED	VRDT
3	Tran_3	T	1	Y	56	N	2.50	free
44	Tran_44	T	1	Y	57	N	0.10	free
46	Tran_46	T	1	Y	57	N	0.10	free
47	Tran_47	T	1	Y	56	N	2.50	free
56	Tran_56	T	1	Y	77	N	2.50	free

TABLE 6.2: Element parameters (various) --> PATH

ELEM NR	NAME	T	CAP	PATH TYPE	ESC PTH	LNGTH	SPEED
67	Path_67	P	2	2w/2tr	Y	60.00	30.00
68	Path_68	P	58	2w/2tr	Y	58.00	30.00
89	Path_89	P	58	2w/2tr	Y	58.00	30.00

TABLE 6.3: Job parameters

JOB NR	NAME	ELEM	JOBTIME			BATCH IN			OUTBATCH		
			par1	dis	par2	par1	dis	par2	par1	dis	par2
1	E1:J1	1	300.00		Neg	1.00			1.00		
3	E3:J1	3	20.00			1.00			1.00		
44	E44:J1	44	41.00			1.00			1.00		
45	E127:J1	45				10.00	Uni	30.00			TLI
46	E46:J1	46	41.00			1.00			1.00		
47	E47:J1	47	20.00			1.00			1.00		
56	E56:J1	56	20.00			1.00			1.00		
57	E114:J2	57	14400.00		Neg	1.00			1.00		
58	E115:J2	58	14400.00		Neg	1.00			1.00		
59	E116:J2	59	14400.00		Neg	1.00			1.00		
60	E117:J2	60	14400.00		Neg	1.00			1.00		
61	E118:J2	61	14400.00		Neg	1.00			1.00		
62	E119:J2	62	14400.00		Neg	1.00			1.00		
63	E120:J2	63	14400.00		Neg	1.00			1.00		
64	E121:J1	64	60.00			1.00			1.00		
66	E66:J1	66				10.00	Uni	30.00			TLI
98	E123:J1	98	60.00			1.00			1.00		
100	E125:J1	100	60.00			1.00			1.00		
102	E127:J2	102	60.00			1.00			1.00		
104	E129:J2	104	60.00			1.00			1.00		
106	E131:J1	106	60.00			1.00			1.00		
108	E133:J2	108	60.00			1.00			1.00		
118	E143:J1	118	60.00			1.00			1.00		
120	E145:J2	120	14400.00			1.00			1.00		
141	E141:J1	141	60.00			1.00			1.00		

143	E143:J1	143	300.00	Neg	1.00	1.00
144	E144:J1	144	300.00	Neg	1.00	1.00
145	E145:J1	145	10.00	Uni	30.00	TLI

ROUTE LISTING

ROUTE	STAGE	NAME	USES	SEND
NR	NR	JOBNR	TO	
FROM				
1	3	R1:3	3	select 1 from att1[E,1]
1	44	R1:44	44	select 1 from att1[E,1]
1	45	R1:127	45	select 1 from 2,121,122,123,124,125,126,127, ...
1	46	R1:46	46	select 1 from att1[E,1]
1	47	R1:47	47	select 1 from att2[E,1]
1	56	R1:56	56	select 1 from att1[E,1]
1	66	R1:66	66	select 1 from 2,121,122,123,124,125,126,127, ...
1	142	R1:142	142	select 1 from (random[9]+131)
1	145	R1:145	145	select 1 from 2,121,122,123,124,125,126,127, ...

EVENT LIST

- Time= 0.00 (repeated every 43200.00 units)
Tli = var[2]:=0
- Time= 0.00 (repeated every 43200.00 units)
Tli = movein[2,1,25]

TLI SYNTAX LISTING

```

(2)  Entry condition = elqueue[E]=0
(121) Entry condition = elqueue[E]=0
(122) Entry condition = elqueue[E]=0
(123) Entry condition = elqueue[E]=0
(124) Entry condition = elqueue[E]=0
(125) Entry condition = elqueue[E]=0
(126) Entry condition = elqueue[E]=0
(127) Entry condition = elqueue[E]=0
(128) Entry condition = elqueue[E]=0
(129) Entry condition = elqueue[E]=0
(2)  Exit condition  = elqueue[69]<3
(45) Exit condition  = var[2]<275
(66) Exit condition  = var[2]<275
(70) Exit condition  = elqueue[att2[E,1]]=0
(72) Exit condition  = elqueue[att2[E,1]]=0
(74) Exit condition  = elqueue[att2[E,1]]=0
(76) Exit condition  = elqueue[att2[E,1]]=0
(78) Exit condition  = elqueue[att2[E,1]]=0
(80) Exit condition  = elqueue[att2[E,1]]=0
(82) Exit condition  = elqueue[att2[E,1]]=0
(84) Exit condition  = elqueue[att2[E,1]]=0
(86) Exit condition  = elqueue[att2[E,1]]=0
(88) Exit condition  = elqueue[att2[E,1]]=0
(90) Exit condition  = elqueue[65]=1
(91) Exit condition  = elqueue[99]=1

```

```

(92) Exit condition = elqueue[101]=1
(93) Exit condition = elqueue[103]=1
(94) Exit condition = elqueue[105]=1
(95) Exit condition = elqueue[107]=1
(96) Exit condition = elqueue[109]=1
(97) Exit condition = elqueue[119]=1
(121) Exit condition = elqueue[71]<3
(122) Exit condition = elqueue[73]<3
(123) Exit condition = elqueue[75]<3
(124) Exit condition = elqueue[77]<3
(125) Exit condition = elqueue[79]<3
(126) Exit condition = elqueue[81]<3
(127) Exit condition = elqueue[83]<3
(128) Exit condition = elqueue[85]<3
(129) Exit condition = elqueue[87]<3
(131) Exit condition = elqueue[5]=0
(132) Exit condition = elqueue[7]=0
(133) Exit condition = elqueue[9]=0
(134) Exit condition = elqueue[11]=0
(135) Exit condition = elqueue[13]=0
(136) Exit condition = elqueue[15]=0
(137) Exit condition = elqueue[17]=0
(138) Exit condition = elqueue[19]=0
(139) Exit condition = elqueue[21]=0
(140) Exit condition = elqueue[23]=0
(145) Exit condition = var[2]<275
(2) Trig. on Exit = att1[C]:=69
(4) Trig. on Exit = att1[C]:=24+random[1]
(6) Trig. on Exit = att1[C]:=26+random[1]
(8) Trig. on Exit = att1[C]:=28+random[1]
(10) Trig. on Exit = att1[C]:=30+random[1]
(12) Trig. on Exit = att1[C]:=32+random[1]
(14) Trig. on Exit = att1[C]:=34+random[1]
(16) Trig. on Exit = att1[C]:=36+random[1]
(18) Trig. on Exit = att1[C]:=38+random[1]
(20) Trig. on Exit = att1[C]:=40+random[1]
(22) Trig. on Exit = att1[C]:=42+random[1]
(45) Trig. on Exit = var[2]:=var[2]+curbatchout[E]
(45) Batch out = curbatch[E]
(66) Trig. on Exit = var[2]:=var[2]+curbatchout[E]
(66) Batch out = curbatch[E]
(90) Trig. on Exit = att1[C]:=110
(91) Trig. on Exit = att1[C]:=111
(92) Trig. on Exit = att1[C]:=112
(93) Trig. on Exit = att1[C]:=113
(94) Trig. on Exit = att1[C]:=114
(95) Trig. on Exit = att1[C]:=115
(96) Trig. on Exit = att1[C]:=116
(97) Trig. on Exit = att1[C]:=117
(121) Trig. on Exit = att1[C]:=71
(122) Trig. on Exit = att1[C]:=73
(123) Trig. on Exit = att1[C]:=75
(124) Trig. on Exit = att1[C]:=77
(125) Trig. on Exit = att1[C]:=79
(126) Trig. on Exit = att1[C]:=81
(127) Trig. on Exit = att1[C]:=83
(128) Trig. on Exit = att1[C]:=85
(129) Trig. on Exit = att1[C]:=87
(131) Trig. on Entry = att1[C]:=5
(132) Trig. on Entry = att1[C]:=7
(133) Trig. on Entry = att1[C]:=9

```

```
(134) Trig. on Entry = att1[C]:=11
(135) Trig. on Entry = att1[C]:=13
(136) Trig. on Entry = att1[C]:=15
(137) Trig. on Entry = att1[C]:=17
(138) Trig. on Entry = att1[C]:=19
(139) Trig. on Entry = att1[C]:=21
(140) Trig. on Entry = att1[C]:=23
(142) Trig. on Exit = att2[C]:=47+empirical[1]
(145) Trig. on Exit = var[2]:=var[2]+curbatchout[E]
(145) Batch out = curbatch[E]
(3) Send to = select 1 from att1[E,1]
(44) Send to = select 1 from att1[E,1]
(45) Send to = select 1 from
2,121,122,123,124,125,126,127,128,129 order random[100]
(46) Send to = select 1 from att1[E,1]
(47) Send to = select 1 from att2[E,1]
(56) Send to = select 1 from att1[E,1]
(64) Receive from = select 1 from 110 quantity 26
(66) Send to = select 1 from
2,121,122,123,124,125,126,127,128,129 order random[100]
(98) Receive from = select 1 from 111 quantity 26
(100) Receive from = select 1 from 112 quantity 26
(102) Receive from = select 1 from 113 quantity 26
(104) Receive from = select 1 from 114 quantity 26
(106) Receive from = select 1 from 115 quantity 26
(108) Receive from = select 1 from 116 quantity 26
(118) Receive from = select 1 from 117 quantity 26
(142) Send to = select 1 from (random[9]+131)
(145) Send to = select 1 from
2,121,122,123,124,125,126,127,128,129 order random[100]
```


Bijlage 6.3: Verificatie

In deze bijlage worden de resultaten weergegeven van de verificatie van het dpc2c model. Het dpc3c model is op dezelfde basis gebouwd. Echter er is een extra SGT toegevoegd. In onderstaande tabel zijn de handmatig berekende waarden vergeleken met de waarden verkregen uit de testrun. De testruns hebben een lengte van 2 dagen. Dit betekent dat in totaal circa 600 producten ingeslagen worden en circa 600 producten uitgeslagen zullen worden.

Te toetsen type element	Functie element in model	Element nummers	Te toetsen parameter	Analytische waarde of verwachte waarde	Simulatie-output
1. Input / output	Inslag afvulinst.	1, 143 en 144	Aankomsten per tijdseenheid	600	610
2. Transporter	Inslag van afvul naar stellingen	3	Bezettingsgraad	63 %	59 %
3. Transporter	SGT's	44, 46	Enkelspelen per uur	43	42
4. Input / output	Genereren uitslag orders	142	Aankomsten per tijdseenheid	600	590
5. Transporter	Uitslag van afvul richting expeditie	47	Bezettingsgraad	73 %	70 %
6. Transporter	Beladen vrachtauto vanuit expeditie	56	Beladingstijd	25 minuten	28 min.
7. Input / output	Genereren aankomsten vrachtauto's	57	Aankomsten per tijdseenheid	2	2

Tabel 6.4: Verificatie van model

Berekening analytisch waarden:

- Ad 1: Hiervoor is geen analytische berekening mogelijk. Het enige dat getoetst kan worden is of de drie input / outputs circa 600 producten genereren. Dit gebeurt inderdaad. De oorzaak van de afwijking is de negatief exponentiële verdeling die gebruikt is bij het genereren van de inslagorders.
- Ad 2: In het model zal de inslagtruck gemiddeld 57 meter / 2 afleggen. Dit is voor een enkele beweging. Indien de terugreis eveneens meegenomen wordt dan zal de truck gemiddeld in totaal 57 meter afleggen. De snelheid waarmee de truck rijdt bedraagt 2,5 m/s, zodat deze over de afstand 57 m / 2,5 m/s = 22,8 seconden doet. Daarnaast zal de truck gemiddeld 2 maal moeten heffen en twee maal moeten dalen (oppakken en wegzetten). Hiervoor is in totaal 40 seconden voor genomen. Dit betekent dat de totale bewerkingstijd in dit geval 62,8 seconden bedraagt. De input genereert elke 100 seconden een colli. Dit betekent dat de bezettingsgraad gemiddeld uit zal komen op 63 %.
- De afwijking tussen de analytische waarde en de modeloutput wordt veroorzaakt, doordat de transporter niet de gemiddelde afstand aflegt. Hiervoor is de testrun te kort. Immers indien 2 dagen gesimuleerd wordt, is de kans groot dat de gemiddelde waarde niet bereikt wordt.
- Ad 3: Indien slechts alleen de uitslaginput generator geactiveerd wordt en er in het proces na de SGT geen verdere capaciteitsbeperkingen te signaleren zijn levert het model 42 enkelspelen per uur. Op basis van de theorie zal de SGT circa 43 enkelspelen per uur moeten leveren. Dit is een verschil van 1 stuk per uur. Dit verschil wordt acceptabel geacht.
- Ad 4: Hiervoor is geen analytische berekening mogelijk. Het enige dat getoetst kan worden is of de uitslag input / output generator circa 600 producten genereert. Dit gebeurt inderdaad. De oorzaak van de afwijking is de negatief exponentiële verdeling die gebruikt is bij het genereren van de inslagorders.
- Ad 5: In het model zal de uitslagtruck gemiddeld 57 meter / 2 afleggen. Dit is voor een enkele beweging.

Indien de terugreis eveneens meegenomen wordt dan zal de truck gemiddeld in totaal 57 meter afleggen. De snelheid waarmee de truck rijdt bedraagt 1,8 m/s, zodat deze over de afstand 57 m / 1,8 m/s (meer bochten maken, t.o.v. 1, in de expeditie-afdeling) = 32 seconden doet. Daarnaast zal de truck gemiddeld 2 maal moeten heffen en twee maal moeten dalen (oppakken en wegzetten). Hiervoor is in totaal 40 seconden voor genomen. Dit betekent dat de totale bewerkingstijd in dit geval 73 seconden bedraagt. De uitslaginput genereert alle orders binnen een gelijke wave op het zelfde tijdstip. Dit betekent dat de bezettingsgraad gemiddeld uit zal komen op 73 %.

De afwijking tussen de analytische waarde en de modeloutput wordt veroorzaakt, doordat de transporter niet de gemiddelde afstand aflegt. Hiervoor is de testrun te kort.

- Ad 6: Uit praktijkmetingen blijkt dat het gemiddeld 25 minuten in beslag neemt om een vrachtauto te beladen. Na de testrun is gebleken dat deze er 28 minuten over doet. Het verschil tussen de verwachte waarde en de simulatiemodel output is minimaal.
- Ad 7: Afhankelijk van de in te stellen kansverdeling met bijbehorende parameter arriveren circa 2 vrachtwagens per dokpoort. Verwacht wordt dat dit in praktijk ook zal plaatsvinden. De input / output generator genereert hier inderdaad twee vrachtwagens.