

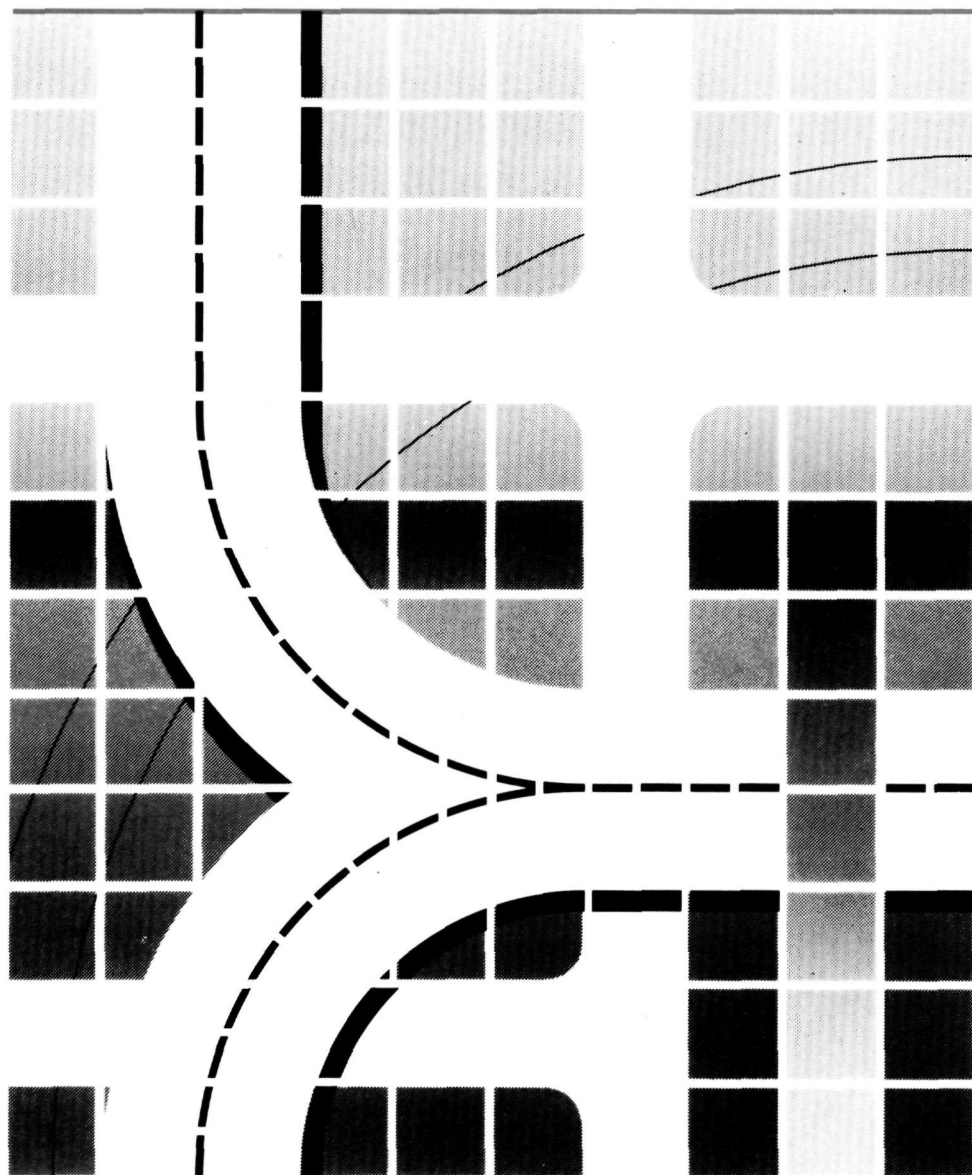
VK 6302.202  
ISSN: LVV rapport  
0920-0592

# Optimalisatie goederenvervoer

Deel 2: Optimalisatie van het logistieke proces d.m.v. verbetering laadproces

Mei 1993

Ir. M.W.J. Schmitz



Technische Universiteit Delft  
Bibliotheek Faculteit der Civiele Techniek  
(Bezoekadres Stevinweg 1)  
Postbus 5048  
2600 GA DELFT

  
**TU Delft**  
Technische Universiteit Delft

**Faculteit der Civiele Techniek**  
Vakgroep Verkeer

Rapp  
CT  
VK  
93-09

590037

Document Vakgroep VERKEER

Technische Universiteit Delft

1. <b>Rapportnr.</b> VK 6302.202	6. <b>ISSN-nummer</b> LVV rapport 0920-0592	
2. <b>Titel rapport</b> Optimalisatie Goederenvervoer Deel 2: Optimalisatie van het logistieke proces d.m.v. verbetering laadproces	7. <b>Onderzoekthema</b>  Goederenvervoer	
3. <b>Schrijver(s)/redacteur(s)</b>  Ir. M.W.J. Schmitz	8. <b>Onderzoekproject</b>  Optimalisatie Goederenvervoer	
4. <b>Uitvoerend instituut</b>  T.U. Delft, Vakgroep Verkeer	9. <b>Rapport type</b>  Vakpublicatie	
5. <b>Opdrachtgever(s)</b>	10. <b>Datum publicatie</b>  Mei 1993	
<p>11. <b>Samenvatting</b></p> <p>In het bulktransport van chemicaliën, zijn de activiteiten laden en lossen van relatief groot belang binnen de totale logistieke keten. Enerzijds nemen deze activiteiten relatief veel tijd in beslag en anderzijds vertonen de laad- en lostijden vaak een grote spreiding en zijn ze moeilijk "voorspelbaar". Dit heeft tot gevolg dat de kans op verstoringen in het rituitvoeringsproces (discrepanties tussen de ritplanning en de rituitvoering) groot is. Het is in principe mogelijk om, door veranderingen aan te brengen in het laad- en losproces, zowel de spreiding in laad- en lostijden te verkleinen alsmede de voorspelbaarheid van de laad- en lostijden te vergroten en daarmee de kans op verstoringen in het (verdere) rituitvoeringsproces te verminderen.</p> <p>Het laad- of losproces is echter niet een op zichzelf staande activiteit, maar vormt een onlosmakelijk onderdeel van een groter en complexer logistiek proces. Dit betekent dat bij ingrepen in het laad- of losproces goed gelet zal moeten worden op de invloed op de planningsmogelijkheden voor de vervoerder(s) en op de verstoringen van de verdere rituitvoering.</p> <p>Onderzocht is welke elementen een beslissing ondersteunend systeem zou moeten bevatten dat een antwoord kan geven op de vraag welke strategie voor het laadproces toegepast moet worden om een efficiënter logistiek proces te verkrijgen. Globaal kunnen de volgende elementen genoemd worden: een analyse instrument voor het verkrijgen van kentallen, een simulatie instrument, een (taktisch) ritplanningstelsel en een evaluatieinstrument.</p>		
12. <b>Begeleidingscommissie</b> Begeleidingscommissie optimalisatie Goederenvervoer	14. <b>Bijbehorende rapporten</b> vk 6302.201 vk 6302.203	
13. <b>Praktijkcontacten</b> AKZO Salt and Basic Chemical Division	15. <b>Aantal blz.</b>  44	16. <b>Prijs</b>  fl.10,-

 Rapp  
 CT  
 VK  
 93-09

3116869

# **OPTIMALISATIE GOEDERENVERVOER**

## **DEEL 2:**

### **OPTIMALISATIE VAN HET LOGISTIEKE PROCES**

### **D.M.V. VERBETERING VAN HET LAADPROCES**

Ir. M.W.J. Schmitz

Technische Universiteit Delft  
Faculteit der Civiele Techniek  
Vakgroep Verkeer

Delft, januari 1993

## **Inhoudsopgave**

### **DEEL 2: OPTIMALISATIE VAN HET LOGISTIEKE PROCES D.M.V. VERBETERING VAN HET LAADPROCES**

<b>SAMENVATTING</b>	<b>1</b>
<b>INLEIDING</b>	<b>3</b>
<b>1 PROBLEEMBESCHRIJVING</b>	<b>5</b>
<b>2 DOEL</b>	<b>8</b>
<b>3 PROBLEEMANALYSE</b>	<b>8</b>
3.1 Inleiding	8
3.2 Beschrijving laadproces	8
3.3 Mogelijke strategieën	12
<b>4 OPZET VAN HET SYSTEEM</b>	<b>13</b>
<b>5 ANALYSE LAADPROCES</b>	<b>18</b>
5.1 Doel	18
5.2 Het cluster / segmentatie algoritme	18
5.3 Object van onderzoek	20
5.4 Mogelijke clustervariabelen	22
<b>6 SIMULATIE LAADPROCES</b>	<b>24</b>
6.1 Doel	24
6.2 Belangrijke variabelen in de simulatie van het laadproces	24
<b>7 RITPLANNING</b>	<b>27</b>
7.1 Inleiding	27
7.2 Doel	27
7.3 Schematisatie	28
7.4 Specifieke kenmerken Pick-Up and Delivery vervoer	29
7.5 Planningsalgoritmes	31
<b>LITERATUUR</b>	<b>33</b>
<b>BIJLAGE A</b> Strategieën laadproces	

## SAMENVATTING

In het bulktransport blijken de activiteiten laden en lossen van relatief groot belang te zijn binnen de totale logistieke keten. Met name in het nationale vervoer, is de benodigde laad- en lostijd dikwijls groter dan de tijd benodigd voor de activiteit rijden.

Uit gesprekken met verschillende vervoerders in het Pick-Up and Delivery vervoer en uit een analyse van ritten van een grote vervoerder in dit type vervoer is verder gebleken dat de laad- en lostijd vaak een grote spreiding vertoont en moeilijk "voorspelbaar" is. Dit heeft tot gevolg dat de kans op verstoringen in het rituitvoeringsproces (discrepancies tussen de ritplanning en de rituitvoering) groot is.

Het is in principe mogelijk om, door veranderingen aan te brengen in het laad- en losproces, zowel de spreiding in laad- en lostijden te verkleinen alsmede de voorspelbaarheid van de laad- en lostijden te vergroten en daarmee de kans op verstoringen in het (verdere) rituitvoeringsproces te verminderen.

Het laad- of losproces is echter niet een op zichzelf staande activiteit, maar vormt een onlosmakelijk onderdeel van een groter en complexer logistiek proces. Dit betekent dat bij ingrepen in het laad- of losproces op een bepaalde lokatie, ook gelet zal moeten worden op de invloed op de planningsmogelijkheden voor de vervoerder(s) en op de verstoringen van de verdere rituitvoering (verstoringen die optreden nadat het voertuig de laadlokatie verlaten heeft).

Een middel om vooraf de consequenties van bepaalde tactische en strategische beslissingen met betrekking tot het laad- en losproces te toetsen, is simulatie van zowel het laad- cq. losproces als van de ritplanning cq. rituitvoering van de vervoerder(s).

Aangezien laden en lossen processen zijn welke sterk op elkaar lijken en veelal opgebouwd zijn uit dezelfde deelactiviteiten, wordt in deze rapportage verder uitsluitend aandacht besteed aan het laadproces.

Het laadproces is hier gedefiniëerd als de verzameling van activiteiten welke plaatsvinden vanaf het moment dat een voertuig bij een laadlokatie arriveert, tot aan het moment waarop dit voertuig deze lokatie definitief weer verlaat.

In het onderzoek zijn voorlopig een achttal mogelijke strategieën voor het laadproces geformuleerd, welke voornamelijk zijn gebaseerd op het terugdringen van de wachttijd cq. de onvoorspelbaarheid van de wachttijd. Het te ontwikkelen Beslissing Ondersteunende Systeem zou in staat moeten zijn de effecten van de verschillende strategieën te kwantificeren en onderling vergelijkbaar te maken.

De acht geformuleerde strategieën zijn:

1. Betere informatieverschaffing aan de vervoerder met betrekking tot wachttijden op de laadlocatie;
2. Uitbreiding van het aantal verlaadpunten;
3. Uitbreiding van de openingstijden;
4. Afstemming van de verschillende activiteiten binnen het laadproces;
5. Vaststelling van prioriteiten in de laadvolgorde;
6. Tijdafspraken met vervoerder;
7. Omkoppelen van trailers;
8. Eén vervoerder voor iedere produktstroom.

Het beslissingondersteunende systeem zoals het hier globaal beschreven is, bestaat uit een viertal belangrijke onderdelen. De eerste component is een analyse-instrument voor het laadproces om kentallen te verkrijgen m.b.t. het huidige laadproces. De kentallen van het laadproces in een toekomstige situatie (dus gegeven een te hanteren strategie) dienen verkregen te worden m.b.v. een simulatie instrument. De effecten van een bepaalde verandering in het laadproces op de planningsmogelijkheden van de vervoerder kunnen bepaald worden door een ritplanning te maken, uitgaande van de kentallen van de nieuwe situatie. Hiervoor is een ritplanningsysteem voor het Pick-Up and Delivery vervoer benodigd. De effecten van het veranderd laadproces op de rituitvoering kunnen bepaald worden m.b.v. een evaluatieinstrument waarmee het ritplan (opgesteld m.b.v. het ritplanningsysteem) stochastisch doorgerekend kan worden.

## INLEIDING

Bij de vakgroep Verkeer van de Technische Universiteit Delft is een onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden om de ritplanning en rituitvoering in het goederenvervoer te optimaliseren. Het onderzoek en de rapportage met betrekking tot het onderzoek is verdeeld in drie delen. In het eerste deel wordt ingegaan op de mogelijkheid de ritplanning te verbeteren door gebruikmaking van gegevens van voorgaande rituitvoeringen (terugkoppeling). In het tweede deel wordt een aanzet gegeven voor een beslissing ondersteunend systeem waarmee onderzocht kan worden wat de consequenties zijn van wijzigingen in het laadproces voor het laadproces zelf, de ritplanning en de rituitvoering. Deel drie tenslotte gaat in op de mogelijkheden van geautomatiseerde ritplanning in het Pick-Up and Delivery vervoer.

Dit tweede deel betreft de rapportage van een onderzoek naar een beslissing ondersteunend systeem waarmee onderzocht moet kunnen worden welke ingrepen in het laad- of losproces mogelijk zijn, zodanig dat het totale logistieke proces wordt geoptimaliseerd. Dit betekent dat bij de beslissing niet uitsluitend gekeken wordt naar het laad- of losproces als een op zichzelf staand proces, maar tevens de interactie tussen het laden (cq. lossen) en de ritplanning en verdere rituitvoering in ogenschouw wordt genomen.

Aangezien laden en lossen processen zijn welke sterk op elkaar lijken en veelal opgebouwd zijn uit dezelfde deelactiviteiten, is in het onderzoek en in deze rapportage uitsluitend aandacht besteed aan het laadproces.

Het laadproces is hier verder gedefinieerd als de verzameling van activiteiten welke plaatsvinden vanaf het moment dat een voertuig bij een laadlocatie arriveert, tot aan het moment waarop dit voertuig deze lokatie definitief weer verlaat.

Voor het laadproces is gekozen aangezien in het Pick-Up and Delivery vervoer (het type vervoer waar in het onderzoek de meeste aandacht aan is besteed) het laadproces op een geringer aantal lokaties plaatsvindt (meer geconcentreerd). Hierdoor bieden ingrepen in het laadproces betere mogelijkheden tot het verbeteren van het totale logistieke proces dan ingrepen in het over meer lokaties verspreide losproces (het aantal loslokaties is in het Pick-Up and Delivery vervoer meestal een veelvoud van het aantal laadlokaties).

In het rapport zal eerst ingegaan worden op het laadproces en de activiteiten welke binnen dit laadproces plaatsvinden. Vervolgens zal ingegaan worden op de opzet van een beslissing ondersteunend systeem ter verbetering van het totale logistieke proces d.m.v. veranderingen in het laadproces. De belangrijkste componenten welke binnen een dergelijk systeem onderscheiden kunnen worden, zijn: een analyseinstrument om inzicht te krijgen in de

duur van alle deelactiviteiten binnen het laadproces, een simulatieinstrument t.b.v. simuleren van nieuwe strategieën voor het laadproces en een ritplanningsysteem om de consequenties van een veranderd laadproces op de totale ritplanning en rituitvoering te kunnen bepalen. Deze drie componenten zullen achtereenvolgens in het rapport behandeld worden.

Het onderzoek is financieel ondersteund door AKZO (Salt and Basic Chemical Division). Daarom hebben sommige onderdelen van het onderzoek en van de rapportage voornamelijk betrekking op het type vervoer (Pick-Up and Delivery vervoer) en produktgroepen (chemicaliën) welke voor AKZO het meest relevant zijn.

## 1 PROBLEEMBESCHRIJVING

Goederenvervoer ontstaat doordat er op bepaalde lokaties overschotten zijn, terwijl er op andere plaatsen tekorten bestaan. Indien de economische waarde van de goederen op de bestemmingslokatie hoger is dan de economische waarde van de goederen op de herkomstlokatie vermeerderd met de transportkosten, is het verplaatsen van de goederen winstgevend en zal er dus vervoer plaatsvinden.

Om de goederen van een herkomstlokatie naar een bestemmingslokatie te kunnen vervoeren, dienen verschillende activiteiten verricht te worden. De belangrijkste activiteit is het maken van de verplaatsing zelf (rijden, varen, vliegen etc.). Daarnaast zijn ook de activiteiten laden en lossen essentieel voor het vervoerproces.

Kijken we naar het aandeel van de activiteiten laden, lossen en (voor het wegvervoer) rijden binnen de totale verplaatsingstijd, dan verschilt de benodigde tijd per activiteit sterk per type vervoer. Als voorbeeld is hier het verschil aangegeven tussen internationaal en regionaal vervoer en tussen distributief vervoer met een groot aantal afleveradressen en Pick-Up and Delivery (bulk-)vervoer.

In het (internationale) lange afstand vervoer is rijden de belangrijkste activiteit en zijn de activiteiten laden en lossen van ondergeschikt belang. In het lokale en regionale vervoer ligt de nadruk juist veel meer op het laden en lossen en in mindere mate op het rijden.

In het distributieve vervoer waarbij een groot aantal adressen bezocht moet worden kost het laden (op een centraal punt) relatief veel tijd terwijl voor het lossen per losadres veelal weinig tijd benodigd is.

In het Pick-Up and Delivery (bulk-)vervoer (waar meestal een volle wagenlading van één herkomstlokatie naar één bestemmingslokatie vervoerd wordt) is het relatieve belang van de activiteiten laden en lossen t.o.v. rijden sterk afhankelijk van de toe te passen overslagtechniek. Bij de overslag van containers zal de werkelijke overslagtijd relatief gering zijn. Hetzelfde geldt voor de overslag van goederen welke gestort kunnen worden (bijvoorbeeld zand en grind). Daarentegen zal de overslagtijd voor goederen die overgepompt moeten worden (bijvoorbeeld vloeibare chemicaliën) relatief veel tijd in beslag nemen.

In dit onderzoek ligt de nadruk vooral op het Pick-Up and Delivery vervoer van chemicaliën in vloeibare vorm (tankvervoer). Verder beperkt het onderzoek zich in eerste instantie voornamelijk tot het vervoer over de korte en middellange afstand (Benelux).

De combinatie van het Pick-Up and Delivery vervoer van vloeistoffen en het vervoer over de korte en middellange afstand, maakt dat de activiteiten laden en lossen van relatief groot belang zijn voor wat betreft het aandeel in de totaal benodigde tijd.

Het laadproces is hier gedefinieerd als de verzameling van activiteiten welke plaatsvinden vanaf het moment dat een voertuig bij de laadlocatie arriveert, tot aan het moment waarop dit voertuig het terrein definitief weer verlaat. De totaal benodigde tijd voor het laadproces kan relatief eenvoudig uit de gegevens van de chauffeur afgeleid worden (bijvoorbeeld uit het opgegeven aankomst- en vertrekmoment).

Uit een analyse van de ritgegevens van een grote vervoerder (gespecialiseerd in het vervoer van chemicaliën) over een periode van 4 weken, is gebleken dat de benodigde tijd voor het totale laadproces een grote spreiding vertoont, variërend van 30 minuten tot 5½ uur. De gemiddeld benodigde tijd voor het totale laadproces blijkt in belangrijke mate afhankelijk te zijn van de laadlocatie, het te verladen produkt en de te verladen hoeveelheid.

Daarnaast wordt er echter ook voor vaste combinaties van laadlocatie en produkt, en uitsluitend volle wagenladingen, een grote variatie in de benodigde tijd gemeten. In tabel 1 zijn voor verschillende combinaties van laadlocatie en produkt (en uitsluitend voor volle wagenladingen) een aantal kentallen voor het laadproces weergegeven.

tabel 1. Kentallen van het laadproces op een zevental verschillende lokaties (gemiddelde laadtijd, spreiding, minimum en maximum (in minuten), aantal waarnemingen)					
laadlocatie	benodigde tijd voor laadproces				
	gem.	std.	min.	max.	n
Rozenburg	145	25	105	240	38
Rotterdam	93	35	45	150	19
Pernis	69	14	60	105	16
Rozenburg	75	27	40	130	16
Rozenburg	85	16	60	120	13
Rozenburg	64	24	30	120	12
Pernis	162	81	60	325	6

De oorzaak van de, in de onderzochte gegevens, gesignaleerde spreiding was niet uit de beschikbare gegevens af te leiden. Om toch iets over de (mogelijke) oorzaken te kunnen zeggen, moet gekeken worden naar de verschillende deelactiviteiten welke binnen het laadproces plaats (kunnen) vinden. In hoofdstuk 3 (probleemanalyse) zal hier nader op worden ingegaan.

### **Interactie met ritplanning en rituitvoering**

Het feit dat het laadproces zo'n grote spreiding in de benodigde tijd vertoont, is van essentieel belang voor de vervoerder.

De vervoerder moet van te voren zijn voertuigen zodanig plannen dat alle vervoersopdrachten op tijd (binnen de tijdafspraken welke met klanten en verladers gemaakt zijn) worden afgewerkt.

Omdat de benodigde tijd voor de verschillende activiteiten geen constant gegeven is maar een stochastische variabele, zal de vervoerder een veiligheidsmarge in zijn planning inbouwen om de kans op overschrijding van de tijdafspraken zo klein mogelijk te laten zijn. Deze marges mogen niet te klein zijn omdat dit ten koste gaat van de betrouwbaarheid van het vervoer (zie deel 1 van deze rapportage "Terugkoppeling van ritgegevens t.b.v. een betrouwbaardere ritplanning"). De marges mogen echter ook niet te groot zijn omdat dit ten koste gaat van de efficiëntie van het vervoer (te grote marges kunnen leiden tot extra lange wachttijden op de lokaties aangezien er een grotere kans is dat de voertuigen te vroeg zijn).

Bij het vaststellen van de grootte van de aan te houden veiligheidsmarges, zal de vervoerder enerzijds uitgaan van de mogelijke gevolgen van te laat komen (de gevolgen kunnen per lokatie, per te vervoeren produkt en per type vervoer sterk verschillen). Anderzijds zal de vervoerder bij het vaststellen van de marge rekening houden met de spreiding die verwacht mag worden in de benodigde tijd voor de verschillende te verrichten activiteiten binnen de rit. Zoals uit tabel 1 blijkt kan de spreiding voor de activiteit laden, voor het type vervoer dat in deze studie beschouwd wordt, aanzienlijk zijn. Indien het mogelijk is om de spreiding in de laadtijden te verkleinen, dan is het in principe mogelijk om in de planning kleinere marges aan te houden (waardoor het vervoer efficiënter uitgevoerd kan worden), zonder dat dit ten koste gaat van de betrouwbaarheid van het vervoer.

Voor verkleining van de spreiding in de laadtijd op de lokaties zijn verschillende strategieën te bedenken. Daarbij moet echter bedacht worden dat de verschillende strategieën direct of indirect ook de ritplanning en rituitvoering kunnen beïnvloeden. Hierdoor ontstaat het risico dat de spreiding in de laadtijd weliswaar verkleind wordt, maar dat daarmee andere beperkingen aan de ritplanning of rituitvoering worden opgelegd, waardoor het netto resultaat van de ingreep minder rooskleurig is dan puur op basis van de verminderde spreiding in de laadtijd op de lokatie verwacht zou mogen worden. Bij de behandeling van de verschillende strategieën zal hier nog nader op worden ingegaan.

## **2 DOEL**

Het doel van de studie is te onderzoeken welke mogelijkheden aanwezig zijn om het laadproces zodanig te veranderen dat het totale logistieke proces efficiënter uitgevoerd kan worden (optimalisatie totale logistieke proces).

## **3 PROBLEEMANALYSE**

### **3.1 Inleiding**

Zoals in de probleembeschrijving reeds is beschreven, wordt het laadproces gekenmerkt door een relatief grote spreiding en een relatief slechte voorspelbaarheid van de duur van het laadproces.

Uit de analyse van de ritgegevens (tabel 1) is gebleken dat de spreiding in de laadtijd voor een bepaalde combinatie van laadlocatie en produkt, erg groot kan zijn. Om deze spreiding te kunnen verklaren, zal nader ingegaan moeten worden op het laadproces en de activiteiten welke binnen dit laadproces plaatsvinden. Voorlopig wordt in de beschrijving uitgegaan van de situatie dat een volle wagenlading geladen moet worden en er gedurende het laadproces geen vrachten binnen de lokatie verplaatst moeten worden. Dit betekent dat de in de onderstaande procesbeschrijving genoemde activiteiten (m.u.v. wachten) ieder slechts eenmaal optreden.

### **3.2 Beschrijving laadproces**

De belangrijkste activiteit binnen het totale laadproces is vanzelfsprekend het laden zelf. Naast de eigenlijke laadactiviteit kunnen binnen het laadproces de volgende activiteiten onderscheiden worden:

- wegen;
- afhandeling van de formaliteiten
- controle (produkt, voertuig)
- rijden op het terrein
- wachten

Naast bovenstaande activiteiten, welke direct samenhangen met het feitelijke laadproces, kunnen binnen het laadproces, zoals dat hier gedefinieerd is, ook nog activiteiten plaatsvinden welke niet rechtstreeks met het laden samenhangen. Het betreft hier activiteiten als lunchen, koffie drinken en rusten.

Om meer inzicht te verkrijgen in de mate waarin de verschillende activiteiten van invloed zijn op de duur van het totale laadproces en met name op de spreiding hierin, zullen de verschillende activiteiten nader worden toegelicht.

De tijd benodigd voor de activiteit **laden** wordt in belangrijke mate bepaald door:

- kenmerken van de laadlocatie (bijvoorbeeld de capaciteit van de aanwezige overslag apparatuur of de wijze van opslag (in een opslagtank of in losse vaten);
- kenmerken van het te verladen produkt (bijvoorbeeld viscositeit);
- de te verladen hoeveelheid.

De laadtijd is een lineaire functie van de hoeveelheid te verladen produkt, met coëfficiënten die afhankelijk zijn van de laadlocatie en het produkt. In het geval van volle wagenladings is de spreiding in de laadtijd op een bepaalde lokatie over het algemeen beperkt (gegeven bovengenoemde factoren).

De activiteit **wegen** is een activiteit welke met name voorkomt in het bulkvervoer. Wegen vindt veelal voor en na het laden plaats. De benodigde tijd is vooral afhankelijk van de lokatie (bijvoorbeeld het aantal weegbruggen en de situering van de weegbruggen). In het algemeen neemt het wegen weinig tijd in beslag en zal ook de spreiding gering zijn.

Bij sommige lokaties ontbreekt een weegbrug. Indien de lading toch gewogen moet worden, betekent dit dat het wegen buiten de lokatie plaats moet vinden. Het wegen kan dan relatief veel tijd kosten, maar de spreiding zal ook dan relatief gering zijn.

Het **afhandelen van de formaliteiten** betreft het in orde maken van de vrachtbrieven, douanepapieren, etc. De benodigde tijd voor deze activiteit is in belangrijke mate afhankelijk van de bestemming van de goederen. Voor binnenlandse vrachten neemt het afhandelen van de formaliteiten over het algemeen weinig tijd in beslag. Voor internationale opdrachten kan de benodigde tijd echter aanzienlijk langer zijn (meer (douane-)formaliteiten af te handelen). De spreiding hangt o.a. af van de mate waarin de benodigde papieren vooraf (kunnen) worden ingevuld.

**Controle van het geladen produkt** is een activiteit welke niet op iedere lokatie en voor elk produkt plaatsvindt. De controle op het produkt kan betrekking hebben op de kwaliteit van het produkt en op de samenstelling van het produkt. Controle kan zowel voor, tijdens als na het laden plaatsvinden. Wanneer het produkt vooraf gecontroleerd wordt, zal dit niet tot aanzienlijke vertragingen hoeven te leiden. Indien de controle plaatsvindt tijdens het laden of nadat het produkt al geladen is, zal het voertuig meestal moeten blijven wachten totdat de uitslag van de controle bekend is, hetgeen enig vertraging op kan leveren (duur  $\pm$  15-30 min.).

Indien de lading wordt afgekeurd, heeft deze controle grote gevolgen voor de totale laadtijd. Het aantal keren dat dit gebeurt, is over het algemeen beperkt. Afkeuring van het produkt kan een gevolg zijn van het feit dat de kwaliteit van het produkt zelf niet goed is, maar kan ook veroorzaakt worden door verontreinigingen welke in de tank aanwezig waren voordat het produkt geladen werd. Bij sommige lokaties vindt voor het laden dan ook een visuele inspectie van de binnenkant van de tank plaats, maar een dergelijke inspectie geeft geen garantie dat de tank voldoende schoon is.

Naast controle van het produkt vindt er bij sommige verladers, voordat het voertuig het terrein verlaat, ook een steekproefgewijze **controle van het voertuig** plaats (i.v.m. het vervoer van gevaarlijke stoffen). Als de uitrusting van het voertuig of de bijbehorende papieren niet correct zijn, mag het voertuig de lokatie niet verlaten. Uiteraard zijn ook nu de consequenties groot, maar is de kans dat het voertuig of de papieren worden afgekeurd beperkt. Het betreft dan meestal voertuigen van incidentele vervoerders die niet door de controle komen en niet de voertuigen van de vaste vervoerders.

Het voertuig zal zich binnen de lokatie tussen de verschillende activiteitruimten moeten verplaatsen. De voor het **rijden op het terrein** benodigde tijd is afhankelijk van de lay-out van de lokatie en zal over het algemeen beperkt zijn en slechts een geringe spreiding te zien geven.

De "activiteit" **wachten** heeft binnen het totale laadproces een specifiek karakter, omdat wachten:

- plaats kan vinden voorafgaand aan meerdere andere activiteiten.
- geen wezenlijke bijdrage levert aan het logistieke proces (dit in tegenstelling tot de eerder genoemde activiteiten binnen het proces). Elke wachttijd groter dan 0 moet in principe gezien worden als een verliespost (hoewel het in een aantal gevallen mogelijk is de wachttijd te benutten als rusttijd of lunchtijd, waardoor de wachttijd niet volledig als verliestijd aangemerkt hoeft te worden).

Wachttijden kunnen o.a. optreden door:

- de (tijdelijke) afwezigheid van personeel op de activiteitplaats;
- een tijdelijke sluiting van de activiteitplaats (bijvoorbeeld door een defect);
- de drukte op de lokatie (wachtrij);

Bij sommige lokaties is niet continu **personeel bij de activiteitplaatsen aanwezig**. Indien een voertuig zich meldt, moet het personeel eerst opgeroepen worden. Dit kan enige wachttijd tot gevolg hebben. Dit soort oponthoud zal met name optreden bij activiteitplaatsen die niet frequent benut worden of gedurende bepaalde periodes van de dag (bijvoorbeeld tijdens de lunchpauze).

Vertragingen (wachttijden) kunnen ook ontstaan als gevolg van een tijdelijke **sluiting van de activiteitplaats** bijvoorbeeld als gevolg van een klein defect. Aangenomen mag worden dat dit type vertraging incidenteel is en daarom zal er verder ook geen aandacht aan besteed worden.

Wachttijden als gevolg van de **drukke op de lokatie** treden over het algemeen het frequentst op en zijn daarom voor zowel de verlader als de vervoerder het meest relevant. Indien uitgegaan wordt van het First-In-First-Out principe (hetgeen bij de meeste lokaties het geval is), dan is de wachttijd (en de spreiding erin) welke ontstaat als gevolg van de aanwezigheid van een wachtrij, afhankelijk van de gemiddelde duur van de activiteit die er op volgt en de grootte van de wachtrij.

$$T_{w_{ij}} = n * T_{a_j} + \alpha * T_{a_j} = (n + \alpha) * T_{a_j}$$

met:

- $T_{w_{ij}}$  = wachttijd voertuig i voor activiteit j
- n = aantal voertuigen in wachtrij voor voertuig i
- $T_{a_j}$  = gemiddeld benodigde tijd voor activiteit j
- $\alpha$  = fractie van de benodigde tijd voor het voertuig dat, op het moment van aankomst van voertuig i, in behandeling is.

Zoals uit de formule blijkt, wordt de wachttijd in belangrijke mate bepaald door het aantal voertuigen dat reeds in de wachtrij staat.

Hierdoor kan een klein verschil in het aankomstmoment (net voor of net achter een ander voertuig), een groot verschil in de totale wachttijd betekenen. Dit maakt de wachttijd (en daarmee de totale tijd voor het laadproces) moeilijk voorspelbaar.

Verder blijkt uit de formule dat de wachttijd afhankelijk is van de duur van de activiteit die er op volgt. Dit betekent dat de grootste wachttijden te verwachten zijn bij de activiteit laden, aangezien deze activiteit (gemiddeld) de meeste tijd in beslag neemt.

De activiteiten **rusten, koffie drinken, lunchen etc.** zijn, zoals gezegd, activiteiten die niet direct samenhangen met het laadproces maar wel gedurende het laadproces (zoals dat hier gedefinieerd is) op kunnen treden en daardoor kunnen leiden tot een aanzienlijke spreiding in de totale procesduur. Het wel of niet optreden van deze activiteiten zal in belangrijke mate afhankelijk zijn van kenmerken van de lokatie (wel of geen kantine waar chauffeurs kunnen eten en koffie drinken) en van het tijdstip waarop het voertuig op de lokatie aanwezig is (bijvoorbeeld tijdens lunchtijd).

Resumerend kan gesteld worden dat aangenomen mag worden dat met name de activiteit wachten (als gevolg van de drukte op de lokatie) verantwoordelijk is voor zowel de spreiding als de onvoorspelbaarheid van de duur van het laadproces.

De spreiding kan ook veroorzaakt worden door de activiteit rusten / koffie drinken / lunchen. Op basis van ervaringsgegevens, en kenmerken van de lokatie (bijvoorbeeld voor chauffeurs toegankelijke kantine) is de vertraging als gevolg van deze activiteit redelijk voorspelbaar.

Tenslotte kan de spreiding in de totale duur van het laadproces veroorzaakt worden door controle van het produkt of van het voertuig. Wanneer het produkt of het voertuig wordt afgekeurd, zal de totale procesduur zeer groot zijn. Verder is ook de voorspelbaarheid van deze oorzaak van verstoringen gering. Aangezien negatief uitvallende controles over het algemeen incidenteel zijn, zijn ze van relatief gering belang voor de vervoerder voor wat betreft de planning (vanwege het incidentele karakter kan en mag de vervoerder er in zijn planning geen rekening mee houden).

### **3.3 Mogelijke strategieën**

De activiteit wachten is een belangrijke oorzaak van de spreiding in de duur van het laadproces en is tevens van groot belang voor de onvoorspelbaarheid van de duur van het laadproces (andere activiteiten hebben wellicht een grotere invloed maar treden incidenteel op en zijn daardoor van minder belang).

Voorlopig zijn een achttal mogelijke strategieën voor het laadproces geformuleerd, welke voornamelijk zijn gebaseerd op het terugdringen van de wachttijd cq. de onvoorspelbaarheid van de wachttijd (zie ook bijlage A). Het te ontwikkelen Beslissing Ondersteunende

Systeem zou in staat moeten zijn de effecten van de verschillende strategieën te kwantificeren en onderling vergelijkbaar te maken.

De 8 geformuleerde strategieën zijn:

1. betere informatieverschaffing aan de vervoerder met betrekking tot wachttijden op de laadlocatie;
2. uitbreiding van het aantal verlaadpunten;
3. uitbreiding van de openingstijden;
4. afstemming van de verschillende activiteiten binnen het laadproces;
5. vaststelling van prioriteiten in de laadvolgorde;
6. tijdafspraken met vervoerder;
7. omkoppelen van trailers;
8. één vervoerder voor iedere produktstroom.

#### 4 OPZET VAN HET SYSTEEM

In het onderzoek is uitgegaan van de situatie waarbij gekeken wordt naar de effecten van ingrepen in het laadproces op één laadlocatie (zoveel mogelijk rekening houdend met de (ongewijzigde) situatie voor de overige lokaties) op de planning en rituitvoering van één vervoerder (zoveel mogelijk rekening houdend met de voertuigen en beslissingen van andere vervoerders).

Het beslissing ondersteunende systeem is bedoeld om de effecten na te gaan van een verandering in het laadproces op het totale logistieke proces. Een verandering in het laadproces zal gevolgen hebben voor de totale procesduur en de spreiding in de procesduur zoals deze op de lokatie plaatsvindt. Het effect van een strategie voor het laadproces op de kentallen het laadproces zelf kan onderzocht worden door middel van een **simulatiemodel** voor de laadlocatie.

Voor een goede simulatie van het toekomstige laadproces, is het noodzakelijk dat een gedetailleerde kennis van het huidige laadproces beschikbaar is. Deze kennis met betrekking tot het huidige laadproces kan verkregen worden door historische gegevens van het laadproces te analyseren. Hiertoe zal een **analyse instrument** in het systeem worden opgenomen.

De strategieën welke gehanteerd worden om een verandering in het laadproces te bewerkstelligen, kunnen van invloed zijn op de mogelijkheden die de vervoerder heeft om een

efficiënt ritplan op te stellen. Dit betekent dat binnen het totale systeem een component aanwezig is die op basis van de kentallen van het laadproces (bepaald met behulp van het simulatiemodel), een ritplan op kan stellen voor het orderpakket van de vervoerder. Omdat het hier geen operationele planning betreft, maar een planning ten behoeve van een tactische / strategische beslissing, kan met een minder gedetailleerd en complex **ritplannings-systeem** volstaan worden.

Het doel van de ingrepen in het laadproces, is een verandering in het laadproces te weeg te brengen, zodanig dat het totale logistieke proces wordt verbeterd. Dit betekent dat de strategieën ook effect zullen hebben op de rituitvoering. Onderzocht zal moeten worden of als gevolg van de strategieën de discrepantie tussen ritplanning en rituitvoering (verstoringen) zal toenemen of zal afnemen. Bij het **evalueren** van de rituitvoering zal uitgegaan moeten worden van het stochastische karakter van de verschillende activiteiten binnen de rituitvoering.

Resumerend kan gesteld worden dat een beslissing ondersteunend systeem t.b.v. het logistieke proces de volgende onderdelen zal moeten bevatten:

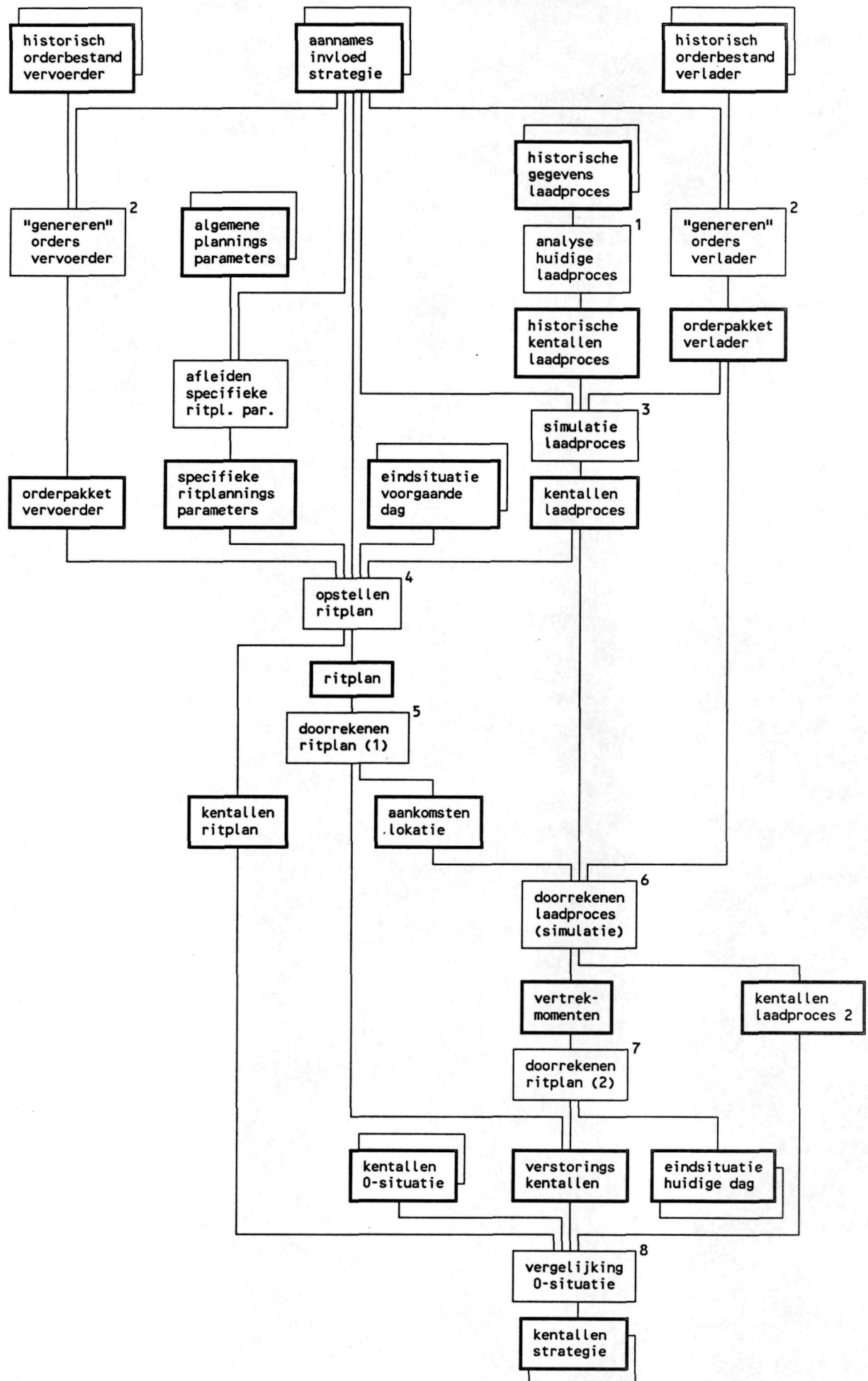
- een analysecomponent voor het laadproces;
- een simulatiecomponent voor het laadproces;
- een ritplanningscomponent t.b.v. de planning van de vervoerder;
- een evaluatie component t.b.v. het doorrekenen van de rituitvoering van de vervoerder.

De verschillende stappen welke binnen het totale systeem te onderscheiden zijn, zullen nader worden toegelicht, aan de hand van het schema op de volgende pagina.

### **Stap 1: Analyse van het laadproces**

Het doel van de analyse van het laadproces is het verkrijgen van kentallen voor het laadproces in de huidige situatie en het vinden van homogene groepen met betrekking tot de duur van het laadproces. De uitkomst van deze analyse is een overzicht van kentallen voor het laadproces, gedifferentieerd naar homogene groepen.

In hoofdstuk 5 zal nader op de analyse van het laadproces worden ingegaan.



Schema optimalisatie logistieke proces d.m.v. ingrepen in laadproces

## **Stap 2: Bepalen orderpakket vervoerder en laadlocatie**

Op basis van historische ordergegevens dient zowel voor de verlader als voor de vervoerder een orderpakket bepaald te worden. Deze orderpakketten worden in het systeem toegepast om de invloed van de strategieën te kunnen kwantificeren (op basis van het orderpakket van de vervoerder wordt het ritplan opgesteld en op basis van het orderpakket van de verlader worden de aankomsten bij de lokatie bepaald).

In het geval de toe te passen strategie geen invloed heeft op het orderpakket (alle strategieën met uitzondering van strategie 8 (toewijzen van één vervoerder aan één goederenstroom)) kan direct gebruik gemaakt worden van een historisch orderpakket. Indien de strategie wel van invloed is, zullen aannames gedaan moeten worden m.b.t. het orderpakket en zal op basis van historische ordergegevens een orderpakket gegenereerd moeten worden (waarin de invloed van de strategie op het orderpakket is verdisconteerd).

Het voordeel van het gebruik van een compleet historisch orderbestand is dat eventueel ook een vergelijking gemaakt kan worden met de ritplanning en rituitvoering zoals deze in werkelijkheid heeft plaatsgevonden.

## **Stap 3: Bepalen kentallen van het laadproces, gegeven de te onderzoeken strategie (simulatie laadproces)**

De simulatie van het laadproces is bedoeld om kentallen (gemiddelde en spreiding) voor het laadproces in de nieuwe situatie te verkrijgen. Deze gegevens heeft de "vervoerder" nodig bij het opstellen van het ritplan.

Uitgangspunt bij de simulatie zijn de kentallen van het huidige laadproces, het (gegenereerde) orderpakket van de verlader en aannames met betrekking tot de invloed van de strategie.

In hoofdstuk 6 wordt nader op de simulatie van het laadproces ingegaan.

## **Stap 4: Opstellen van een ritplan**

Uitgaande van algemene planningparameters (bijvoorbeeld netwerkgegevens) en rekening houdend met de invloed van de strategie, het orderpakket van de vervoerder, de kentallen van het laadproces (gegeven de strategie) en historische kentallen van andere laadlocaties, wordt een ritplan opgesteld.

In hoofdstuk 7 zal uitvoeriger op het opstellen van het ritplan worden ingegaan.

### **Stap 5: Doorrekenen ritplan tot aan de laadlocatie**

De benodigde tijd voor de verschillende activiteiten binnen een rit is geen constante maar een stochastische variabele. De rituitvoering kan doorgerekend worden door voor iedere activiteit binnen een rit, niet de geplande tijdsduur te nemen maar een tijdsduur te loten (gegeven de tijdsduurverdeling voor die betreffende activiteit).

De ritten welke de onderzochte laadlocatie niet aandoen, kunnen doorgerekend worden tot aan het einde van de planningsperiode (dag). De ritten die de lokatie wel aandoen worden doorgerekend tot aan de lokatie. Uit het doorrekenen van het ritplan volgen kentallen van de rituitvoering en de "werkelijke" aankomstmomenten bij de lokatie (relevant voor het doorrekenen van het laadproces (stap 6)).

### **Stap 6: Doorrekenen laadproces**

Gegeven de aankomstmomenten van de voertuigen van de betreffende vervoerder, het orderbestand van de verlader en de stochastische kentallen voor het laadproces welke in de simulatie zijn bepaald, kan het laadproces worden doorgerekend. Hieruit volgen de vertrekmomenten van de voertuigen van de vervoerder (en specifieke kentallen van het laadproces).

### **Stap 7: Verder doorrekenen van het ritplan**

Voor de ritten van de vervoerder die de lokatie aangedaan hebben, wordt het restant van het ritplan verder doorgerekend (de overige ritten zijn in stap 5 al volledig doorgerekend). Uit het stochastisch doorrekenen van de rituitvoering (stap 5 en 7) volgen kentallen van het uitvoeringsproces en kentallen met betrekking tot de optredende verstoringen (o.a. overschrijding van de tijdvensters bij de laatste adressen).

### **Stap 8: Vergelijking met 0-situatie**

De uitkomsten van de verschillende analyses (kentallen van de ritplanning, rituitvoering en van het laadproces) dienen vergeleken te worden met kentallen van de 0-situatie. Op basis daarvan kan een vergelijking gemaakt worden tussen de verschillende strategieën.

## 5 ANALYSE LAADPROCES

### 5.1 Doel

De analyse van het laadproces heeft primair tot doel kentallen te bepalen voor het laadproces in de huidige situatie.

Het nevendoeel van de analyse van het laadproces is het samenstellen van homogene groepen, voor wat betreft de duur van het laadproces op de betreffende laadlocatie. Onder homogene groepen worden hier verstaan verzamelingen van orders (voor de laadlocatie) waarvoor geldt dat de spreiding in de duur van het laadproces (of een eventueel ander object van onderzoek) binnen de verzameling orders relatief klein is t.o.v. de spreiding tussen verschillende ordervverzamelingen. Een grotere homogeniteit maakt dat het "gedrag" van een groep beter voorspelbaar is. Het indelen van de orders in verschillende verzamelingen gebeurt op basis van kenmerken van de orders

Indien homogene groepen te onderscheiden zijn, kan hier in het simulatieproces rekening mee worden gehouden door per homogene groep specifieke parameters voor de verschillende activiteiten te bepalen.

In de literatuur zijn verschillende statistisch mathematische methodieken beschreven, die zijn toegepast om kwantitatief de homogeniteit van een groep vast te leggen (o.a. Everitt (1979), Scheltes en Hamerslag (1984)). Een belangrijke groep wordt gevormd door de cluster/segmentatie-methodieken.

Hier zal in het kort ingegaan worden op een drietal aspecten van deze cluster/segmentatie-methodieken, t.w.:

- het gebruikte groeperingsalgoritme en de keuze van de maat waarmee de relatieve afwijkingen gemeten worden, de homogeniteitsmaat;
- het object van onderzoek (het kenmerk of gedrag waarvoor de homogeniteit van een groep bepaald wordt);
- de mogelijke clustervariabelen (kenmerken van de order, welke gebruikt kunnen worden bij het indelen van de orders in homogene verzamelingen).

### 5.2 Het cluster/segmentatie-algoritme

Het cluster/segmentatie algoritme bepaalt sequentieel de relatieve invloed van de onderscheiden ordergebonden clustervariabelen op de waarde van het object van onderzoek.

Elke clustervariabele is onderverdeeld in een aantal klassen. Voor elke variabele worden,

per klasse, de gegevens m.b.t. het object van onderzoek verzameld. Bij het samenvoegen van klassen zal informatie m.b.t. de afzonderlijke orders verloren gaan.

Het totale informatieverlies dat ontstaat bij samenvoeging van alle klassen tot één groep is een maat voor de bijdrage van het betreffende kenmerk aan de waarde van het object van onderzoek. Deze maat, de homogeniteitsmaat, maakt een kwantitatieve vergelijking mogelijk van de relatieve invloed van de verschillende clustervariabelen. Uitsplitsing naar de klassen van het kenmerk met de grootste invloed (grootste homogeniteitsmaat) leidt tot groepen die, ten aanzien van het gekozen object van onderzoek, de grootste homogeniteit vertonen.

Er zijn verschillende mogelijkheden om de homogeniteit van objecten van onderzoek aan te geven. Een veel gebruikte homogeniteitsmaat is de loglikelihood.

Bij de bepaling van de loglikelihood wordt ervan uitgegaan dat de kans dat een zekere waarneming, behorende tot groep  $i$ , met betrekking tot het onderzoeksobject (bijvoorbeeld duur laadproces), de waarde  $X_{ip}$  heeft, gelijk is aan  $P_{ip}$  (kansdichtheidfunctie) (onder de voorwaarde dat het gemiddelde van de groep waartoe  $p$  behoort gelijk is aan  $\mu_i$ ).

$$P_{ip} = \text{Prob} \{ X = X_{ip} \mid \mu_i \}$$

De karakteristieken die bepalend zijn voor het object van onderzoek, zoals de groepsomvang, het gemiddelde en de spreiding, worden vastgelegd in het produkt van alle kansen  $P_{ip}$  voor de waarnemingen  $p$  behorende tot groep  $i$ . De logaritme van deze waarde heet de loglikelihood  $L_i$ :

$$L_i = \sum_p \text{LN} (P_{ip})$$

Als er evenveel clusters zijn als waarnemingen (d.w.z. de clusterinhoud bestaat uit slechts 1 element) dan is de loglikelihood-waarde maximaal. Iedere samenvoeging van gegevens leidt tot een daling van de loglikelihood. Indien alle laadduurgegevens beschouwd worden als behorende tot één groep, dan is de spreiding binnen de groep het grootst. De groep is dan het minst homogeen, hetgeen tot uiting komt in een minimale  $L_i$ -waarde.

De afstandsmaat  $D_{ij}$  kan gedefinieerd worden als de toename van de loglikelihood die ontstaat als een groep  $B_0$  wordt uitgesplitst in twee deelgroepen  $B_i$  en  $B_j$ .

$$D_{ij} = L_i + L_j - L_0$$

waarbij  $L_0$  de waarde van de loglikelihood van oorspronkelijke groep ( $B_0$ ) is en  $L_i$  en  $L_j$

de waarde van de loglikelihood van de groepen waarin  $B_0$  wordt uitgesplitst (resp.  $B_i$  en  $B_j$ ).

Indien de oorspronkelijk groep relatief inhomogeen is (lage waarde voor  $L_0$ ), maar kan worden opgesplitst in twee nieuwe groepen die ieder een stuk homogener zijn (hoge waarde voor  $L_i$  en  $L_j$ ), dan zal de afstandsmaat  $D_{ij}$  een hoge waarde hebben. M.a.w.: de informatiewinst bij een splitsing van de oorspronkelijke groep naar de 2 nieuwe groepen is relatief groot.

Voor de kansdichtheidfunctie kan bijvoorbeeld de poissonverdeling of de normale verdeling gekozen worden.

Voor verdere informatie met betrekking tot cluster-segmentatie technieken wordt verwezen naar Hamerslag [1986].

### 5.3 Object van onderzoek

Indien men cluster-segmentatie technieken toe wil passen, dan is het wenselijk dat "het gedrag op de laadlocatie" uitgedrukt kan worden in een objectief meetbare grootheid. Deze objectief meetbare grootheid wordt object van onderzoek genoemd.

Mogelijke objecten van onderzoek zijn:

1. totale procesduur;
2. totale benodigde tijd per activiteit;
3. wachttijd per activiteit;

De **totale procesduur** is met name interessant voor de vervoerder aangezien deze de totale tijd dat een voertuig op een lokatie is in de planning op moet nemen. De verdeling van de tijd over de verschillende activiteiten binnen het laadproces is voor hem minder van belang. Extra informatie hier omtrent zal weinig invloed hebben op zijn planning.

Gedetailleerdere informatie met betrekking tot de verschillende activiteiten binnen het laadproces is meer van belang voor de verlader. Informatie met betrekking tot de **wachttijden** binnen het laadproces (**gespecificeerd naar activiteit**) geeft aan bij welke activiteiten relatief de meeste winst valt te behalen. Gegevens met betrekking tot de **totale duur van de verschillende activiteiten** kunnen gebruikt worden in het simulatiesysteem t.b.v. het laadproces.

De verschillende objecten van onderzoek hebben als gemeenschappelijk kenmerk dat er een bepaald tijdsinterval gemeten wordt (weergegeven d.m.v. een begin- en eindmoment). De meetmomenten en meetplaatsen hangen samen met het object van onderzoek.

<p>object van onderzoek: 1: totale procesduur 2: totale benodigde tijd per activiteit 3: totale wachttijd per activiteit</p> <p>kenmerk objecten van onderzoek: - tijdsinterval</p> <p>meetmomenten: - aankomstmoment lokatie (1); - vertrekmoment lokatie (1); - aankomstmoment activiteitplaats (2,3); - startmoment activiteit (3); - vertrekmoment activiteitplaats (2).</p> <p>meetpunten: - bij ingang terrein (1); - bij activiteitplaatsen (2 en 3).</p>
--

#### **Verzamelen gegevens object van onderzoek:**

De te verzamelen gegevens met betrekking tot het object van onderzoek betreffen begin- en eindtijdstippen.

In de huidige situatie vindt bij de meeste verladers uitsluitend een registratie van de aankomst- en vertrekmomenten bij de lokatie plaats. Deze gegevens worden bij de poort genoteerd. Registratie van gegevens met betrekking tot aankomst- en vertrekmomenten bij de verschillende activiteitplaatsen blijft meestal achterwege.

Wanneer het onderzoek uitsluitend beperkt blijft tot een analyse van de totale procesduur (1), kan de registratie beperkt blijven tot het registreren van aankomsten en vertrekken bij de poort. Wanneer een meer gedetailleerdere analyse wenselijk is (per activiteit (2 en 3), zal ook bij de activiteitsplaatsen registratie noodzakelijk zijn.

Het is wenselijk de registratie van de verschillende tijdstippen zoveel mogelijk te automatiseren. Volledige automatisering van de registratie zal in veel gevallen niet mogelijk of te kostbaar zijn.

Gezocht zal moeten worden naar een registratie methode waarbij de nadruk ligt op gebruikersvriendelijkheid en een minimale hoeveelheid te registreren gegevens. Hierbij kan gedacht worden aan een computersysteem waarbij de gebruiker uitsluitend een code voor

het voertuig (bijvoorbeeld een volgnummer of het kenteken) hoeft in te toetsen plus een toets moet indrukken voor het aankomst-, start- of vertrekmoment. Door gebruik te maken van de inwendige klok van het systeem worden de tijden automatisch geregistreerd. Een dergelijk systeem (waarbij gebruik gemaakt is van kleine computers (datacollectoren)) is door de TU-Delft ook gebruikt om de stiptheid en regelmaat bij trams te meten (ook een registratie van aankomst- en vertrekmomenten op haltes) (Hakkesteegt [1981]).

De registratie van de aankomst- en vertrekmomenten kan plaatsvinden door:

1. het personeel van de lokatie zelf
2. derden (bijvoorbeeld studenten).

ad 1 Door bij de poort en bij iedere activiteitplaats een (eenvoudige) computer te plaatsen, kan het personeel van de activiteitplaats zelf de benodigde gegevens invoeren.

Nadeel van registratie door het eigen personeel is dat het personeel ook andere taken te verrichten heeft, waardoor sommige momenten gemist kunnen worden (met name het aankomstmoment).

ad 2 De benodigde tijdstippen kan men ook door derden (bijvoorbeeld studenten) laten registreren. Voordeel is dat de kans dat momenten gemist worden kleiner is en het personeel minder gestoord wordt bij hun eigenlijke werkzaamheden. Een belangrijk nadeel is echter dat deze methode uitsluitend toepasbaar is indien slechts gedurende een korte periode gemeten hoeft te worden (bijvoorbeeld 1 à 2 weken).

#### 5.4 Mogelijke clustervariabelen

Het doel van de cluster-segmentatie analyse is aan te geven welke variabelen van (grote) invloed zijn op de spreiding van het object van onderzoek.

Voor de analyse van het laadproces zijn voorlopig 23 mogelijke clustervariabelen onderscheiden. Hierbij is een onderverdeling gemaakt in lokatieafhankelijke-, orderafhankelijke-, vervoerderafhankelijke- en tijdsafhankelijke variabelen:

##### - lokatieafhankelijke variabelen:

- 1 aantal voertuigen op lokatie op moment van aankomst
- 2 aantal voertuigen in wachtrij bij activiteitplaats
- 3 laadpunt (indien meerdere laadpunten mogelijk zijn)

4 wel of geen beperkte laadcapaciteit

- **orderafhankelijke variabelen:**

- 5 wel of geen controle van produkt
  - goedgekeurd of afgekeurd
- 6 wel of geen controle van voertuig
  - goedgekeurd of afgekeurd
- 7 wel of niet wegen
  - aantal keer wegen
- 8 te laden produkt
  - viscositeit
  - bulk of stukgoed
  - aantal keer laden
  - aantal verschillende produkten
- 9 hoeveelheid
- 10 spoelen op lokatie

- **vervoerderafhankelijke variabelen:**

- 11 vervoerder
- 12 chauffeur
- 13 voertuig

- **tijdsafhankelijke variabelen:**

- 14 aankomstmoment bij laadlokatie
- 15 aankomstmoment bij activiteitplaats
- 16 dag van de week
- 17 werkdag van de week
- 18 week(nummer)
- 19 maand(nummer)

**Verzamelen gegevens clustervariabelen:**

Een groot aantal van bovenstaande variabelen is vooraf reeds bij de lokatie bekend (7, 8, 10, 11, 16, 17, 18 en 19). Het is voor het verzamelen van deze gegevens wenselijk indien er een koppeling bestaat met andere geautomatiseerde bestanden op de lokatie, zodat deze gegevens op eenvoudige wijze daaraan onttrokken kunnen worden.

Andere variabelen dienen al geregistreerd te worden t.b.v. het object van onderzoek of kunnen uit de daarvoor verzamelde gegevens worden afgeleid (1, 2, 14, 15).

De overige variabelen zullen bij aankomst of bij vertrek geregistreerd moeten worden. De meest geschikte plaats hiervoor is de ingang cq. uitgang. Ook hierbij is het van belang dat het systeem zo gebruikersvriendelijk mogelijk is. Verder is het van belang dat bij lokaties waar meerdere in- en/of uitgangen zijn, de gegevens van de verschillende in- en uitgangen eenvoudig gecombineerd kunnen worden.

## **6 SIMULATIE LAADPROCES**

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de simulatie van het laadproces, gegeven een vooraf vastgestelde strategie voor het laadproces.

Allereerst wordt ingegaan op het doel van de simulatie. Vervolgens wordt ingegaan op een aantal belangrijke variabelen binnen de simulatie (waaronder de belangrijkste invoervariabelen).

### **6.1 Doel**

De simulatie van het laadproces heeft tot doel kentallen te verkrijgen met betrekking tot de tijdsduurverdelingen binnen het laadproces gegeven een bepaalde vooraf vastgestelde strategie voor dit laadproces. In tegenstelling tot de analyse van het laadproces heeft de simulatie tot doel kentallen te bepalen met betrekking tot het laadproces in de **nieuwe** situatie.

De kentallen die worden verkregen, worden o.a. gebruikt bij het opstellen van het ritplan en bij het doorrekenen van de rituitvoering (m.n. het doorrekenen van het laadproces).

### **6.2 Belangrijke variabelen in de simulatie van het laadproces**

De belangrijkste variabelen in het simulatieproces zijn:

- de te verrichten activiteiten en de volgorde hierin
- het aankomstmoment op de lokatie
- de tijdsduurverdelingen voor de verschillende activiteiten
- het gehanteerde wachtrijprincipe

De te verrichten activiteiten liggen voor een belangrijk deel vast in de ordergegevens. De ordergegevens dienen informatie te bevatten met betrekking tot de volgende activiteiten welke binnen het laadproces plaats kunnen vinden:

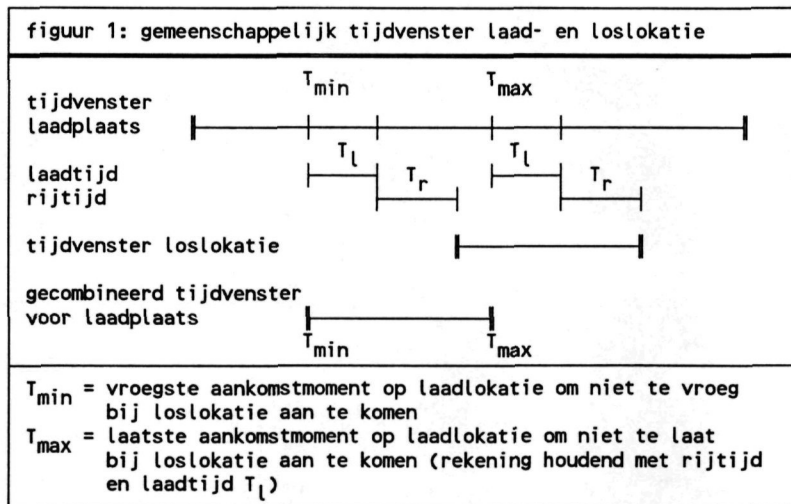
- laden: het aantal zendingen dat tijdens het bezoek aan de laadlocatie geladen moet worden.
- controle: het feit of er wel of geen controle van produkt plaats zal vinden (voor zover dit van te voren bekend is). Controle van het voertuig wordt niet tot de ordergegevens gerekend aangezien deze controle meestal steekproefgewijs plaatsvindt.
- wegen: In de ordergegevens moet aangegeven zijn of er gewogen moet worden en wanneer er gewogen moet worden (vooraf, achteraf of eventueel tussentijds (bij meerdere zendingen)).
- eventueel lokaal transport.

De volgorde waarin de activiteiten plaats dienen te vinden wordt grotendeels bepaald door de activiteiten die verricht moeten worden en is voor een deel vastgelegd in de order.

De niet-ordergebonden activiteiten (zoals bijvoorbeeld de steekproefgewijze controle van het voertuig of het produkt) dienen bepaald te worden d.m.v. een trekking uit een vooraf te bepalen kansverdeling. De toe te passen kansverdeling zal afgeleid moeten worden uit historische gegevens.

Het **aankomstmoment op de lokatie** wordt voor een belangrijk deel bepaald door het tijdvenster van de laadlocatie. Dit tijdvenster wordt bepaald door de openingstijden van de lokatie en door specifieke tijdafspraken tussen vervoerder en verlader.

Daarnaast wordt het aankomstmoment bij de laadlocatie ook bepaald door eventuele tijdvensters bij de loslocatie in combinatie met de rijtijd van de laadlocatie naar de loslocatie. Het tijdvenster aan de loszijde kan het tijdvenster aan de laadzijde in principe verder inperken (het gaat in feite om de doorsnede van beide tijdvensters, rekening houdend met een verschuiving als gevolg van de rijtijd van laad- naar loslocatie (zie figuur 1). Voor meerdaagse buitenlandse ritten is alleen het tijdvenster bij de laadlocatie relevant.



De aankomstmomenten van de voertuigen van de vervoerder die in het onderzoek betrokken is, kunnen afgeleid worden uit het ritplan dat voor de betreffende vervoerder wordt opgesteld. Gegeven het stochastische karakter van alle activiteiten die voorafgaand aan het aankomstmoment plaatsvinden, kan het aankomstmoment bepaald worden (stochastisch doorrekenen van het ritplan).

Het aankomstmoment van de overige voertuigen (voertuigen van andere vervoerders) zal in de nieuwe situatie afgeleid moeten worden uit historische gegevens met betrekking tot het aankomstproces (in relatie tot het (gecombineerde) tijdvenster) rekening houdend met het effect van de strategie op de ritplanning (hetgeen afgeleid kan worden uit de analyse van de ritgegevens van de vervoerder waarvoor een ritplan opgesteld wordt).

Een aantal strategieën voor de laadlokatie heeft direct invloed op het aankomstmoment. Deze strategieën beïnvloeden het aankomstmoment door een wijziging in het aankomstvenster (bijvoorbeeld uitbreiding openingstijden of het maken van tijdafspraken) of door een wijziging van de verdeling van het aankomstmoment (bijvoorbeeld betere informatieverschaffing).

Voor een deel kan het effect afgeleid worden uit het ritplan dat met behulp van een ritplanningssysteem opgesteld wordt. Verder zullen er aannames met betrekking tot het aankomstmoment gedaan moeten worden.

De **tijdsduur voor de verschillende activiteiten** is afhankelijk van de activiteitplaats (de te verrichten activiteit, capaciteit) en van het produkt (viscositeit, hoeveelheid, produkttype (bijvoorbeeld gevaarlijke stoffen)). De benodigde tijdsduur zal afgeleid moeten worden uit ordergegevens (bijvoorbeeld te laden produkt en hoeveelheid) in combinatie met de historische gegevens van het laadproces.

De tijdsduur (en tijdsduurverdeling) is een variabele welke nauwelijks wordt beïnvloed door

de strategie voor het laadproces (alleen uitbreiding van de capaciteit van de laadplaats (in de zin van sneller verladen) heeft invloed op de laadtijd. Bij uitbreiding van de capaciteit wordt echter meer gedacht aan een extra laadpunt in plaats van een sneller laadsysteem. De parameters van de tijdsduurverdeling voor de verschillende activiteiten, kunnen daarom voor een belangrijk deel bepaald worden uit de historische gegevens. Een gedetailleerde analyse van het historisch laadproces (met waarnemingen op activiteitplaats-niveau) is daarom van belang.

Het **wachtrijprincipe** is in belangrijke mate afhankelijk van de te volgen strategie. Momenteel wordt over het algemeen het First-In-First-Out principe gehanteerd op de laadlocaties. De strategieën prioriteitsstelling en afstemming activiteiten wijken van dit wachtrijprincipe af doordat prioriteiten bij de activiteitplaatsen worden verleend. Uitbreiding van de capaciteit geeft geen ander laadprincipe maar een uitbreiding van het aantal "loketten" in het wachtrijmodel.

Bij de overige strategieën blijft het wachtrijprincipe en het aantal "loketten" ongewijzigd.

## **7 RITPLANNING**

### **7.1 Inleiding**

In dit hoofdstuk wordt eerst het doel van een ritplanningssysteem in relatie tot het laadproces beschreven. Vervolgens wordt ingegaan op de mogelijkheid om voor een (taktische) planning van Pick-Up and Delivery vervoer gebruik te maken van planningssystemen die zijn ontwikkeld voor distributief vervoer. Verder zal ingegaan worden op een aantal specifieke kenmerken van het Pick-Up and Delivery vervoer en met name op de verschillen met distributieve vervoer. Tenslotte zal kort ingegaan worden op een aantal planningsalgoritmes voor het distributief vervoer die mogelijk aangepast kunnen worden voor een planning voor Pick-Up and Delivery vervoer op **tactisch** niveau.

### **7.2 Doel**

Ingrepen in het laadproces zullen over het algemeen een effect hebben op de mogelijkheden om een goed ritplan samen te stellen (ritplanning). Deze effecten kunnen zowel positief (bijvoorbeeld uitbreiding van de openingstijden) als negatief zijn (bijvoorbeeld krappere

tijdafspraken tussen vervoerder en verlader).

Het effect van een bepaalde strategie op het planningsproces van een vervoerder kan afgeleid worden uit een vergelijking tussen het ritplan in de nul-situatie en het ritplan met inachtneming van de kentallen voor de betreffende strategie.

Naast effecten op het planningsproces zullen verschillende strategieën ook effect hebben op het rituitvoeringsproces. De effecten van de strategie op de rituitvoering volgen uit een vergelijking van de verstoringen voor de verschillende voertuigen in de nul-situatie en in de situatie waarbij een bepaalde strategie geldt. De verstoringen kunnen afgeleid worden uit het opgestelde ritplan (doorrekenen van het ritplan, gebruik makend van het stochastisch karakter van de benodigde tijden van de verschillende onderdelen van de rit). Uit het doorrekenen van het ritplan volgen ook de aankomstmomenten van de voertuigen bij de laadlocatie welke gebruikt worden in het simulatieproces van de laadlocatie.

### 7.3 Schematisatie

Om de effecten van de verschillende strategieën op het ritplan(ningsproces) te kunnen onderzoeken, zal voor iedere strategie een ritplan opgesteld moeten worden en dit ritplan zal vergeleken moeten worden met het ritplan in de nulsituatie. Om een goede vergelijking mogelijk te maken, zal het ritplan voor een groot aantal dagen (een groot aantal orderbestanden) opgesteld moeten worden.

Voor het opstellen van deze ritplannen is het geen reëel alternatief om een beroep doen op planners van vervoerbedrijven om handmatig deze ritplannen op te stellen (in verband met het grote aantal orderbestanden waarvoor een planning opgesteld dient te worden om betrouwbare uitspraken te kunnen doen). Dit betekent dat voor het maken van de ritplannen gebruik gemaakt zal moeten worden van een geautomatiseerd ritplanningsysteem. Omdat er momenteel geen bruikbare planningsystemen voor het Pick-Up and Delivery vervoer beschikbaar zijn, zal een dergelijk systeem ontwikkeld moeten worden.

Omdat het hier een planning op tactisch niveau betreft, hoeven aan het planningsysteem niet die hoge eisen (qua snelheid, flexibiliteit, gebruikersvriendelijkheid etc.) gesteld te worden welke aan een operationeel planningsysteem gesteld moeten worden.

Een groot probleem bij de operationele planning van het Pick-Up and Delivery vervoer is het feit dat de voertuigen aan het einde van de planningsperiode (in de Nederlandse situatie meestal één dag) niet naar een vaste standplaats terug hoeven te keren maar op een (afhankelijk van de planning) "willekeurige" plaats binnen het vervoergebied blijven overnachten. Pas aan het einde een langere periode (meestal een week) keren de voertuigen in principe

naar hun vaste standplaats terug. Dit betekent dat er in de operationele planning gewerkt moet worden met een open eind (eindpunt van de planning (= beginpunt van de planning van de volgende dag) ligt niet bij voorbaat vast) terwijl op langere termijn (tactische planning) gewerkt kan worden met een gesloten einde van de planning (voertuigen keren naar hun standplaats terug). Wanneer we in het informatiesysteem ten behoeve van het laadproces de planning op tactisch niveau (weekbasis) bekijken, heeft dit als belangrijk voordeel dat het Pick-Up and Delivery vervoer in dat geval als een rondrit beschouwd kan worden. Dit betekent dat voor het planningsysteem in principe gebruik gemaakt kan worden van algoritmes welke specifiek voor rondritproblemen ontwikkeld zijn.

In deel 3 van deze rapportage ("Ritplanning in het Pick-Up and Delivery vervoer") wordt uitgebreider op de problematiek van het "open einde" in de operationele planning ingegaan.

#### **7.4 Specifieke kenmerken Pick-Up and Delivery vervoer**

Hoewel het Pick-Up and Delivery vervoer op weekbasis (tactische planning) karakteristieken bezit van een rondritprobleem, bezit dit type vervoer (en in het bijzonder het vervoer van chemicaliën) nog een aantal specifieke kenmerken waardoor het afwijkt van het standaard rondritprobleem. De belangrijkste kenmerken zijn:

- **gekoppeld herkomst- en bestemmingsadres**

In het distributieve vervoer wordt gestart op een centraal punt en worden op verschillende lokaties goederen afgeleverd. Dit betekent dat elke order naast het centrale punt (depot) in principe slechts één (los-)lokatie bevat. In het Pick-Up and Delivery vervoer moet voor elke order ergens geladen en gelost worden. Dit betekent dat naast het centrale punt (de standplaats) elke order zowel een laad- als een loslokatie bevat.

De activiteiten laden en lossen volgen elkaar gedurende een rondrit in het Pick-Up and Delivery vervoer steeds op (in het distributieve vervoer wordt eerst geladen en vervolgens op een groot aantal adressen gelost).

- **Tijdvensters**

Bij elke order in het Pick-Up and Delivery vervoer horen in principe twee tijdvensters (zowel bij de herkomst- als de bestemmingslokatie). De tijdvensters kunnen betrekking hebben op de dag dat het vervoer plaats moet vinden (op weekbasis is dit een tijdvenster) of meer gespecificeerd, tijdens welke uren het laden of lossen moet plaatsvinden. In het distributieve vervoer hebben meestal alleen de loslokaties relevante tijdvensters (eventuele tijdvensters bij het centrale

punt zijn meestal minder hard).

- **Meerdere stops per lokatie**

In het distributieve vervoer wordt er meestal naar gestreefd om het aantal stops per (los-)lokatie en per planningsperiode te beperken tot 1. In sommige planningsystemen is dit zelfs een randvoorwaarde. In het Pick-Up and Delivery vervoer is het echter heel normaal wanneer de voertuigen gedurende een week (planningsperiode op tactisch niveau) meerdere malen op dezelfde lokaties moeten laden (of lossen).

- **Beladingsgraad**

De beladingsgraad is in het Pick-Up and Delivery vervoer minder relevant omdat veelal met volle wagenladingen gereden wordt. In het distributieve vervoer vormt de beladingsgraad een belangrijk aspect in de planning (het aantal adressen dat in een rondrit bezocht kan worden wordt dikwijls beperkt door de beladingsgraad).

- **Meerdere standplaatsen**

In het distributieve vervoer is er meestal één standplaats (vooral indien het eigen vervoer betreft). In het Pick-Up and Delivery vervoer is er vaak sprake van meerdere standplaatsen. Met name bij de grotere vervoerders (de doelgroep voor het informatiesysteem) komt het voor dat men voertuigen van andere vervoerders gedurende een langere periode inhuurt (charters). Deze voertuigen hebben het eigen bedrijf als standplaats. Verder komt het regelmatig voor dat chauffeurs hun voertuig in het weekeinde mee naar huis nemen. Voor deze chauffeurs is niet het bedrijf maar de woning de eigenlijke standplaats waarmee in de planning rekening gehouden moet worden.

- **Koppeling produkt - voertuig**

In het chemicaliën vervoer hebben we dikwijls te maken met veel verschillende voertuigtypes en een sterke koppeling tussen voertuigtype en produkt. De verschillen tussen de voertuigen hebben voornamelijk betrekking op de bekleding van de tanks en het aantal compartimenten.

Verder kunnen in het chemicaliën vervoer verschillende produkten niet zonder meer achter elkaar vervoerd worden. In een groot aantal gevallen zullen de tanks tussentijds gereinigd moeten worden. In het distributieve vervoer kan het reinigen plaatsvinden op het centrale punt aan het einde van de rit. In het Pick-Up and Delivery vervoer dient het spoelen plaats te vinden tussen twee orders in. Daarbij speelt tevens een rol dat de spoelplaats soms door de opdrachtgever vastgelegd wordt.

- **Rijtijdenbesluit**

In het distributieve vervoer wordt de totale tijd dat een chauffeur werkt in veel

gevallen beperkt door het feit dat de chauffeur 's avonds terug moet keren naar het depot als alle orders afgeleverd zijn. In het Pick-Up and Delivery vervoer is dit "natuurlijke rustpunt" niet aanwezig en zou een chauffeur in principe continu door kunnen gaan. Dit betekent dat in het Pick-Up and Delivery vervoer het rijtijdenbesluit (max. rijtijden en min. rusttijden) een veel grotere rol speelt dan in het distributieve vervoer en dat er in de planning ook nadrukkelijk rekening mee moet worden gehouden.

#### **Overnachtingen**

Omdat de tactische planning van het Pick-Up and Delivery vervoer een meerdaagse planning betreft, dient rekening gehouden te worden met overnachtingen van de chauffeurs.

Gegeven het doel van de ritplanning binnen het totale simulatiesysteem voor het laadproces, zal getracht moeten worden een planningsmethodiek (algoritme) te vinden dat relatief snel geschikt gemaakt kan worden voor Pick-Up and Delivery vervoer.

### **7.5 Planningsalgoritmes**

In Bodin ([1983], "Routing and scheduling of vehicles and crews, The state of the art") wordt een overzicht gegeven van algoritmes voor optimalisatie van routing en scheduling problemen. De nadruk ligt in dit overzicht op rondritproblemen. Pick-Up and Delivery achtige problemen worden hierin slechts summier behandeld.

De algoritmes welke in Bodin beschreven staan, zijn voornamelijk gebaseerd op heuristische technieken. Onlangs is in Nederland onderzoek verricht naar een planningstechniek welke gebaseerd is op een combinatie van heuristische en exacte technieken (set partitioning). Beide technieken zullen achtereenvolgens worden behandeld.

#### **Heuristische methodes**

Vanwege de specifieke kenmerken van het Pick-Up and Delivery vervoer zijn sommige algoritmes voor rondritproblemen bij voorbaat minder geschikt om als uitgangspunt te dienen voor Pick-Up and Delivery problemen (bijvoorbeeld sweep-procedures of Nearest Neighbour procedures). Algoritmes die mogelijk wel geschikt (te maken) zijn voor Pick-Up and Delivery problemen zijn de zgn. insertion- en savingsalgoritmes.

Het (basis) insertion-algoritme gaat uit van een sub-tour (onvolledige rondrit) bestaande uit het centrale punt en 1 loslokatie. Vervolgens wordt gekeken welke volgende order aan de

keten kan worden toegevoegd en op welke plaats binnen de keten deze order het beste geplaatst kan worden. Van het insertion algoritme zijn een groot aantal varianten bekend (zie Bodin), maar deze varianten beperken zich voornamelijk tot het basisprobleem (één centraal depot, N orders en slechts één voertuig).

Het savings-algoritme gaat er in eerste instantie vanuit dat alle orders afzonderlijk worden uitgevoerd (N orders geven N rondritten). Vervolgens wordt berekend hoe groot de besparing is indien twee rondritten (orders) samengevoegd worden tot een nieuwe rondrit. De twee rondritten die de grootste besparing leveren worden samengevoegd. In het basis algoritme wordt doorgeskoppeld totdat alle orders in één rondrit verwerkt zijn. Het savings algoritme is ook bekend onder de naam "Clarke & Wright algoritme" (Clarke [1964]). Van het savingsalgoritme zijn verschillende varianten ontwikkeld die zich niet beperken tot het basis probleem, maar die verder gaan (bijvoorbeeld meerdere voertuigen en/of meerdere standplaatsen (Tillman [1972])). In deel 3 van deze rapportage wordt uitvoerig ingegaan op een aantal aanpassingen aan het savingsalgoritme t.b.v. Pick-Up and Delivery vervoer.

### **Set Partitioning**

Hoewel het savings-algoritme van de heuristische methoden waarschijnlijk de beste mogelijkheden biedt om gebruikt te worden in een planningsysteem t.b.v. het Pick-Up and Delivery vervoer, is het nog onzeker in hoeverre de oplossing van het aangepaste algoritme daadwerkelijk acceptabel (optimaal) is. Met name het grote aantal tijdvensters, de overgangen tussen de verschillende dagen (o.a. overnachtingen), de noodzakelijkheid van spoelen en het feit dat gedurende het optimalisatieproces bepaalde criteria veranderen (o.a. de vereiste rusttijd), kunnen voor problemen zorgen.

Daarom is tevens onderzocht of een recent ontwikkeld planningsysteem voor rondritproblemen dat gebaseerd is op set Partitioning (een combinatie van een exacte methodiek en een heuristiek) mogelijkheden biedt om toegepast te kunnen worden in het Pick-Up and Delivery vervoer (zonder vergaande aanpassingen) (Fleuren [1988]).

In de Set Partitioning techniek wordt eerst met behulp van een algoritme een groot aantal mogelijke ritten gegenereerd welke voldoen aan alle gestelde eisen en randvoorwaarden (o.a. tijdvensters, rijtijdenbesluit, spoelen, overnachten etc.). Uit deze verzameling mogelijke ritten wordt vervolgens die combinatie gekozen welke de minste kosten met zich mee brengt. De mogelijkheden van deze techniek voor Pick-Up and Delivery vervoer zullen nog verder onderzocht moeten worden.

Voor een uitgebreide beschrijving van de Set Partitioning methodiek wordt weer verwezen naar deel 3 van deze rapportage.

## LITERATUUR

Bodin, L. (et al)

Routing and scheduling of vehicles and crews, the state of the art  
Computers & Operations Research, vol. 10, nr. 2, pp. 63-211, 1983

Clarke, G. and Wright, J.

Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points.  
Operations Research, nr. 12, pp.568-581, 1964

Everitt, B.S.

Unresolved problems in cluster analyses  
Biometrics 35, pp. 169-181, 1979

Fleuren. H.A.

A Computational Study of the Set Partitioning Approach for Vehicle Routing and Sceduling Problems  
Enschede, TU Twente, 1988

Hakkestegt, P., Muller, Th.H.J., Zeevenhoven, E.C.H.N.

Regelmaatbevordering in het openbaar vervoer  
in: Verkeerskunde, vol. 32, nr. 9, pp. 425-432, 1981

Hamerslag, R.

Collegediktaat: Verkeerskundige modellen II, deel A.  
TH Delft, Afdeling der Civiele Techniek, Vakgroep Verkeer, 1986

Scheltes, W.H., Hamerslag, R.

Homogene bevolkingsgroepen met betrekking tot de autobeschikbaarheid  
Bijdrage Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 1984

Tillman, F. and Cain, T.

An upper bounding algorithm for the single and mutiple terminal delivery problem  
Management Science, nr. 18, pp. 664-682, 1972

## Bijlage A Strategieën laadproces

In het onderzoek zijn de volgende strategieën geformuleerd, welke (uitgaande van ingrepen bij de verlader) de totale verliestijd in het systeem (mogelijk) kunnen beperken. De lijst met strategieën is niet volledig, maar dient als een eerste aanzet voor verdere studie. In de notitie worden de volgende strategieën genoemd:

- 1: uitbreiding capaciteit laadlocatie;  
(in de vorm van extra laadplaatsen etc.)
- 2: uitbreiding openstelling laadlocatie;  
(eerder open en/of later dicht)
- 3: afstemming activiteiten binnen het laadproces;  
Het zoveel mogelijk laten aansluiten van de verschillende activiteiten die op de laadlocatie verricht moeten worden. Met name wanneer één activiteit (bijvoorbeeld laden) meerdere malen verricht moet worden.
- 4: betere informatieverschaffing aan de vervoerder m.b.t. wachttijden op de lokatie;  
Door de extra informatie kan de vervoerder zijn planning afstemmen op de rustige uren op de lokatie.
- 5: tijdafspraken verlader-vervoerder;  
Door tijdafspraken te maken met de vervoerders (krappere tijdvensters) kan de verlader zorgen voor een gelijkmatiger aankomstproces van de voertuigen bij de laadlocatie.
- 6: prioriteitsstelling afhandeling orders;  
Door af te wijken van het First In First Out-principe, kan bijvoorbeeld voorrang worden verleend aan voertuigen die te maken hebben met krappe tijdvensters aan de loszijde van de rit.
- 7: plaatsen van trailer(s) op laadlocatie  
Deze strategie gaat uit van een extra trailer welke op de laadlocatie geplaatst wordt. Deze trailer wordt door personeel van de lokatie geladen en apart gezet. De vervoerder koppelt een lege trailer af en de gereedstaande volle trailer aan en vertrekt.
- 8: één vervoerder per produktstroom;  
Lange wachttijden treden met name op doordat de plannings van de verschillende vervoerders niet op elkaar zijn afgestemd. Door elke produktstroom door één vervoerder te laten verrichten kan per produktstroom een gelijkmatigere belasting van de lokatie verkregen worden.

De verschillende strategieën zullen hier nader worden beschreven, waarbij ingegaan zal worden op de volgende aspecten:

- betrokkenheid vervoerder;
- beslissingsniveau (type beslissingen);
- kosten;
- verwachte invloed op aankomstmoment voertuigen;
- verwachte invloed op wachttijden lokatie
- verwacht effect op verliestijd in het totale systeem;

### 1: uitbreiding capaciteit laadlocatie:

#### **strategie:**

- Uitbreiden van bijvoorbeeld het aantal laadplaatsen.

#### **betrokkenheid vervoerder:**

- De beslissing tot uitbreiding van de capaciteit van de laadlocatie ligt bij de verlader.
- De vervoerder hoeft in principe de planning van de orders voor de betreffende lokatie niet te veranderen om toch te kunnen profiteren van de veranderingen op de laadlocatie.
- De vervoerder zal in de planning rekening moeten houden met eventuele gewijzigde laadtijden en de spreiding hierin.

#### **beslissingsniveau:**

- De te nemen beslissing ligt op strategisch niveau en is in principe eenmalig (wel of niet uitbreiden).

#### **kosten:**

- De kosten van de strategie liggen bij de verlader.
- De kosten zijn hoog (investeringskosten, extra personeelskosten)

#### **verwachte invloed op gepland aankomstmoment bij lokatie:**

- Uitbreiding van de capaciteit zal naar verwachting geen effect hebben op het aankomstmoment van de voertuigen bij de lokatie. Alleen indien in de huidige situatie de aankomstmomenten anders gepland worden vanwege de grote wachttijden in bepaalde periodes, kan een verschuiving op gaan treden.

#### **verwachte invloed op wachttijden lokatie:**

- Uitbreiding van de capaciteit zal een positief effect hebben op de wachttijd bij de laadplaats. Zowel de gemiddelde wachttijd als de spreiding zullen afnemen.
- Negatieve effecten van deze strategie op de wachttijd zijn niet waarschijnlijk.

#### **verwachte invloed op verliestijd in het systeem:**

- Voor alle strategieën geldt dat onderzocht dient te worden, in hoeverre de vervoerders gebruik kunnen maken van de veranderingen welke in het laadproces optreden. Indien de kortere wachttijden of de kleinere spreiding niet leiden tot een efficiënter vervoer, dan hebben de ingrepen op de laadlocatie weinig zin (tenzij andere motieven een rol spelen). Het onderzoek naar de effecten voor de vervoerder (over het hele traject) zal centraal staan.
- Omdat zowel de gemiddelde wachttijd als de spreiding (naar verwachting) af zullen nemen, mogen bij deze strategie kleinere verliestijden elders in het systeem verwacht worden.
- Kleinere verliestijden elders betekenen een kleinere kans op verstoringen (te laat arriveren) of betekenen een efficiëntere planning doordat de vervoerders met kleinere veiligheidsmarges rekening kunnen houden.

## 2: uitbreiding openstelling laadlocatie:

### **strategie:**

- Het vroeger openen en/of later sluiten van de laadlocatie.

### **betrokkenheid vervoerder:**

- De beslissing tot uitbreiding van de openstelling van de laadlocatie ligt bij de verlader.
- De vervoerder zal veranderingen in de ritplanning (cq. uitvoering) aan moeten brengen om volledig te kunnen profiteren van de veranderingen op de laadlocatie.
- Wanneer de vervoerder echter geen veranderingen aanbrengt (maar andere vervoerders dit wel doen), dan zal hij toch mee kunnen profiteren.

### **beslissingsniveau:**

- De te nemen beslissing ligt op strategisch niveau en is in principe eenmalig (wel of niet uitbreiden).

### **kosten:**

- De kosten van de strategie liggen bij de verlader.
- De kosten zijn hoog (extra personeelskosten).

### **verwachte invloed op gepland aankomstmoment bij lokatie:**

- Uitbreiding van de openstelling zal naar verwachting een groot effect hebben op het aankomstmoment van de voertuigen bij de lokatie.
- Verwacht wordt dat met name de aankomsten aan het begin en einde van de (oude) openingstijden zich over de nieuwe openingsuren zullen gaan verdelen.

### **verwachte invloed op wachttijden lokatie:**

- Uitbreiding van de openstelling zal in principe een positief effect op de wachttijd bij de laadplaats hebben. Zowel de gemiddelde wachttijd als de spreiding zullen afnemen.
- Met name de gemiddelde wachttijden (en spreiding) aan het begin en einde van de (oude) openingstijden zullen afnemen.
- Negatieve effecten van deze strategie op de wachttijd zijn niet waarschijnlijk.

### **verwachte invloed op verliestijd in het systeem:**

- Omdat zowel de gemiddelde wachttijd als de spreiding (naar verwachting) af zullen nemen, mogen bij deze strategie kleinere verliestijden elders in het systeem verwacht worden.
- Belangrijk voordeel van met name de latere openstelling is dat er meer mogelijkheden ontstaan om voor te laden ('s avonds al laden voor de volgende dag).

### 3: afstemming activiteiten binnen het laadproces:

#### **strategie:**

- Het afstemmen van verschillende activiteiten binnen het laadproces, zodanig dat de **totale** wachttijd binnen het laadproces beperkt blijft. Het afstemmen kan plaatsvinden wanneer meerdere deelladingen geladen moeten worden (met tussendoor andere activiteiten), maar ook wanneer na het laden een andere activiteit met een relatief lange wachttijd plaats moet vinden (bijvoorbeeld controle).

#### **betrokkenheid vervoerder:**

- De beslissing tot afstemming van de activiteiten ligt bij de verlader.
- De vervoerder hoeft in principe geen veranderingen in de ritplanning (cq. uitvoering) aan te brengen om te kunnen profiteren van de veranderingen op de laadlocatie.
- De vervoerder zal in de planning rekening moeten houden met wijzigingen in de wachttijden (gemiddelde en spreiding).

#### **beslissingsniveau:**

- De te nemen beslissingen liggen op strategisch/tactisch niveau en hebben betrekking op de regels voor het afstemmen van de activiteiten (in welke gevallen moet afstemming van activiteiten plaatsvinden).

#### **kosten:**

- De kosten van de strategie liggen bij de verlader.
- De kosten zijn relatief laag.

#### **verwachte invloed op gepland aankomstmoment bij lokatie:**

- Afstemming van activiteiten op de laadlocatie zal naar verwachting geen effect hebben op het aankomstmoment van de voertuigen bij de lokatie.

#### **verwachte invloed op wachttijden lokatie:**

- Afstemming van activiteiten zal in principe een positief effect op de wachttijd bij de laadplaats hebben, voor die voertuigen waarvoor de afstemming plaatsvindt.
- Voor andere voertuigen zal de gemiddelde wachttijd toe kunnen nemen omdat voertuigen waarvoor afstemming plaatsvindt, voor mogen gaan bij het laden (of bij andere activiteiten).
- Het effect op de gemiddelde wachttijd is onzeker.
- De spreiding in de totale wachttijd op de lokatie zal waarschijnlijk afnemen doordat de wachttijden voor de uitschieters (voertuigen met veel activiteiten (met bijbehorende wachttijden)) af zullen nemen.

#### **verwachte invloed op verliestijd in het systeem:**

- Omdat met name de spreiding in de wachttijd (naar verwachting) af zal nemen, mogen bij deze strategie kleinere verliestijden elders in het systeem verwacht worden.

#### 4: betere informatieverschaffing aan vervoerder:

##### **strategie:**

- Het verschaffen van informatie met betrekking tot de drukte op de lokatie (veroorzaker van lange wachttijden) gedurende verschillende periodes van de dag. De informatie heeft dan betrekking op gemiddelde wachttijden en de spreiding hierin (gedifferentieerd naar de verschillende periodes).

##### **betrokkenheid vervoerder:**

- De beslissing tot het verschaffen van informatie ligt bij de verlader.
- De vervoerder zal veranderingen in de ritplanning (cq. uitvoering) aan moeten brengen om volledig te kunnen profiteren van de informatie over de wachttijden op de laadlokatie.
- Wanneer de vervoerder echter geen veranderingen aanbrengt (maar andere vervoerders dit wel doen), dan zal hij toch kunnen mee profiteren.

##### **beslissingsniveau:**

- De te nemen beslissing ligt op strategisch niveau.

##### **kosten:**

- De kosten van de strategie liggen bij de verlader.
- De kosten zijn relatief laag. De kosten hebben betrekking op het regelmatig verzamelen van gegevens met betrekking tot de wachttijden en het regelmatig verspreiden van deze gegevens onder de vervoerders.
- De verzamelde gegevens kunnen ook gebruikt worden voor andere (administratieve) doeleinden (wellicht worden de gegevens reeds voor andere doeleinden verzameld).

##### **verwachte invloed op gepland aankomstmoment bij lokatie:**

- De verwachting is dat het verschaffen van extra informatie een verschuiving te zien geeft van de drukke uren naar de minder drukke uren. De mate waarin de verschuiving op zal treden is afhankelijk van de manier waarop de vervoerders op de extra informatie (kunnen) reageren (en de mate waarin de vervoerders nu al de beschikking hebben over deze informatie (door eigen waarneming van de chauffeurs)).

##### **verwachte invloed op wachttijden lokatie:**

- De verschaffing van extra informatie zal (naar verwachting) een betere spreiding van de drukte geven. Dit betekent dat met name de spreiding in de wachttijden kleiner zal worden (de gemiddelde wachttijd zal waarschijnlijk gelijk blijven).
- Voor sommige voertuigen (voertuigen die nu in de rustige tijd komen laden) kan een verslechtering optreden.

##### **verwachte invloed op verliestijd in het systeem:**

- Omdat met name de spreiding in de wachttijd (naar verwachting) af zal nemen, mogen bij deze strategie kleinere verliestijden elders in het systeem verwacht worden.

## 5: tijdafspraken tussen verlader en vervoerder:

### **strategie:**

- Door tijdafspraken te maken met de vervoerders (krappere tijdvensters) kan de verlader zorgen voor een gelijkmatiger aankomstproces van de voertuigen bij de laadlocatie. De tijdafspraken worden vooraf gemaakt en kunnen gekoppeld zijn aan de orders (elke order krijgt een tijdvenster toegekend) of aan de vervoerder (de vervoerder krijgt een aantal tijdvensters waarbinnen hij steeds één voertuig mag komen laden).

### **betrokkenheid vervoerder:**

- De tijdafspraken moeten gemaakt worden tussen verlader en vervoerder zodat beide direct betrokken zijn.
- Tijdafspraken vereisen van de vervoerder dat hij zijn ritplanning (cq. uitvoering) afstemt op de tijden dat hij bij de lokatie moet zijn.
- De vrijheid die hij hierbij heeft hangt af van het type afspraak (per order of per vervoerder).

### **beslissingsniveau:**

- Het beslissingsniveau hangt af van het type afspraak. Bij tijdafspraken per vervoerder, zal de beslissing op tactisch niveau liggen terwijl bij afspraken per order de beslissing op operationeel niveau ligt.

### **kosten:**

- De kosten van de strategie liggen met name bij de verlader.
- De kosten zijn relatief laag. De kosten hebben betrekking op in informatiesysteem voor het (helpen) vaststellen van de afspraken.

### **verwachte invloed op gepland aankomstmoment bij lokatie:**

- Omdat tijdafspraken gemaakt worden met betrekking tot het aankomstmoment, heeft deze strategie zeer veel invloed.

### **verwachte invloed op wachttijden lokatie:**

- Tijdafspraken hebben tot doel de aankomstmomenten gelijkmatig over de dag te verdelen en te voorkomen dat lange wachttijden ontstaan. De verwachting is dan ook dat de gemiddelde wachttijd en de spreiding zullen verkleinen en de voorspelbaarheid zal vergroten.

### **verwachte invloed op verliestijd in het systeem:**

- Het effect van tijdafspraken op de totale verliestijd is in sterke mate afhankelijk van de gevolgen die optreden bij het niet nakomen van de afspraak. Indien te vroege voertuigen pas in het tijdvenster geholpen kunnen worden, vindt alleen een verschuiving van de verliestijden plaats. Indien te late voertuigen niet meer dezelfde dag geholpen kunnen worden dan zal de vervoerder grotere veiligheidsmarges inbouwen, waardoor de verliestijden in het totale systeem toenemen. Het effect van de strategie is afhankelijk van de sanctie.
- Belangrijk is in hoeverre de planner door de verschillende tijdafspraken nog een efficiënte planning kan maken. Indien dit niet het geval is, zal de totale verliestijd toenemen.

## 6: prioriteitsstelling afhandeling orders:

### **strategie:**

- Door af te wijken van het First In First Out-principe, kan voorrang worden verleend aan voertuigen die te maken hebben met krappe tijdvensters aan de loszijde van de rit. Prioriteitsstelling kan vooraf plaatsvinden (bijvoorbeeld produkten die in een J.I.T. proces nodig zijn (hoge mate van betrouwbaarheid vereist) maar zal vaker op ad hoc basis plaatsvinden (bijvoorbeeld wanneer blijkt dat een voertuig als gevolg van een lange wachttijd, te laat op de loslocatie zal arriveren. M.b.v. een hogere toegekende prioriteit (waardoor het voertuig eerder geladen wordt), kunnen elders in de logistieke keten extra kosten bespaard worden).

### **betrokkenheid vervoerder:**

- Bij prioriteitsstelling vooraf is de betrokkenheid van de vervoerder groot.
- Bij prioriteitsstelling op ad hoc basis kan het initiatief uitgaan van de vervoerder (verzoek om voertuig sneller af te handelen) of van de verlader.

### **beslissingsniveau:**

- Het beslissingsniveau hangt af van het type afspraak. Bij prioriteitsstelling vooraf zal meer sprake zijn van een tactisch beslissingsniveau (welk type order krijgt een grotere prioriteit) terwijl bij prioriteit op ad hoc basis sprake is van een operationeel beslissingsniveau.

### **kosten:**

- De kosten van de strategie liggen met name bij de verlader.
- De kosten zijn relatief laag. De kosten hebben betrekking op in informatiesysteem voor het (helpen) vaststellen van de prioriteit.

### **verwachte invloed op gepland aankomstmoment bij lokatie:**

- De prioriteitsstelling vooraf kan een verschuiving van het aankomstmoment geven (kleinere veiligheidsmarge omdat men toch hoge prioriteit heeft).
- De prioriteitsstelling op ad hoc basis kan een verschuiving geven omdat de vervoerder vertrouwt op het krijgen van hogere prioriteit. In beide gevallen zal de invloed echter beperkt zijn.

### **verwachte invloed op wachttijden lokatie:**

- De wachttijd van de voertuigen die hogere prioriteit krijgen zal afnemen, terwijl de wachttijd van andere voertuigen toe zal kunnen nemen.

### **verwachte invloed op verliestijd in het systeem:**

- Doordat met name mogelijke probleemgevallen (problemen aan de loszijde) prioriteit zullen krijgen, kan het effect op de verliestijd in het systeem groot zijn.

## 7: plaatsen van trailer(s) op laadlocatie

### **strategie:**

- Deze strategie gaat uit van een extra trailer welke op de laadlocatie geplaatst wordt. Deze trailer wordt door personeel van de lokatie geladen en apart gezet. De vervoerder die komt laden, koppelt een lege trailer af en de gereedstaande volle trailer aan en vertrekt.

### **betrokkenheid vervoerder:**

- Bij deze strategie moet de vervoerder volledig mee willen werken.
- De chauffeur zal extra handelingen moeten verrichten (loskoppelen en aankoppelen van trailers).

### **beslissingsniveau:**

- De te nemen beslissingen hebben betrekking op de keuze wel of niet voorladen. De keuze is afhankelijk van het orderpakket, moet dagelijks gemaakt worden en ligt dus op een operationeel niveau.

### **kosten:**

- De kosten van de strategie liggen zowel bij de vervoerder als bij de verlader.
- De kosten zijn relatief hoog. De kosten hebben betrekking op de extra trailer(s) die bij de laadlocatie geplaatst moeten worden (kosten vervoerder) en een extra trekker plus personeel om de trailer(s) op het terrein te verplaatsen (kosten verlader).  
Overigens rouleren de trailers volledig in de rituitvoering mee, waardoor de afschrijving van de andere trailers minder wordt. Verder kunnen de trailers op de laadlocatie ook benut worden voor andere activiteiten (bijvoorbeeld intern transport en tijdelijke opslag).

### **verwachte invloed op gepland aankomstmoment bij lokatie:**

- Het plaatsen van extra trailers bij de lokatie zal naar verwachting geen effect hebben op het aankomstmoment van de voertuigen.

### **verwachte invloed op wachttijden lokatie:**

- De procestijd van de voertuigen die moeten omkoppelen zal naar verwachting sterk afnemen. Alleen wanneer de trailer nog niet geladen is, kan de wachttijd toenemen.
- De wachttijd voor de overige voertuigen zal naar verwachting eveneens afnemen. De te laden trailers kunnen namelijk zoveel mogelijk op de rustige momenten geladen worden, waardoor tijdens de piekperioden de drukte op de laadplaats zal afnemen.

### **verwachte invloed op verliestijd in het systeem:**

- Doordat zowel de gemiddelde wachttijden als de spreiding af zullen nemen, zal ook de gemiddelde verliestijd in het systeem naar verwachting afnemen.

## 8: één vervoerder voor iedere produktstroom

### **strategie:**

- Doordat vervoerders hun planning niet op elkaar afstemmen, is het mogelijk dat voertuigen van verschillende vervoerders gelijktijdig bij het laadpunt voor een bepaald produkt aanwezig zijn. Door iedere produktstroom volledig door één vervoerder af te laten handelen, kan deze slechte afstemming voorkomen worden.

### **betrokkenheid vervoerder:**

- Door de strategie treedt een verandering in het orderpakket van de vervoerders op. Afhankelijk van de wijze waarop nu orders aan vervoerders worden toegewezen (bijvoorbeeld op basis van losadres order in combinatie met vervoergebied vervoerder) kan een verslechtering van de planningsmogelijkheden van de vervoerder optreden.

### **beslissingsniveau:**

- Het beslissingsniveau ligt op strategisch/tactisch niveau. De beslissing betreft het toekennen van een produktstroom aan een vervoerder.

### **kosten:**

- De directe kosten van de strategie zijn relatief laag. Doordat de efficiëntie van het vervoer mogelijk iets afneemt, komt een deel van de kosten bij de vervoerder te liggen.

### **verwachte invloed op gepland aankomstmoment bij lokatie:**

- De aankomstmomenten op de lokatie zullen ongeveer gelijk blijven, maar de aankomstmomenten bij de activiteitsplaatsen (laadpunten) zullen gelijkmatiger verspreid worden.

### **verwachte invloed op wachttijden lokatie:**

- De verwachting is dat de wachttijden bij de laadpunten gelijkmatiger verdeeld worden, waardoor de spreiding in de wachttijd af zal nemen.

### **verwachte invloed op verliestijd in het systeem:**

- De verwachting is dat de spreiding in de wachttijd zal afnemen, waardoor ook de kans op verstoringen elders in het systeem af zal nemen. Een mogelijke consequentie van de strategie is echter dat de vervoerder ritten moet maken buiten zijn eigenlijke vervoergebied, waardoor het vervoer minder efficiënt kan worden. Het effect van de strategie op de totale verliestijd is dan ook onzeker.

**Verwijderd uit catalogus**

TU Delft Library