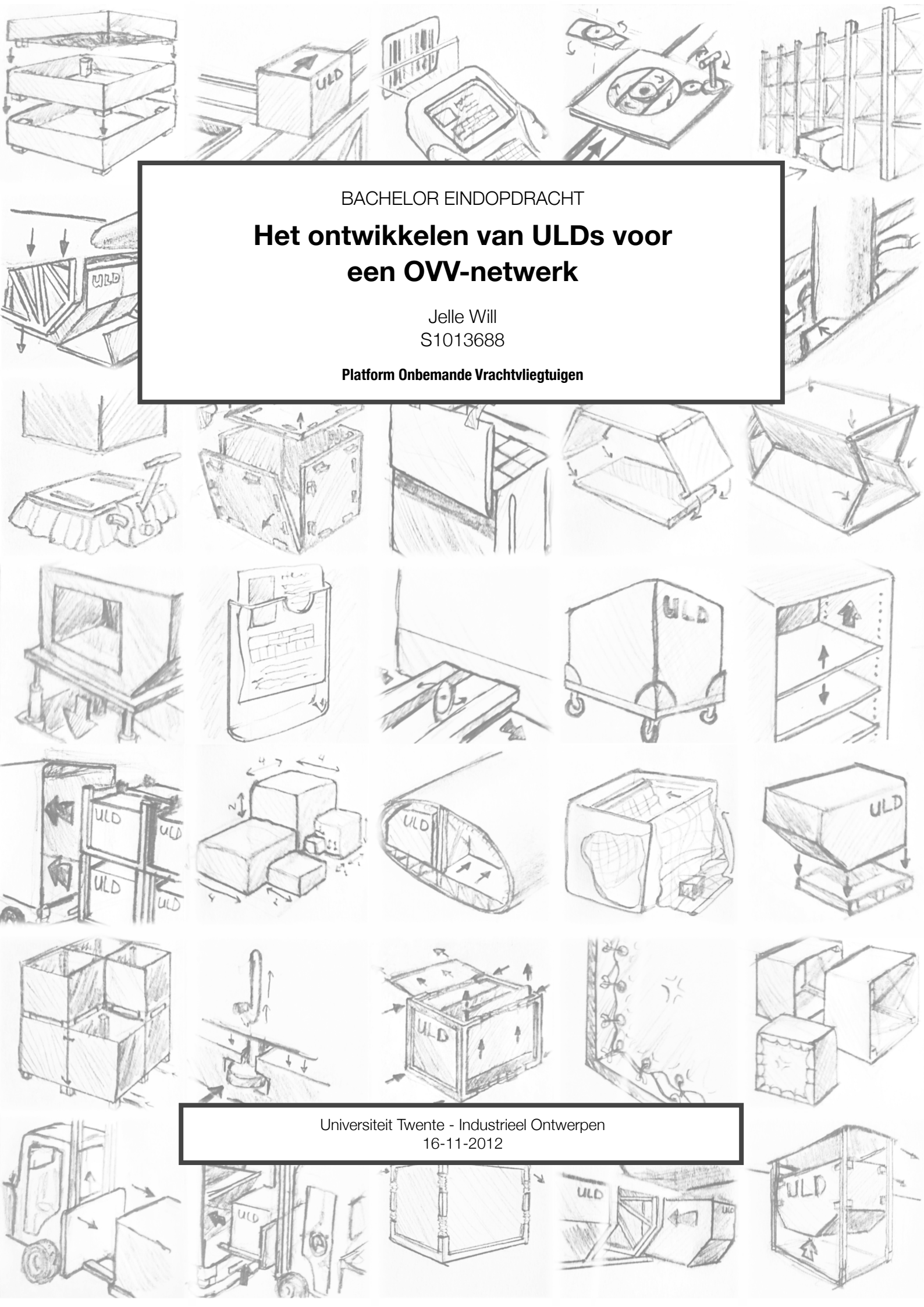




BACHELOR EINDOPDRACHT

# Het ontwikkelen van ULDs voor een OVV-netwerk

Jelle Will  
S1013688

Platform Onbemande Vrachtvliegtuigen

Universiteit Twente - Industriel Ontwerpen  
16-11-2012



# De ontwikkeling en uitwerking van Unit Load Devices voor gebruik in een netwerk van Onbemande VrachtVliegtuigen

*geschreven door:*

Jelle Will  
S1013688

*voor:*

Het Platform Onbemande Vrachtvliegtuigen  
aan de Universiteit Twente

*examencommissie:*

*projectbegeleider en opdrachtgever*  
Dr. J.M.G. Heerkens

*projectbegeleider*  
Dr. Ir. H.J.M. Geijselaers

*voorzitter*  
Prof. Dr. Ir. R. Ten Klooster





|          |                                                                                              |          |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>1</b> | <b>Introductie</b>                                                                           | <b>6</b> |
| 1.1      | Voorwoord                                                                                    | 6        |
| 1.2      | Probleemstelling                                                                             | 6        |
| 1.3      | Doelen van dit project                                                                       | 6        |
| 1.4      | Samenvatting                                                                                 | 7        |
| 1.5      | Abstract                                                                                     | 7        |
| <b>2</b> | <b>Vooronderzoek en analyse</b>                                                              | <b>9</b> |
| 2.1      | Introductie in het OVV-netwerk en luchttransport                                             | 9        |
| 2.1.1    | Introductie van het OVV-netwerk vanuit het concept van het POV                               | 9        |
| 2.1.2    | Wat zijn ULDs                                                                                | 10       |
| 2.1.3    | Wat zijn OVVs                                                                                | 10       |
| 2.2      | Analyse van het transportnetwerk vanuit de actoren                                           | 11       |
| 2.2.1    | Het OVV-netwerk, de belangen van de actoren in het transportproces                           | 11       |
| 2.2.1.1  | Verscheper                                                                                   | 12       |
| 2.2.1.2  | Expediteur vertrek                                                                           | 13       |
| 2.2.1.3  | Grondpersoneel en vliegveld vertrek                                                          | 13       |
| 2.2.1.4  | De Luchtvaartmaatschappij                                                                    | 14       |
| 2.2.1.5  | Grondpersoneel en vliegveld aankomst                                                         | 15       |
| 2.2.1.6  | Expediteur aankomst                                                                          | 15       |
| 2.2.1.7  | Ontvanger                                                                                    | 15       |
| 2.2.1.8  | Reparatiedienst                                                                              | 16       |
| 2.2.1.9  | Productie van ULDs, apparatuur, systemen en OVVs                                             | 16       |
| 2.2.1.10 | Externe belanghebbende                                                                       | 16       |
| 2.2.2    | Concurrentiepositie van het OVV-netwerk binnen het globale transport van goederen            | 17       |
| 2.2.2.1  | Bepalen van de belangrijkste eigenschappen van het OVV-netwerk                               | 17       |
| 2.2.2.2  | Belangrijkste karakteristieken OVV-netwerk en de implicaties voor de ULDs                    | 19       |
| 2.2.3    | Punten van aandacht bij het OVV-netwerk en ULD-verwerkingssysteem                            | 20       |
| 2.2.3.1  | Relaties tussen kosten, functionaliteit, en het aantal ULDs                                  | 20       |
| 2.2.3.2  | Stapelen van ULDs                                                                            | 21       |
| 2.2.3.3  | Automatiseringen in het ULD-verwerkingssysteem                                               | 21       |
|          | <i>Stadia van automatisering</i>                                                             | 22       |
|          | <i>Integratie met ULDs en de gevolgen voor de mate van automatisering</i>                    | 22       |
|          | <i>Slave-pallets</i>                                                                         | 22       |
|          | <i>Menselijke fouten en schade</i>                                                           | 22       |
| 2.2.3.4  | Registratie- en trackingsysteem voor alle ULDs                                               | 23       |
| 2.2.3.5  | Veiligheid, diefstal en het afsluiten van ULDs                                               | 23       |
|          | <i>Veiligheidscontroles</i>                                                                  | 24       |
|          | <i>Diefstal en het beschermen van de ULDs</i>                                                | 24       |
| 2.2.4    | De belangen bij het gebruik van ULDs in OVV                                                  | 25       |
| 2.2.4.1  | Veiligheid van ULD transport in OVVs                                                         | 25       |
| 2.2.4.2  | Constructie van de romp                                                                      | 25       |
| 2.2.4.3  | Type laadruim                                                                                | 26       |
|          | <i>Gesloten laadruim met luchtverversing</i>                                                 | 26       |
|          | <i>Gesloten laadruim, zonder regulatie van variabelen</i>                                    | 27       |
|          | <i>Open laadruim dat overdekt kan worden</i>                                                 | 27       |
|          | <i>Open laadruim</i>                                                                         | 28       |
| 2.2.4.4  | Het aanpassen van de capaciteit van OVVs en het gebruik van de ULDs in “normale” vliegtuigen | 28       |
| 2.2.4.5  | Laden van het laadruim                                                                       | 29       |
| 2.2.4.6  | Het samenvoegen van ladingen voor verschillende locaties in één vliegtuig                    | 30       |
| 2.3      | Analyse van het gebruik van ULDs en hun rol in het transport van goederen                    | 31       |
| 2.3.1    | Introductie betreffende de huidige ULDs                                                      | 31       |
| 2.3.1.1  | Het gebruik van ULDs                                                                         | 31       |
| 2.3.1.2  | Bestaande typen ULDs en algemene werking                                                     | 32       |
|          | <i>Pallets</i>                                                                               | 32       |
|          | <i>Containers</i>                                                                            | 33       |
| 2.3.1.3  | Constructie, materialen, en onderdelen van ULDs                                              | 34       |
|          | <i>Pallets</i>                                                                               | 34       |
|          | <i>Containers</i>                                                                            | 35       |

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Het gebruik van plastics en composieten in ULDs</i>                                           | 36 |
| <b>2.3.2 Functionaliteit van ULDs</b>                                                            | 36 |
| 2.3.2.1 Welke problemen zijn er in het huidige ULD-systeem                                       | 36 |
| <i>De omgang met de ULDs</i>                                                                     | 36 |
| <i>De schadegevoeligheid van de ULDs</i>                                                         | 36 |
| <i>De hoeveelheid van en variatie aan ULDs</i>                                                   | 37 |
| <i>Het gebrek aan een geïntegreerd systeem</i>                                                   | 37 |
| 2.3.2.2 Taken en functies van de ULDs                                                            | 37 |
| 2.3.3. Punten van aandacht bij het ULD ontwerp                                                   | 43 |
| 2.3.3.1 Het gebruik van dozen bij het transport                                                  | 43 |
| 2.3.3.2 Eigenschappen van de ladingen                                                            | 44 |
| 2.3.3.3 Veiligheid en aanpassingen aan de ULD bij het vervoeren van verschillende typen ladingen | 45 |
| 2.3.3.4 Dimensionering van de ULD                                                                | 45 |
| 2.3.3.5 Constructief inzetten van de ULDs in het OVV                                             | 47 |
| <b>2.4 Systematische weergave de eisen en wensen</b>                                             | 48 |
| 2.4.1 De lijst met eisen en wensen betreffende de ULD en de ULD-verwerkingssystemen              | 48 |
| 2.4.1.1 Eisen                                                                                    | 48 |
| 2.4.1.2 Wensen                                                                                   | 49 |
| 2.4.2 Het koppelen van de eisen en wensen aan de het ontwerp van de ULDs en het OVV-netwerk      | 50 |
| 2.4.2.1 Over de tabellen                                                                         | 50 |
| 2.4.2.2 Koppeling tussen de algemene eisen en het ontwerp                                        | 51 |
| 2.4.2.3 Koppeling tussen de functionele eisen en het ontwerp                                     | 52 |
| 2.4.2.4 Koppeling tussen de wensen en het ontwerp                                                | 54 |
| <b>3 Het ontwikkelen van ideeën en concepten</b>                                                 | 55 |
| 3.1 Oplossingen en ideeën                                                                        | 55 |
| 3.2 Bepalen van een ontwerprichting: het opstellen van een scenario                              | 56 |
| Stap 1: Selecteer de doelgroep:                                                                  | 56 |
| 1.1 Maken van een keuze voor een doelgroep                                                       | 56 |
| 1.2 Opstellen randvoorwaarden bij doelgroep                                                      | 56 |
| Stap 2: Omschrijven van het gehele OVV-netwerk                                                   | 57 |
| 2.1 Functionele flowchart opstellen van OVV-netwerk                                              | 57 |
| 2.2 Hoeveelheid vracht per vliegveld                                                             | 57 |
| 2.3 Controleren en aanvullen van de eisen, en de wensen van de actoren                           | 57 |
| Stap 3: Het maken van ontwerpbeslissingen betreffende de ULDs en het OVV-netwerk                 | 58 |
| 3.1 Bepalen types ULD die gebruikt gaan worden                                                   | 58 |
| 3.2 Balans tussen veel goedkope ULDs en weinig dure ULDs                                         | 58 |
| 3.3 Aanpasbare ULDs voor andere fases                                                            | 58 |
| 3.4 Balans tussen gewicht, schadegevoeligheid, en stijfheid en sterkte                           | 58 |
| 3.5 Dimensionering van de ULDs                                                                   | 58 |
| 3.6 Automatisering van het OVV-netwerk en het afhandelen van ULDs                                | 59 |
| 3.7 ULD registratie- en trackingsysteem                                                          | 59 |
| 3.8 Additionele functionaliteit aan de ULDs                                                      | 59 |
| 3.9 Type laadruim voor het OVV                                                                   | 59 |
| Stap 4: Het genereren van ideeën en nieuwe oplossingen                                           | 60 |
| Stap 5: Beoordelen van ideeën en samenstellen van een concept                                    | 60 |
| Stap 6: Uitwerken van het concept                                                                | 60 |
| 6.1 Zorg voor integratie van deeloplossingen                                                     | 61 |
| 6.2 Detaillering van het ontwerp                                                                 | 61 |
| 6.3 Materiaalkeuze                                                                               | 61 |
| Stap 7: Toetsing aan programma van eisen en wensen                                               | 61 |
| 3.3 Het uitwerken van een concept op basis van het stappenplan                                   | 62 |
| Uitwerking concept 1: OVV-netwerk voor transport van consumentengoederen vanuit de fabriek       | 62 |
| Stap 1: Selecteer de doelgroep                                                                   | 62 |
| Stap 2: Omschrijven van het gehele OVV-netwerk                                                   | 63 |
| Stap 3: Het nemen van ontwerpbeslissingen betreffende de ULDs en het OVV-netwerk                 | 64 |
| Stap 4: Het genereren van ideeën en nieuwe oplossingen                                           | 67 |
| Stap 5: Beoordelen van ideeën en samenstellen van een concept                                    | 67 |
| Stap 6: Uitwerken van het concept                                                                | 72 |

#### **4. Conclusies, verantwoording, en aanbevelingen**

**76**

4.1 Resultaten en het behalen van de doelstellingen

76

4.2 Belangrijk voor de verdere uitwerking van het OWV-project

78

4.3 Bronnen afbeeldingen

79

4.4 Complete lijst van bronnen

79



# 1 Introductie

## 1.1 Voorwoord

Dit verslag is het eindresultaat van de bacheloropdracht van de opleiding Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente. Deze opdracht is uitgevoerd door Jelle Will in opdracht van het Platform Onbemande Vrachtvliegtuigen aan de universiteit. Het verslag bestaat uit twee delen: het deel dat u hier voor zich heeft is het hoofdverslag, het andere deel is een appendix waarin alle aanvullende informatie wordt gepresenteerd.

Het project is vanuit het Platform Onbemande Vrachtvliegtuigen begeleid en richtinggegeven door Dr. J.M.G. Heerkens. De begeleiding vanuit Industrieel Ontwerpen is door Dr. Ir. H.J.M. Geijselaers gedaan.

Deze verslagen zijn de culminatie van de opgedane kennis gedurende de loop van de bacheloropdracht. De verslagen zijn bedoeld om deze kennis vast te leggen voor ontwerpers die met dit project verder zullen gaan. Voor hen moet het verslag een basis vormen voor de ontwikkeling van ULDs en een OVV-netwerk.

## 1.2 Probleemstelling

Binnen het Platform Onbemande Vrachtvliegtuigen (POV) wordt onderzoek gedaan naar de haalbaarheid en naar de implicaties van een netwerk van Onbemande Vrachtvliegtuigen (OVVs). Het uiteindelijke doel is de mogelijke uitwerking en implementatie van een OVV-netwerk. Het OVV-netwerk moet een systeem worden dat voor particulieren en bedrijven lading kan verschepen. Dit idee bevindt zich echter nog in het begin van de onderzoeksfase, er is dan ook nog niets vastgelegd.

Het OVV-netwerk is een zeer complex systeem waar veel elementen met elkaar samen moeten werken en invloed op elkaar hebben. Daarom is het van belang dat het gehele systeem wordt geanalyseerd om te achterhalen welke belangen er zijn, welke beslissingen genomen moeten worden, en wat de invloed is van een bepaalde beslissing op het systeem.

Om uiteindelijk concepten te kunnen genereren voor onbemande vrachtvliegtuigen en de infrastructuur eromheen moet onderzoek worden gedaan naar de werking van het systeem en de betrokken elementen. Dit verslag is een analyse van het OVV-netwerk vanuit de optiek van de ULDs (Unit Load Devices), dit zijn de vrachtcontainers en pallets die het transport van goederen zullen faciliteren.

Binnen dit verslag zal allereerst getracht worden de volgende vraag te beantwoorden “Wat is van belang bij het ontwerpen van ULDs voor een netwerk van onbemande vrachtvliegtuigen”. Daarnaast zal worden uitgewerkt welke problemen er optreden in een ULD-systeem en er zal worden uitgewerkt wat nodig is om een systeem gebaseerd op ULDs te laten functioneren.

## 1.3 Doelen van dit project

Het hoofddoel van dit project is verzamelen van kennis en ideeën betreffende het gebruik van ULDs binnen een OVV-netwerk. Binnen dit project is niet alleen getracht zoveel mogelijk informatie te vinden, maar ook om deze informatie in dit verslag te presenteren, zodat dit als basis kan dienen om verder mee te werken in de uitvoer van het project om een OVV-netwerk te ontwikkelen. Binnen dit verslag zullen een aantal relevante onderwerpen worden besproken, zodat deze kennis in het vervolgtraject beschikbaar is.

Om het ontwerpen van ULDs mogelijk te maken moet er allereerst naar de gebruikers worden gekeken. De wijze waarop de ULDs gebruikt worden en wat het belang van de actoren hierbij is, zijn de belangrijkste punten van onderzoek. Het eerste subdoel binnen dit project is dus het geven van een indicatie van het gebruik van de ULDs in een OVV-netwerk en het identificeren van belangen die de actoren hierbij hebben. De belangen van de actoren moeten vertaald worden naar algemene wensen voor de ULD en het netwerk. Ook moeten de extra wensen van de actoren gebruikt kunnen worden in de uitwerking van specifieke concepten.

Het tweede subdoel betreft het OVV-netwerk waarbinnen ULDs getransporteerd gaan worden. Er moet worden bepaald hoe dit het ontwerp de ULDs zal beïnvloeden: welke karakteristieken van het OVV-netwerk zijn het belangrijkste, welke aspecten van het OVV-netwerk zijn belangrijk bij het ontwikkelen van ULDs, wat is de invloed van het gebruik van onbemande vliegtuigen op de ULDs? Deze vragen moeten worden beantwoord om de ontwikkeling van ULDs en het OVV-netwerk mogelijk te maken.

Verder is een doel van het project het analyseren van de ULDs, er moet binnen het project basis kennis aanwezig zijn betreffende standaard ULD-constructie en de verschillende mogelijkheden van ULDs. Er moet

gekeken worden naar de positieve en negatieve punten van ULDs. Op basis hiervan moeten ideeën gegenereerd kunnen worden voor de implementatie in het OVV-netwerk. Hierbij hoort ook een analyse van de functionaliteit van de ULDs, zodat tijdens het ontwikkel proces bekend is welke taken de ULDs moeten uitvoeren en welke additionele rollen mogelijk door de ULDs kunnen worden uitgevoerd.

Op basis van de hiervoor genoemde analyses moet een programma van eisen en wensen worden opgesteld. Dit programma van eisen en wensen moet gebruikt kunnen worden om het ontwerpproces te ondersteunen en om ideeën en concepten te kunnen toetsen.

De kennis die tijdens dit project is opgedaan wat betreft het ontwerpen van ULDs, randapparatuur, en het OVV zal worden uitgewerkt en gepresenteerd als ideeën. Deze ideeën worden in het verslag gepresenteerd en uitgelegd. Hierdoor kunnen de ideeën gebruikt worden voor het uitwerken van het OVV-netwerk. De ideeën zullen verder als basis moeten dienen voor het bedenken van verdere en meer gedetailleerde uitwerking.

Binnen dit project zal een stappenplan worden opgesteld dat de ontwerper in staat stelt om op basis van de hier gepresenteerde informatie een concept te ontwikkelen. Er zal een methode worden aangereikt op basis waarvan beslissingen in het ontwerp kunnen worden verantwoord en op basis waarvan beslissingen gemaakt kunnen worden. Er zal hierbij ook een proefconcept worden uitgewerkt om een indicatie te geven van de werking van het stappenplan.

Het project wordt afsluitend geëvalueerd. Hierbij is het van belang dat wordt gekeken naar de verdere uitwerking van de analyses en het ontwerp. Ook moeten punten die in dit verslag zijn gemist of die een verder, diepgaander, onderzoek vereisen worden genoemd, zodat deze tijdens latere stadia van het OVV-project als nog uitgevoerd kunnen worden.

## 1.4 Samenvatting

Binnen dit project is de problematiek rond het ontwerpen en optimaliseren van een op ULDs gebaseerd transportsysteem in een infrastructuur die gebruik maakt van onbemande vrachtliegtuigen, geanalyseerd en uitgewerkt. Het gebruik van ULDs in een transportsysteem kan het transport van goederen veel efficiënter maken en wordt daarom veel toegepast in de luchtvaart. Er zijn echter ook veel problemen in het huidige ULD-systeem. Deze problemen moeten in het OVV-netwerk opgelost worden. Het ontwikkelen van een OVV-netwerk vereist efficiëntie en mogelijk automatisering, het ontwikkelen van een compatibel systeem van ULDs en randapparatuur is hierbij dan ook cruciaal.

Binnen dit project zijn analyses uitgevoerd op basis van een verkennend literatuuronderzoek. De aspecten van het OVV-netwerk die in dit verslag geanalyseerd worden zijn: de actoren, het OVV-netwerk, de OVVs, en de ULDs. De geanalyseerde onderwerpen zijn benaderd vanuit het perspectief van het ULD-design en leveren zo een bijdrage aan de ontwikkeling van het ULD-afhandelingssysteem. Daarnaast is in dit project een stappenplan opgesteld voor het ontwikkelen van ULDs en het OVV-netwerk, zodat ontwerpers op basis van dit verslag verder kunnen met het project.

Het resultaat van dit project is een uitgebreide analyse van het ULD-systeem binnen het OVV-netwerk. Dit verslag dient hierbij ook als bron voor informatie over het OVV-netwerk. Deze analyses zijn in dit verslag uitgewerkt zodat ze in combinatie met het stappenplan de ontwerper in staat stellen om onderbouwde ontwerpbeslissingen te kunnen maken. In dit project is verder ook een aantal ideeën en concepten uitgewerkt op basis van de kennis die is opgedaan. Deze ideeën en concepten zullen dienen als basis voor verdere uitwerking van de ULDs en het OVV-netwerk.

Het ontwikkelen van ULDs en het OVV-netwerk is zeer complex. Er moet bij het maken van conceptsystemen met veel aspecten rekening worden gehouden. Dit verslag levert een bijdrage aan het organiseren en sturen van het ontwikkelproces. Op basis van de uitwerking binnen dit verslag van is het mogelijk om een aantal realistische conceptrichtingen te ontwikkelen voor de ULDs en de systemen die het gebruik van de ULDs mogelijk moeten maken. Voor het verder ontwikkelen van het OVV-netwerk en de ULDs zijn uitgebreidere onderzoeken, analyses, en ontwerpen nodig.

## 1.5. Abstract

In the course of this project the complications surrounding the development and optimization of a ULD-based transportation system which will make use of Unmanned Aerial Freighters (UAFs) have been examined and expounded. The use of ULDs in the transportation of cargo is quite common in the airfreight

industry because it is known to increase efficiency, though there are some genuine concerns considering the usage of ULDs in the current cargo handling systems. In this project the solving of these problems will be paramount. The development of the UAF-network requires efficiency and the potential automation of parts of the system, the design of the ULDs and peripheral equipment will be crucial in this effort.

This result is achieved in this project by literature analyses of the systems involved. The facets of the UAF-network that will be examined in this project are: the stakeholders, the ULD handling systems, the UAFs, and the ULDs themselves. These features of the design will all be approached from the perspective of the usage of the ULDs, and will in this fashion contribute to the development of a ULD handling system. This report will also focus on the actual design process, by preposing a step-by-step program. This will aid the future designers in the conceptualization of new ideas and concepts.

The results of the project are a number of extensive analyses of the subsystems involved in the UAF-network and a information database for future designers to draw from. The information gathered in this report can be used in conjunction with the step-by-step program in the development of the systems and subsystems involved in the UAF-network to make logical and justifiable decisions. Parallel to this effort a number of ideas and concepts for the subsystems have been devised which in combination with the accumulated knowledge can serve as a starting point for upcoming development of the UAF project.

The development of ULDs and the ULD handling systems is an extensive and complex process. In the design process a lot of factors have to be accounted for. This report and project help to structure the development and design process. In this stage of the project it is possible to come up with some credible ideas and concepts for the ULDs and processing systems. For the further development of the UAF-network and the ULDs there should be further in-depth analyses and investigations, as well as additional creation of ideas and concepts.

## 2 Vooronderzoek en analyse

*In dit deel van het verslag worden de resultaten van de analysefase gepresenteerd. Het doel van de analysefase is het informeren van de lezer over de belangen die een rol spelen bij het ontwikkelen van ULDs en het systeem eromheen. De in de analyse besproken elementen hebben allemaal relevantie bij het uitwerken van concepten voor de ULDs en het OVV-netwerk. De elementen uit de analysefase komen dan ook terug in beslissingen in het stappenplan voor de ontwikkeling van de concepten.*

*De analysefase is in vier delen opgesplitst. De eerste sectie van dit hoofdstuk vormt een introductie in de plannen van het platform onbemande vrachtvliegtuigen. Hierin zal kort worden aangegeven waarom dit project relevant is en welke rol het speelt binnen het overkoepelend geheel. Ook zal hier een korte inleiding betreffende het OVV-netwerk, de ULD, en het OVV worden gegeven.*

In het tweede gedeelte van dit hoofdstuk zullen de verschillende rollen, of actoren, in het OVV-netwerk worden geïntroduceerd. Dit zal de algemene, onderliggende, taakverdeling aangeven. Deze taakverdeling is gebaseerd op het huidige systeem en kan voor bepaalde OVV-netwerkconcepten worden gewijzigd. De actoren hebben allemaal bepaalde belangen in het netwerk, vandaar dat ook de voornaamste belangen zullen worden genoemd.

*In het derde segment zal het ULD-verwerkingssysteem aan bod komen. Hierbij zullen verschillende aandachtspunten worden gedefinieerd die relevant zijn bij het ontwikkelen van het verwerkingssysteem en de integratie met de ULDs.*

*Het vierde deel van dit hoofdstuk gaat over de ULDs. Hierin zal worden uitgelegd hoe ULDs worden geconstrueerd en gebruikt en welke functionaliteiten de ULDs allemaal mogelijk moeten maken. Er wordt hier ook aandacht besteed aan bepaalde ontwerp beslissingen die relevant zijn voor het ontwikkelen van ULDs voor het OVV-netwerk.*

*Concluderend zullen de algemene eisen worden opgesteld die algemeen zijn voor zowel de ULDs als het OVV-netwerk. Ook wordt op basis van de actoranalyse een aantal algemene wensen gepresenteerd. Deze eisen en wensen zullen in een tabel worden gekoppeld aan de relevante gedeeltes van het ontwerp, zodat ze in het stappenplan voor het ontwikkelen van concepten toegepast kunnen worden.*

### 2.1 Introductie in het OVV-netwerk en luchttransport

#### 2.1.1 Introductie van het OVV-netwerk vanuit het concept van het POV

Het platform onbemande vrachtvliegtuigen is opgericht met het doel om een alternatieve vorm van vrachtvervoer te introduceren die het wegen- en spoornet kan ontlasten. Met de opkomst van de technologie om eenvoudig onbemande vliegtuigen van punt a naar punt b te laten vliegen, is de mogelijkheid ontstaan om hier gebruik van te maken in het goederentransport. Vliegtuigen hebben geen wegen of sporen nodig en hebben dus ook minder vertraging. Het transport via de lucht is ook vele malen sneller en heeft daarmee een extra voordeel. Het is dus de moeite waard om te kijken naar de opties van een netwerk van onbemande vrachtvliegtuigen.

Het gebruik van onbemande vliegtuigen heeft een aantal belangrijke voordelen boven het conventionele transport van goederen. Het POV heeft daarom besloten dat er verder onderzoek moet worden gedaan om te kijken of een dergelijk systeem haalbaar is en hoe deze voordelen gemaximaliseerd kunnen worden. Binnen dit project zal dus vanuit het gebruik van ULDs binnen dit systeem getracht worden om de volgende voordelen te maximaliseren en uit te buiten:

- Voorzien in sneller transport van goederen
- Automatisering van transport
- Vermindering van operationele kosten ten opzichte van bestaand transport via de lucht
- Het ontlasten van het wegennet
- Geen verdere aanleg nodig van infrastructuur (verbreding wegen, etc.)
- Veel vraag naar vrachttransport
- Efficiency van onbemande vliegtuigen zowel qua ladingscapaciteit als brandstofverbruik

Door deze punten te optimaliseren binnen het OVV-netwerk zou een succesvol systeem ingevoerd kunnen worden. Er zijn echter ook veel problemen waar bij verdere uitwerking van het OVV-netwerk aan gewerkt moet worden. Deze problemen moeten opgelost of geminimaliseerd worden, twee voorbeelden:

- Hoge kosten per kilometer van luchttransport relatief tot andere vormen van transport
- Initiële investering in infrastructuur is hoog (aanschaf vliegvelden, vliegtuigen, extra apparatuur, etc.)



Binnen het OVV-netwerk bestaat een trend richting het automatiseren van het transportproces. Het is interessant om te kijken of dit in het ULD verwerkingssysteem kan worden doorgetrokken door te automatiseren, met als doel om het transport zo efficiënt, snel, en goedkoop mogelijk te laten gebeuren. Het ontwerp van de ULD moet op deze wens inspelen en geïntegreerd kunnen worden met bepaalde geautomatiseerde systemen.

Het gebruik van ULDs bij vrachtvervoer via de lucht is eigenlijk standaard geworden. Hiervoor zijn goede redenen, aangezien dit het transport vele malen efficiënter maakt. Dit zal later in het verslag uitvoeriger worden besproken (paragraaf 2.3.1.1). Deze efficiëntie moet in het OVV-netwerk uitgebreid worden, de ULDs moeten een prominentere rol in het transportproces gaan spelen.

### *2.1.2 Wat zijn ULDs*

De term ULD staat voor Unit Load Device, dit wil zeggen een voorwerp dat het transporteren van eenheidsladingen faciliteert. De term Unit Load, of eenheidslading, betekent een samengevoegde lading van een bepaalde grootte zodat deze standaard verpakt en getransporteerd kan worden.

ULD is een term die enkel wordt gebruikt in de luchtvaart om de containers en pallets aan te duiden die in vliegtuigen getransporteerd mogen worden. De containers en pallets die in de luchtvaart gebruikt worden zijn veel complexer dan de standaardversies. Dit heeft een aantal redenen:

- Lichtgewicht constructie, zoals alles in de luchtvaart
- Hogere veiligheidseisen en strenge regulering
- Integratie met vliegtuig en transportsystemen

ULDs hebben als primair doel het vastzetten van de lading zodat deze in het vliegtuig niet kan gaan bewegen en schade toebrengen aan de ULDs of het vliegtuig. Vaak is het hierbij de taak van de ULDs om de verschillende ladingen vast te zetten en te beschermen tegen de overige lading.

De vorm van ULDs is zo dat deze maximaal gebruik kan maken van de geboden ruimte in het laadruim van het vliegtuig, zodat er zo veel mogelijk lading vervoerd kan worden in de beschikbare ruimte. Er zijn dus ook verschillende typen ULDs voor verschillende vliegtuigen.

### *2.1.3 Wat zijn OVVs*

De term OVV staat voor Onbemand VrachtVliegtuig, dit wil zeggen een vliegtuig dat gebruik maakt van een door de computer gestuurd systeem voor de besturing van het OVV. Dit systeem is onderdeel van een centraal netwerk dat alle OVVs in de gaten houdt en commando's doorgeeft om ze naar hun bestemming te loodsen. De besturingssoftware van het vliegtuig bevindt zich in het OVV, deze zal de gegeven commando's proberen uit te voeren. De reden hiervoor is dat het systeem zo snel kan reageren op de sensoren in het vliegtuig.

Binnen het kader van dit project is gekozen voor het gebruik van kleine OVVs. Dit is financieel mogelijk omdat de kosten van het opereren van een onbemand vliegtuig lager zijn waardoor minder vracht getransporteerd hoeft te worden om winst te kunnen maken. Deze eigenschap maakt ze zeer geschikt voor het transporteren van goederen omdat de vluchtfrequentie enorm omhoog kan wat leidt tot snellere levering.

Een voordeel van het gebruiken van OVVs is dat er geen mensen aanwezig hoeven zijn. Hierdoor is er geen cockpit, en dus meer ruimte voor vracht en er hoeft geen rekening gehouden te worden met druk, temperatuur, en luchtcompositie. De cabine hoeft dus niet onder druk te worden gehouden.

De onbemande vliegtuigen binnen dit project zijn niet gespecificeerd. De configuratie van het vliegtuig kan binnen dit project worden bepaald, zodat deze aansluit bij de ULDs en het transport. In sectie 2.2.4 zullen de belangrijkste punten worden genoemd die invloed hebben op de ULDs in verband met de OVVs en vice versa.

## 2.2 Analyse van het transportnetwerk vanuit de actoren

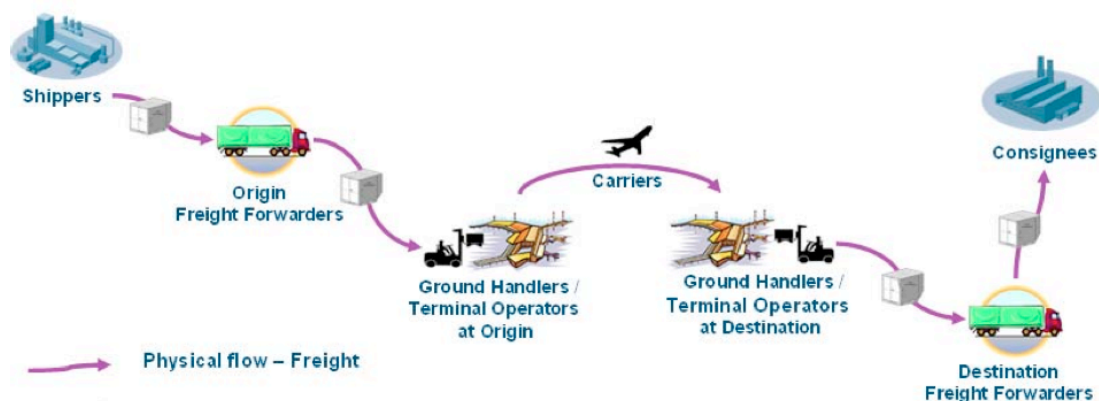
Deze sectie geeft een inleiding in het opereren van het OVV-netwerk. Dit wordt gedaan door van de verschillende betrokken partijen, ook wel actoren genoemd, hun rol in het transportproces te beschrijven. Deze indeling is niet absoluut, tijdens het ontwerpen van het systeem is het mogelijk dat bepaalde rollen samenvallen, bijvoorbeeld dat de expediteur vanuit het lokale vliegveld zal opereren. De indeling is vooral gemaakt omdat er duidelijke fases zijn in het transportproces, deze kunnen eenvoudig worden aangeduid door de naam van de actor. Deze termen zullen in de rest van het verslag worden gebruikt.

Naast de actoren die direct in contact staan met het transportnetwerk zijn er ook nog secundaire actoren te definiëren. Deze zullen aan het eind van de paragraaf kort genoemd worden, zodat de ontwerper op de hoogte is van hun rol en begrijpt dat deze partijen invloed hebben op het functioneren van het OVV-netwerk en met namen op het gebruik van ULDs.

Het tweede deel van deze sectie is een concurrentieanalyse van de overige transport vormen om de belangrijkste aspecten van het OVV netwerk te achterhalen. Deze focuspunten van het project zullen de aspecten zijn van het OVV-netwerk waar de meeste aandacht aan moet worden besteed om deze te optimaliseren.

### 2.2.1 Het OVV-netwerk, de belangen van de actoren in het transportproces

De opzet van het OVV-netwerk zal grotendeels gelijk zijn aan de opzet van het huidige transport systeem<sup>1</sup> dat in afbeelding 1 is weergegeven. Dit systeem bestaat uit een verscheper, expediteur, grondpersoneel, en luchttransport en dient dan ook als uitgangspunt voor het concept van een OVV-netwerk dat wordt gebruikt binnen dit project. De taken die elke actor in het systeem vervult zullen grotendeels hetzelfde blijven hoe het OVV-netwerk ook georganiseerd wordt. Voor het gemak en de duidelijkheid zal binnen dit verslag ook hetzelfde systeem worden aangehouden als dat van het OVV-netwerk.



Afbeelding. 1. IATA, 2010-2012 ULD Roadmap; het transport van goederen met ULDs

Bij elk van de actoren zal kort de taak van deze actor in het proces worden beschreven. Een uitgebreidere beschrijving van de taken van de actoren is in schriftelijke vorm in Appendix F en in schematische vorm te vinden in Appendix B. De belangrijkste functies van Appendix B zijn uitgeschreven in paragraaf 2.3.2.2.

Op basis van de rol van de actoren in het transport zijn ook belangen geïdentificeerd die zij hebben binnen het transportnetwerk en voor de ULDs. De belangen zijn opgesteld door te kijken naar vier belangrijke aspecten van het transport: kosten, veiligheid, snelheid, en de verleende service. De belangen staan in deze paragraaf heel kort genoemd, de belangen zijn in Appendix E verder omschreven. In de appendix kan worden opgezocht wat er bedoeld wordt met een bepaald belang en hoe dit invloed heeft op het ontwerp.

Er wordt hier niet gesuggereerd dat deze lijst compleet is. Voor het opstellen van een complete lijst van belangen moet bij de verschillende actoren onderzoek worden gedaan, dat hier niet is uitgevoerd. Deze lijst geeft een algemeen beeld van de motivaties van de actoren en de waarden die worden gehecht aan

<sup>1</sup> Appendix F. Gedetailleerde beschrijving van het huidige op ULDs gebaseerde transport systeem

bepaalde onderdelen van het ontwerp zodat hier tijdens het genereren van ideeën en opstellen van concepten rekening mee kan worden gehouden.

Voor het ontwerpen van ULDs en het systeem eromheen is ook een lijst gemaakt van de belangen gesorteerd op het specifieke element van het OVV-netwerk waar het betrekking op heeft. Deze lijst is te vinden in Appendix E.5.

### 2.2.1.1 Verscheper<sup>2</sup>

De verscheper is de partij die een lading van A naar B wil laten transporteren. De mate van betrokkenheid bij het transport is afhankelijk van de hoeveelheid, en het type van de vracht. Een particulier die een pakketje wil laten versturen heeft een veel kleinere rol in het transport dan een bedrijf dat een set kostbare, op maat gemaakte, onderdelen van een machine wil transporteren. Een dergelijk bedrijf wil zelf kunnen bepalen hoe zijn lading vervoerd wordt en hoe deze wordt vastgezet. Om deze reden zal er ook hier onderscheid worden gemaakt tussen het versturen van een pakket en het zelf opbouwen van een ULD.

**Particuliere verscheper** - De verscheper heeft in deze situatie alleen contact met de expediteur die het transport van de goederen verder zal verzorgen. De verscheper wordt vaak gevraagd de lading te verpakken in een door de expediteur bepaalde verpakking, in veel gevallen zullen dit dozen zijn van specifieke afmetingen. Hierbij wordt ook vulmateriaal gebruikt om te voorkomen dat de lading binnen de doos beweegt. De lading wordt vervolgens afgeleverd bij een lokaal distributiekantoor of aan de deur afgehaald.

#### Belangen van particulieren:

- Voorkomen schade aan lading
- Diefstalpreventie
- Snelle levering van vracht
- Minimaliseren van de kosten voor het transport
- Vervoeren verschillende ladingstypen en formaten
- Informatievoorziening
  - Tracking
  - Leveringsdatum en tijd

**Verscheper opbouwen van ULD** - Indien een bedrijf zijn lading zelf wil opbouwen voor het transport per vliegtuig wordt een vliegtuigpallet of -container bij de klant afgeleverd. Het kan ook dat de verscheper zelf een aantal ULDs heeft gekocht. Deze ULDs kunnen dan gebruikt worden om de lading op vast te zetten zodat deze in het vliegtuig vervoerd kan worden. De ULDs worden door de expediteur of door de vliegtuigmaatschappij die het transport gaat verzorgen bij de verscheper afgeleverd.

Het is, zeker bij een lokaal OVV-transportnetwerk, niet ondenkbaar dat een bedrijf dat veel gebruik maakt van dit transport een voorraad ULDs heeft. Dit betekent voor de verscheper dat opslag van ULDs ook belangrijk is.

De verscheper laadt de vracht zelf in de ULD en zet de lading vast. De verscheper is hier verantwoordelijk voor de ULD, deze mag niet beschadigen door gebruik. Als beschadiging optreedt kan de ULD worden afgekeurd in een later stadium van het transport. Ook moet de geladen ULD voldoen aan de eisen van ULD opbouw.<sup>3</sup> Vervolgens kan deze worden opgehaald door de expediteur of kan hij direct naar het lokale vliegveld worden gebracht door de verscheper zelf. Er zijn hier mogelijk opties om het voor de verscheper mogelijk te maken zelf in bestelbusjes of met pick-up trucks de ULDs te vervoeren.

#### Belangen van bedrijven:

- Belangen van particulieren
- Minimaliseren van vereiste training ULD opbouw
- Ergonomisch laadproces
- ULD mag tijdens gebruik geen schade ondervinden
  - Procedures ingesloten bij ULD
  - Sterkere ULDs
- Makkelijker gebruik van de ULD
- ULD geeft zelf correcte wijze van gebruik aan
- Beperken van aanschaf randapparatuur
- ULDs moeten efficiënt opgeslagen kunnen worden
- Zelf ULDs transporteren via de weg
- Veel verschillende maten ULDs

---

<sup>2</sup> Appendix E.1. Uitgewerkt overzicht belangen van de verscheper

<sup>3</sup> Appendix G. Samenvatting van IATA procedures: 1. Opslag - 2. Controle - 3. Opbouw - 4. Transport

### 2.2.1.2 Expediteur vertrek<sup>4</sup>

De expediteur is de tussenpersoon tussen de klant, de verscheper, en de luchtvaartmaatschappij en het vliegveld. De expediteur vervult een aantal belangrijke taken die voor het massatransport van goederen noodzakelijk zijn en het een stuk efficiënter kunnen maken. Van de taken die de expediteur uitvoert is een groot deel directe interactie met ULDs. De kosten die een expediteur maakt zijn dus ook direct afhankelijk van hoe goed de ULDs functioneren. Daarom is het belangrijk te kijken naar de belangen die de expediteur hecht aan bepaalde eigenschappen van de ULD en het netwerk.

De taken waar de expediteur verantwoordelijk voor is in het transport zijn heel algemeen genomen:

- Intern transporteren van ULDs in grote aantallen
- Registreren en inchecken van ULDs
- Vastleggen informatie over lading, opbouw, bestemming, etc.
- Transport van geladen, ongeladen, en beschadigde ULDs via de weg.
- Controleren van ULDs en de opbouw van de lading
- Laden van ULDs
- Opslag van ULDs

De expediteur ontvangt van de klant of pakketten of een geladen ULD. In het geval van een geladen ULD zal deze nog worden gecontroleerd en vervolgens getransporteerd naar het vliegveld. Als het losse pakketten zijn worden deze gesorteerd op bestemming en geregistreerd. Op basis van deze informatie en de informatie van andere distributiecentra worden ULDs opgebouwd. Een geschikte ULD wordt geselecteerd en uit opslag gehaald. Deze wordt neergezet, gecontroleerd, opgebouwd en opnieuw gecontroleerd. Deze ULDs worden ingeladen en naar het vliegveld getransporteerd.

#### Belangen van de expediteur:

- Initiële kosten minimaliseren
  - Aanschafkosten per ULDs
  - Aantal benodigde ULDs
  - Volume en maximum payload per ULD
  - Aanschaf noodzakelijk materiaal (netten, straps, etc.)
  - Aanschaf randapparatuur (slave pallets, vorkheftrucks, etc.)
  - Kosten software
- Operationele kosten minimaliseren
  - Reparaties
  - Transport
  - Laadproces
  - Opslag
  - Personeel
  - Diefstal
  - etc.
- ULDs mogen niet beschadigd raken
  - Handleidingen
  - Sterkere ULD
  - Vervangbare onderdelen
  - Quick-fix oplossingen
- Detectie van beschadigde ULDs
- Trackingsysteem voor ULDs en vracht
  - Altijd voldoende ULDs
  - Efficiënter transport
  - Combineren van ladingen
  - Tag-systeem
  - Scannen en registreren
- Veiligheid van lading garanderen
  - ULDs beschermen de lading
  - Afsluitbaar
  - Zendertjes in pakketten
- Efficiëntere ULDs
  - Meer payload per ULD (minder verpakkingsmateriaal)
  - Minder gewicht
  - Minder "dode ruimte" in vliegtuig
- Efficiënt transport via weg
  - Meer ULDs per vrachtwagen
  - Lege ULDs
  - Laden gaat sneller
- Automatiseren (deel)systemen

### 2.2.1.3 Grondpersoneel en vliegveld vertrek<sup>5</sup>

Het grondpersoneel is verantwoordelijk voor de afhandeling van de vracht vanaf het moment dat deze op het vliegveld wordt uitgeladen uit de vrachtwagens van de expediteur tot aan het moment dat hij in het vliegtuig worden geladen. In dit verslag zal alles wat in het laadruim van het vliegtuig gebeurt onder het luchttransport vallen, omdat dit allemaal te maken heeft met het ontwerp van het laadruim en niet meer met het transporteren van de ULDs.

Op het vliegveld vindt veel diefstal van goederen plaats. Dit gebeurt met name gedurende de periode dat de ULDs staan opgeslagen om getransporteerd te worden.

<sup>4</sup> Appendix E.2. Uitgewerkt overzicht belangen van de expediteur

<sup>5</sup> Appendix E.3. Uitgewerkt overzicht belangen van het grondpersoneel en de afhandeling op het vliegveld

De hoofdtaken die het grondpersoneel in het transport vervult zijn:

- Registreren en inchecken van ULDs
- Controleren van de ULDs en lading
- Geordend vervoeren van grote aantallen ULDs
- Gestructureerd opslaan van ULDs
- Transport van ULDs naar het OVV

De expediteur levert de ULD af bij het vliegveld per vrachtwagen. De ULDs worden uit de vrachtwagen gerold en vervolgens ingecheckt, geregistreerd, en gecontroleerd door het personeel van het vliegveld en de luchtvaartmaatschappij. De ULDs worden intern getransporteerd naar een tijdelijke opslag voor geladen ULDs. Ook vindt hier een controle van de lading plaats en indien nodig een grondiger onderzoek van de douane. Als een vliegtuig klaargemaakt wordt voor vertrek zullen de ULDs die getransporteerd gaan worden uit opslag worden gehaald en naar het vliegtuig verplaatst. Vervolgens worden ze voor een laatste keer gecontroleerd alvorens in het vliegtuig te worden geplaatst.

#### **Belangen van het grondpersoneel:**

- Initiële kosten minimaliseren
  - Systeem voor het afhandelen van ULDs
  - Opslagrekken en systeem geladen ULD
  - Scan- en registratieapparatuur en software
  - Laadsysteem voor vliegtuig
  - Transport naar vliegtuig
  - Laadruimte vliegtuig
- Operationele kosten minimaliseren
  - Opslag
  - Personeel
  - Diefstal
  - Transportsysteem onderhoud
  - Doorstroomtijd ULDs
  - Software onderhoud
  - Laden van vliegtuigen
  - etc.
- Schade voorkomen aan lading en ULDs
  - Materiaal gebruik
  - ULD bescherming
  - Veilig handelingssysteem
- Detectie van beschadigde ULDs
- Schade aan apparatuur en systeem voorkomen
- Trackingsysteem voor ULDs en vracht
  - Altijd voldoende ULDs
  - Efficiënter transport
  - Combineren van ladingen
  - Tag-systeem
  - Scannen en registreren
- Vermindering aantal ULDs op vliegveld
- Alle lading kunnen controleren
- Rekening houden met verschillende hoeveelheden vracht
- Minimaliseren van de turnaround-time en doorstroomtijd
- Automatiseren:
  - Transport
  - Opslag
  - Selectie van ULDs voor transport
  - Scannen
  - Inchecken
  - Controleren lading

#### **2.2.1.4 De Luchtvaartmaatschappij<sup>6</sup>**

Binnen dit verslag wordt de luchtvaartmaatschappij gezien als de partij die enkel en alleen over het daadwerkelijke transport van de ULDs in het laadruim van OVV gaat. In de echte situatie is het goed denkbaar dat de expediteur, het grondpersoneel en de luchtvaartmaatschappij allemaal van één transportbedrijf zijn. Het is hier echter handig om het gehele proces op te splitsen in kleinere delen. De luchtvaartmaatschappij beheert het laadruim en het OVV. Zij verzorgen het transport van de goederen over de lange afstand, waarna ze de lading weer overdragen aan het grondpersoneel.

De taken die de luchtvaartmaatschappij heeft zijn:

- Plaatsen en vastzetten van de ULDs
- De ULDs op hun plaats houden tijdens de vlucht
- Veilig transporteren van de lading

De ULDs worden op één of andere manier aangeleverd aan het laadruim van het OVV. Deze moeten vanaf dat moment echter nog naar de goede plaats in het vliegtuig worden getransporteerd. Als de ULD op de goede plek in het laadruim is aangekomen moet deze worden vastgezet, zodat hij tijdens de vlucht niet kan

---

<sup>6</sup> Appendix E.4. Uitgewerkt overzicht belangen van de luchtvaartmaatschappij

bewegen. Tijdens de vlucht moeten de ULDs en het laadruim de krachten ten gevolge van de versnellingen van het vliegtuig<sup>7</sup> aankunnen. Na het landen worden de ULDs losgemaakt en uit het laadruim verplaatst.

#### **Belangen van de luchtvaartmaatschappij:**

- Initiële kosten minimaliseren
  - Aanschaf ULD (indien eigenaar)
  - Ontwerp laadruim
  - Bevestiging ULDs
  - Verplaatsten ULDs
  - Type cabine
  - Veiligheidsmaatregelen
- Operationele kosten minimaliseren:
  - Kosten vliegveld
  - In- en uitladen
  - Tanken
  - Aerodynamica laadruim
  - Gewicht ULDs (€33,- per kilo per jaar)
  - Drukcabine
  - Optimaliseren grootte vliegtuig (zie uitleg in appendix)
  - Reparaties
  - Onderhoud
  - Transport speciale vracht
  - Schade ULDs/lading
- Weinig payload voor winst
- Maximaliseren van payload in ruim
- Schade voorkomen aan ULD, laadruim, en OVV:
  - Bevestiging ULDs
  - (Ver)plaatsen ULDs
  - Laden ULDs
- ULDs vervullen extra functie in OVV:
  - Constructief
  - Veiligheid
  - Isolierend
  - Bevestiging
  - Damping
  - etc.
- Minimaliseren van de turnaround-time
- Maximaliseren ladingsgehalte
- Elke ULD moet individueel in- en uitgeladen kunnen worden
- Beperken aanpassingen aan laadruim t.b.v. vracht

#### **2.2.1.5 Grondpersoneel en vliegveld aankomst**

Na het transport van de goederen door de luchtvaartmaatschappij is het grondpersoneel op het ontvangende vliegveld verantwoordelijk voor het uitladen van de lading en de ULDs. De ULDs worden vervolgens allemaal ingecheckt, geregistreerd, en gecontroleerd op schade zodat ze veilig getransporteerd kunnen worden. Het grondpersoneel en het verwerkingssysteem moet van elke ULD informatie hebben over het vervolg traject, waar deze ULD heen moet, zodat hij bij de correcte expediteur terecht komt. De ULDs worden opgeslagen en vervolgens als ze worden opgehaald klaargemaakt voor transport.

De belangen van het grondpersoneel komen overeen met de belangen bij het vertrek.

#### **2.2.1.6 Expediteur aankomst**

De expediteur aan de aankomstkant is verantwoordelijk voor het wegtransport van de de ULDs. Deze worden voor het district van de expediteur afgehaald op het lokale vliegveld. Als het om shipper-build ULDs gaat worden de ULDs vervoerd naar de verschepers. De ULDs waar goederen voor particulieren inzitten worden uitgeladen, gecontroleerd en opgeslagen, waarna ze weer klaar zijn voor gebruik. De ULDs kunnen ook weer terug naar het vliegveld als ze op een andere lokatie meer nodig zijn. De goederen die uit de ULDs zijn geladen worden in busjes naar de klant getransporteerd.

De belangen van de expediteur komen overeen met de belangen die al bij het vertrek zijn gedefinieerd.

#### **2.2.1.7 Ontvanger**

De particuliere ontvangers krijgen hun pakketten thuis afgeleverd of ze kunnen ze afhalen. Shipper-build ULDs worden afgeleverd bij de klant waarna deze zelf de ULDs uitpakt. De ULDs moeten ook worden gecontroleerd alvorens opgeslagen te worden of teruggetransporteerd te worden naar de expediteur of het vliegveld.

De taken en belangen van de ontvanger komen grotendeels overeen met die van de verscheper.

---

<sup>7</sup> Appendix A.3. Versnellingen van het OVVs

### **2.2.1.8 Reparatiedienst**

De belangen van de reparatiediensten zullen we voor dit project niet behandelen vanuit hun eigen optiek. Zij willen namelijk zoveel mogelijk ULDs repareren. Dit is echter strijdig met het doel van het gehele OVV-netwerk. Daarom zal de reparatiedienst worden benaderd vanuit het algemeen belang van het OVV-netwerk.

De reparatiedienst ontvangt van alle partijen in het netwerk beschadigde ULDs, hierbij is van belang dat:

- Reparatie duur zo kort mogelijk: beschadigde ULDs kosten geld in opslag en onderhoud terwijl ze niets opbrengen.
- Uitwisselen van beschadigde onderdelen: constructie van ULDs moet uit losse, makkelijk te vervangen onderdelen bestaan.
- Lokale reparaties: vervangen van onderdelen kan door gecertificeerd personeel bij b.v. de expediteur worden gedaan.
- Schadedetectie: schade aan ULDs moet makkelijk te zien zijn. Inschatten van de hoeveelheid en ernst van de schade moet makkelijk zijn.
- Onderdelen die vaak beschadigd raken moeten eenvoudig en goedkoop vervangen kunnen worden: eventuele mechanismes en elektronica in de ULDs moet niet beschadigen. Het frame of panelen van een container daarentegen zijn makkelijker en goedkoper te vervangen.
- Snelle reparaties: demonteren van ULDs gaat snel en zonder extra schade toe te brengen.

### **2.2.1.9 Productie van ULDs, apparatuur, systemen en OVVs**

Net als de reparatie diensten willen de producenten van ULDs, apparatuur, transport- of computersystemen, en het OVVs zo veel mogelijk aan de productie verdienen. Omdat wij willen ontwerpen voor een optimaal systeem van transport zullen we de belangen van deze partijen ook benaderen vanuit het oogpunt van het OVV netwerk.

De belangen van de producenten zijn dan:

- “Massa productie”: opzet van productielijnen voor alle producten verlagen de kosten; alleen mogelijk met grote aantallen.
- Minimaliseren productiekosten: voor ULDs, apparatuur, systemen, en OVVs.
  - materiaalkosten
  - productieproces
  - benodigde energie
  - etc.
- Duurzaamheid: ULDs en randapparatuur moeten duurzaam zijn, zodat de kosten voor het recyclen of afdanken van de ULDs geminimaliseerd kunnen worden.

### **2.2.1.10 Externe belanghebbende**

De externe actoren zijn partijen die niet direct zijn betrokken bij fabricage, onderhoud, of het gebruik van de ULDs en het OVV-netwerk, maar er wel door worden beïnvloed of het OVV-netwerk beïnvloeden. Binnen deze paragraaf zullen de overheid, douane, veiligheidsinstanties, en de maatschappij kort worden genoemd en zal worden besproken welke rol ze hebben in relatie tot het OVV-netwerk. Er zal echter niet verder op worden ingegaan, aangezien hun rol in dit stadium van het project weinig invloed zal hebben. Bij implementatie zal veel uitgebreider gekeken moeten worden naar de belangen van deze partijen. Bij het ontwerpen moet men zich wel bewust zijn van belangen vanuit deze hoek.

#### *Overheid*

Het eerste probleem met overheden is dat de regelgeving en hun instelling ten opzichte van dit soort projecten sterk zal verschillen. Dit maakt het lastig om een goede algemene indicatie te geven van hoe open ze zullen staan voor de invoer van een OVV-netwerk. De exacte uitwerking van de belangen zal hier dan ook niet gebeuren, omdat er geen bestaand beleid of regelgeving is speciaal voor OVVs, en omdat het in deze fase van het project te veel in detail zal treden. De belangrijkste punten zullen hier voor later onderzoek wel worden genoemd.

Mogelijke belangen van overheden in het OVV-project:

- Veiligheid
- Overlast
- Milieu
- Constructie van vliegvelden

- Lokale infrastructuur
- Handel
- Ontlasten wegennet

Het grootste belang van de overheid is de veiligheid van zijn burgers. Het gebruik van OVVs is geheel nieuw, het is dus voor het OVV-netwerk belangrijk dat het systeem kan bewijzen dat het geen gevaar vormt. Het opstellen van dit soort regels wordt gedaan door veiligheidsinstanties zoals EASA in Europa of de FAA in de V.S. Ten aanzien van ULDs bestaat er reeds regelgeving, maar omdat het hier om een OVV-netwerk gaat worden de regels mogelijk anders doordat het gebruik van OVVs extra risico's met zich meebrengt.

Er zullen echter ook aspecten zijn die door lokale overheden worden geregeld: geluidsoverlast, milieu, transport via de weg, etc. Deze regels moeten worden gevolgd, want hebben namelijk invloed waar de lokale vliegvelden gebouwd mogen worden. Dit heeft op zijn beurt invloed op de significantie die moet worden gegeven aan het transport van ULDs via de weg. Een ander voorbeeld is het verschillende maximale gewicht per as van vrachtwagens. De ULDs en het netwerk moeten op dit soort factoren inspelen.

Het aanleggen van infrastructuur is ook een belangrijke taak van overheden. Het ontwikkelen van een OVV-netwerk zou bijvoorbeeld wegen kunnen ontlasten.

De invoer van een OVV-netwerk moet voor overheden een stimulans zijn voor de economie, het moet de handel stimuleren, niet remmen, en het liefst leiden tot het creëren van banen, in ontwikkeling, constructie, of binnen het OVV-netwerk.

#### *Douane*

De ULDs moeten op vliegvelden gecontroleerd kunnen worden door de douane. In veel gevallen worden ULDs geopend en de lading bekeken b.v. om te controleren of er niets gesmokkeld wordt in de ULDs. De ULDs moeten het mogelijk maken dat ze gecontroleerd kunnen worden. Dit wordt verder behandeld in paragraaf 2.2.3.5.

#### *Veiligheidsinstanties*

Veiligheidsinstanties vervullen twee belangrijke taken in de luchtvaart. Allereerst maken zij de regels waar alle in de luchtvaart gebruikte producten aan moeten voldoen en ten tweede moeten zij alle producten certificeren zodat ze gebruikt mogen worden.

Bij het ontwikkelen van de ULDs kan worden gekeken naar de standaard regelgeving voor ULDs. Deze zal mogelijk anders zijn voor OVVs. Verder moet uiteindelijk de ULD natuurlijk worden gecertificeerd.

#### *Maatschappij*

De maatschappij staat mogelijk in eerste instantie negatief tegenover het feit dat een groot aantal onbemande vliegtuigen elke dag over hun heen vliegen. De veiligheid van het systeem is voor de mensen in de samenleving erg belangrijk. Er moet dus gewerkt worden aan de acceptatie van dit soort projecten.

### *2.2.2 Concurrentiepositie van het OVV-netwerk binnen het globale transport van goederen*

In dit gedeelte van de analyse zal worden gekeken naar de belangrijkste eigenschappen van verschillende vormen van transport, deze zullen worden vergeleken met het OVV-netwerk. Op deze manier kan worden achterhaald waar de grootste voordelen van dit systeem liggen. Dit maakt het mogelijk dat hierop kan worden ingespeeld in het ontwerpproces. Er zal binnen deze sectie ook worden besproken welke aspecten van het OVV-netwerk hierbij een belangrijke rol zullen spelen.

#### **2.2.2.1 Bepalen van de belangrijkste eigenschappen van het OVV-netwerk**

Er zal hier worden aangenomen dat de meeste vluchten van OVVs zullen plaatsvinden tussen locaties die 500 tot 8.000 kilometer van elkaar verwijderd liggen.<sup>8</sup> Dit betekent dat OVVs met transport via de trein, weg, lucht, en water zullen moeten concurreren. Verder zal worden aangenomen dat OVVs een capaciteit hebben

---

<sup>8</sup> Appendix A.1. verdieping over het bereik van het OVVs, verantwoording keuzes, en invloed op ULD-design



die tussen de 5.000 en 20.000 kg ligt.<sup>9</sup> Dit komt overeen met een vrachtwagen. De gemiddelde snelheid van het transport zal rond de 400 kilometer per uur liggen als turboprops worden gebruikt en wat hoger, richting de 900, voor jets. Hier zal worden gekozen voor turboprops, aangezien deze op lagere hoogtes, dus bij kortere vluchten, beter presteren.

In tabel 1 zijn deze aspecten per vorm van transport uitgezet. Deze gegevens zijn bedoeld om een vergelijking te kunnen maken met de eigenschappen van het transport via OVV's. De data zijn niet exact, voor verdere berekeningen van de kosten van het transport zullen andere cijfers gevonden moeten worden.<sup>10</sup> Dit zal voor het OVV-netwerk nog moeten worden uitgezocht, voor deze tabel is een schatting gemaakt van 0,20 met een afwijking van 0,1. Een hogere accuratesse kan op dit moment niet worden gegeven.

|                                     | Trein      | Boot       | Vrachtwagen | Vliegtuig<br>(huidig)       | OVV<br>(indicatie)         |
|-------------------------------------|------------|------------|-------------|-----------------------------|----------------------------|
| gem. Snelheid<br>(km/u)             | 65         | 26         | 75          | 900                         | 400                        |
| kosten €/(ton*km)                   | 0,0124     | 0,0035     | 0,125       | 0,292                       | 0,20±0,1                   |
| maximaal<br>laadvermogen (ton)      | >500       | >10.000    | 22          | 100                         | 5-20                       |
| Bereik (km en<br>beperkende factor) | ∞<br>rails | ∞<br>water | ∞           | 6.000-15.000<br>vliegvelden | 2.000-8.000<br>vliegvelden |

Tabel 1. Snelheid, kosten, laadvermogen, en bereik van verschillende vormen van transport

#### *Trein*

Het OVV-netwerk is in vergelijking met de trein met name in het voordeel voor wat betreft de snelheid. Het transport van goederen via het spoor gaat traag. Dit komt doordat de treinen vaak stilstaan, moeten wachten en omdat delen losgekoppeld moeten worden voor transport naar verschillende locaties.

Het OVV-netwerk heeft in het bereik mogelijk ook een voordeel: Allereerst zijn rails nodig voor het transport met treinen, dit beperkt de vrijheid. OVVs hebben vliegvelden nodig, dit is echter minder een obstakel. Verder is het aantal stations waar goederen treinen uitgeladen worden beperkt.

Wat kosten en het laadvermogen betreft heeft de trein echter wel een voordeel. Kosten van transport via het spoor zijn zeer laag door de grote hoeveelheden vracht en de lage kosten van het systeem.

#### *Boot*

Het voordeel dat OVVs over de boot hebben is het bereik, doordat ze in het binnenland goederen kunnen afleveren en de snelheid. De snelheid van de OVVs is hier het belangrijkste punt. Het verschepen van goederen in boten kan soms meerdere dagen duren voordat deze aankomt. De goederen moeten vervolgens ook nog over worden geladen voor landtransport over soms grote afstanden, wat verdere kosten met zich meebrengt.

De boot is echter in het voordeel qua laadcapaciteit en kosten van het transport. De boot is zeer efficiënt qua kosten door de gigantische ladingen die vervoerd kunnen worden.

#### *Vrachtwagen*

De gemiddelde transportsnelheid van OVVs ligt hoger dan die van vrachtwagens. De snelheid van vrachtwagens is sterk afhankelijk van de kwaliteit van het lokale wegennet. Verder wordt de snelheid van het wegtransport beperkt door de hoeveelheid weggebruikers in een gebied. Filevorming en drukte kunnen het transport verder vertragen. Een ander probleem dat wegtransport kan hebben is zeer gebrekkige infrastructuur. OVVs hebben deze problemen niet, zo lang ze kunnen landen kunnen ze overal heen, en de snelheid is zeer constant.

<sup>9</sup> Appendix A.2. verdieping over het laadvermogen van OVV's, verantwoording keuzes. en invloed op ULD-design

<sup>10</sup> Kosten per ton per kilometer: Business Logistics Management, 4th Edition, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, <http://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch3en/conc3en/modaltransportcosttonmile.html>

Qua kosten en maximaal laadvermogen benadert het OVV de vrachtwagen. De vrachtwagen is hierbij waarschijnlijk iets in het voordeel.

Het bereik van vrachtwagens is zeer groot. Een vrachtwagen kan overal komen. Dit is het grootste voordeel van transport via de weg. De goederen kunnen bij mensen of bedrijven aan de deur worden gebracht. De andere modi van transport voorzien hier allemaal niet in, ook de OVV niet. Dit betekent dat er altijd vrachtwagens zullen opereren binnen het OVV netwerk.

#### *Vliegtuig*

De gemiddelde vliegsnelheid van de huidige vrachtvliegtuigen ligt hoger dan die van OVVs. Dit zou deels goedgemaakt kunnen worden doordat de OVV op kortere stukken vliegen waar een snellere turnaround-time een hoop goed kan maken. Op de langere afstanden zullen de huidige vrachtvliegtuigen een aanzienlijk voordeel behouden.

De kosten van het transport van goederen in OVV's zou lager kunnen zijn dan het transport in gewone vrachtvliegtuigen. Door te maken kosten voor de aanleg van de infrastructuur (vliegvelden, hangars, terminals) en de kosten van de OVVs en ULDs zullen de kosten mogelijk initieel hoger zijn.

De ladingscapaciteit van standaardvrachtvliegtuigen is veel hoger. Het voordeel voor OVVs is dat de kleinere capaciteit tot een hogere vluchtfrequentie leidt en dus ook de levertijd van goederen versneld.

Het absolute bereik van OVVs is kleiner dan dat van vrachtvliegtuigen, maar er zijn veel meer lokale vliegvelden waar OVVs kunnen landen, wat maakt dat de OVVs vracht veel dichterbij de eindbestemming kunnen afleveren.

#### **2.2.2.2 Belangrijkste karakteristieken OVV-netwerk en de implicaties voor de ULDs**

Uit de vergelijking van het OVV-netwerk met de concurrerende vormen van transport blijkt een aantal dingen die van belang zijn voor het ontwerpen van de ULDs voor de OVVs. Allereerst wordt de conclusie getrokken dat de snelheid van het bezorgen van de lading en een hoge vluchtfrequentie het belangrijkste voordeel is. Ten tweede vormt het bezorgen van lading op lokale vliegvelden een zeer sterk punt van het OVV-netwerk. Dit vermindert de afstanden die afgelegd moeten worden door lokale transporteurs (vaak in vrachtwagen) ten opzichte van het transport vanaf havens, grote vliegvelden of vrachtstations.

Voor het ontwerp van de ULDs betekent dit dat:

- **Snelheid laden ULDs in OVV:** Het laden van de ULDs in de OVV moet zo snel mogelijk zodat de tijd dat een vliegtuig stil staat geminimaliseerd wordt. Het vliegtuig kan zo sneller weer andere ULDs gaan vervoeren en de ULDs die ingeladen worden hoeven minder lang te wachten. De methode van laden en de wijze waarop de ULDs worden vastgezet hebben invloed op de snelheid van het laadproces.
- **Regeling intern transport:** Het intern transport op vliegvelden moet goed geregeld zijn. De juiste ULDs moeten altijd klaarstaan voordat een vliegtuig geladen gaat worden. Alle ULDs moeten dus geregistreerd kunnen worden zodat een computersysteem bijvoorbeeld kan bepalen wanneer een bepaalde ULD opgehaald moet worden.
- **Snelheid intern transport:** De ULDs moeten sneller worden afgehandeld op vliegvelden zodat de tijd tussen ontvangst en vertrek verkort wordt. Hierbij speelt de snelheid van het transportsysteem een rol maar ook alle controles die uitgevoerd moeten worden.
- **Opslag geladen ULDs:** Doordat de doorvoersnelheid verhoogd wordt op vliegvelden zullen er op elk moment minder geladen ULDs opgeslagen zijn. Het wordt minder belangrijk dat geladen ULDs efficiënt opgeslagen moeten kunnen worden.
- **Laden van ULDs:** De tijd dat goederen moeten wachten voordat ze in ULDs geladen worden moet worden vermindert. Dit kan door de ULDs sneller laadbaar te maken.
- **Volume van de ULDs:** De tijd die het duurt voordat een ULD de expediteur verlaat is afhankelijk van de tijd die het kost om hem te vullen. Voor lokale vliegvelden kan dit heel lang duren. Daarom is het handig als er kleine ULDs zijn die sneller vol zitten en vervolgens overgeladen kunnen worden na het transport van de ene OVV naar de andere. Een andere optie is om ladingen voor verschillende bestemmingen samen te voegen in één ULD en dan op een ander, groter, distributiecentrum de lading weer te scheiden (hub-and-spoke systeem).
- **Inladen van ULDs in vrachtwagens:** De laadtijd van vrachtwagens heeft invloed op hoeveel ULDs er per tijdseenheid getransporteerd kunnen worden.
- **Transport per vrachtwagen:** De ULDs moeten niet hoeven wachten op transport. Om dit met zo min mogelijk vrachtwagens te bereiken is het belangrijk dat er zoveel mogelijk ULDs in een vrachtwagen geladen kunnen worden

### 2.2.3 Punten van aandacht bij het OVV-netwerk en ULD-verwerkingssysteem

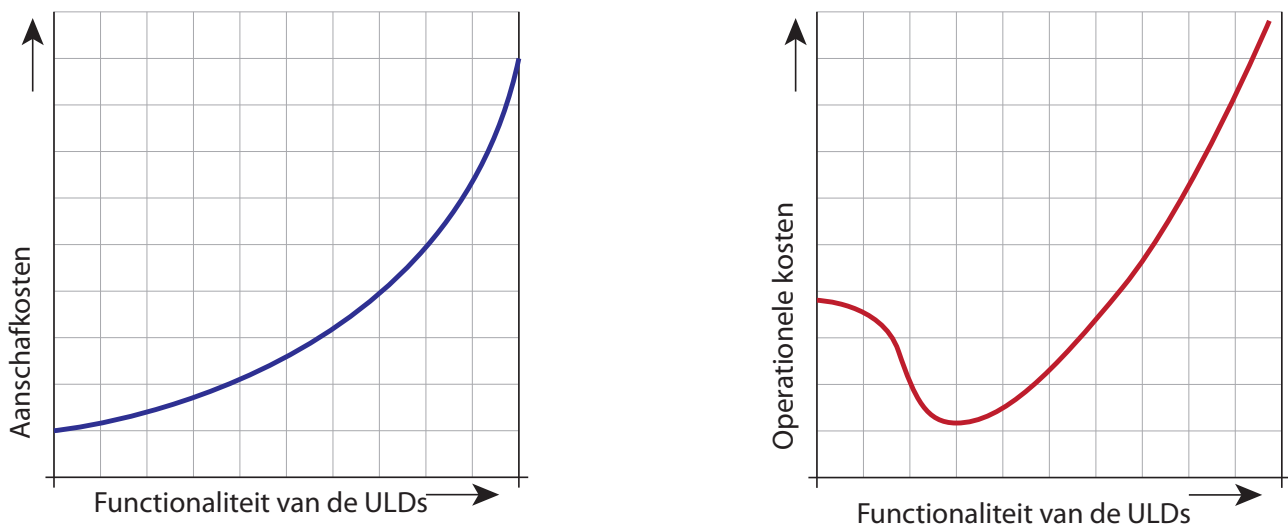
Het uitwerken van het OVV-netwerk en het verwerkingssysteem voor ULDs vereist dat de ontwerper op de hoogte is van een aantal belangrijke punten. Deze punten zullen belangrijk zijn bij het maken van bepaalde beslissingen en zullen dus ook terug komen in het stappenplan in hoofdstuk 4. Ook zullen ze gedeeltelijk de basis vormen voor het maken van beslissingen voor bepaalde ideeën of concepten.

De punten die in deze paragraaf behandeld zullen worden zijn: de mate van integratie en functionaliteit van de ULDs in het verwerkingssysteem, het stapelen van ULDs, het automatiseren van het verwerkingssysteem, de registratie en tracking van ULDs, en de veiligheid van ULDs en lading in het systeem.

#### 2.2.3.1 Relaties tussen kosten, functionaliteit, en het aantal ULDs

Tijdens het genereren van ideeën en het ontwikkelen van concepten voor het ULD-verwerkingssysteem moet de ontwerper op de hoogte zijn van een aantal effecten die het toekennen van functionaliteit aan de ULD heeft. Binnen deze paragraaf zullen de algemene relaties worden aangegeven, en welke gevolgen deze beslissingen kunnen hebben op het resulterende systeem. De verbanden die hier worden genoemd zijn algemeen omschreven en zullen afhankelijk zijn van de situatie en van de ideeën en concepten. De exacte verbanden zijn onbekend en sterk afhankelijk van de situatie, maar het is belangrijk dat tijdens het bedenken van ideeën aandacht wordt besteed aan deze algemene relaties.

De term *functionaliteit* wordt hier gebruikt om alle veranderingen aan ULDs aan te duiden die de omgang met de ULD vergemakkelijken of verbeteren, of aanpassingen die de ULDs en lading beschermen tegen schade. Een voorbeeld is het tilbaar maken van ULDs met vorkheftrucks. Hiervoor moet de ULD worden aangepast en krijgt hij een extra functionaliteit. Een ander voorbeeld is het steviger of sterker maken van de ULDs.



Afbeelding 2. Indicatie van verbanden tussen verschillende karakteristieken van de ULDs en het OVV-netwerk

De aanschaffkosten van de ULDs zijn direct verbonden met de productiekosten van de ULDs. De productiekosten worden bepaald door de functionaliteit die in de ULD verwerkt moet worden, de manier waarop deze functionaliteit wordt geïmplementeerd, en de gebruikte materialen. Hoe meer functionaliteit geïmplementeerd wordt in de ULDs, hoe hoger de productiekosten van de ULDs zullen zijn (geïllustreerd links in afbeelding 2).

Een dergelijk verband is vrij logisch. De conclusie die eruit getrokken moet worden is dat het implementeren van een bepaalde functie in de ULD zich terug moet verdienen in het gebruik. Het terugverdienen van de kosten kan op twee manieren: door het verlagen van het aantal benodigde ULDs of door het verminderen van de operationele kosten die gemoeid zijn met de ULDs.

Het verminderen van het benodigd aantal ULDs kan bereikt worden door het gebruik van ULDs te limiteren tot vliegvelden. Alle vracht uit een regio wordt verzameld op vliegvelden en daar gesorteerd. Er is op dat vliegveld altijd maar 1 set lege ULDs. Deze ULDs worden geladen met de goederen voor de volgende vlucht. Deze kunnen dan worden omgewisseld met de ULDs op het OVV. De OVV wordt uitgeladen en kan direct worden geladen met de gereedstaande ULDs voor de volgende vlucht.

Doordat er in dit voorbeeld relatief weinig ULDs gekocht hoeven te worden kunnen de ULDs duur zijn. Dit maakt het mogelijk dat de functionaliteit van de ULDs een stuk uitgebreider kan zijn.

Het verminderen van de operationele kosten door het implementeren van meer functionaliteit is buitengewoon complex en interessant. Dit komt doordat het vergroten van de functionaliteit van ULDs om de omgang en het gebruiksgemak te vergroten een aantal nadelen met zich meebrengt. De belangrijkste hiervan zijn:

- Extra gewicht: Het implementeren van extra functionaliteit maakt de ULDs zwaarder. Zwaardere ULDs zijn allereerst lastiger te hanteren. Dit heeft gevolgen voor de randapparatuur en het OVV. Verder vergroot het ook de hoeveelheid brandstof die verbruikt wordt in het transport van de ULDs.
- Risico op schade: Ten tweede zorgt extra functionaliteit voor een extra mogelijkheid voor de ULD om te beschadigen. Hoe groter het aantal stappen waarbij de ULD een rol speelt hoe groter het totale risico dat er iets misgaat. Verder zijn bewegende, dragende of inklemmende onderdelen aan de ULDs extra gevoelig voor schade.
- Regelgeving: Het implementeren van functionaliteit in de ULDs verhoogt de drempel waarop ULD nog luchtwaardig zijn, doordat er meer mis kan gaan met de ULD. De regels zullen aangescherpt worden wat tot gevolg heeft dat de eisen betreffende het ULD-design ook aangepast moeten worden.

Het gevolg is dat het implementeren van functionaliteit in ULDs een tweezijdig zwaard is. De resultaten zijn afhankelijk van het type functionaliteit en de implementatie. In het algemeen kan gesteld worden dat het toevoegen van te veel of te ingrijpende functionaliteit, zoals in de grafiek te zien is, zal leiden tot hogere operationele kosten.

### **2.2.3.2 Stapelen van ULDs**

De voordelen van het stapelen van ULDs zit hem in de opslag van de containers. Doordat het mogelijk is om ULDs te stapelen kunnen met name bij de verscheper en de expediteur goedkoop ULDs worden opgeslagen. Het automatiseren van het stapelen van containers is mogelijk maar onpraktisch, vandaar dat het voordeel vooral bij de verscheper en expediteur ligt.

Het grootste voordeel van het stapelen van ULDs zit hem in het wegtransport. De ULDs zijn in een klein vliegtuig vaak heel laag, omdat het vliegtuig zo slank mogelijk moet zijn. Dit betekent voor het transport in vrachtwagens dat er weinig volume per rit verplaatst kan worden. Door het stapelen in vrachtwagens mogelijk te maken kan het volume dat getransporteerd kan worden worden verdubbeld of verdrievoudigd.

Deze optie heeft voordelen boven het modificeren van de vrachtwagens. Allereerst maakt het aanpassen van de vrachtwagens ze onbruikbaar, of minder bruikbaar, voor het transport van andere goederen. Ten tweede is de modificatie aan de vrachtwagens niet zo simpel. Het is mogelijk om rekken in de vrachtwagens te plaatsen zodat de ULD ook in de hoogte kunnen worden ingeladen, maar er moet ook voor worden gezorgd dat de ULD in en uit de vrachtwagens kunnen worden geschoven. Hiervoor moeten ook bewegende onderdelen in de vrachtwagens worden geplaatst. Deze modificaties zijn duur en brengen extra onderhoud met zich mee.

Het stapelbaar maken van containers maakt ze ook sterker. Er zal dus minder snel schade aan met name het frame van de ULD worden toegebracht. Ook kan het frame van de ULD worden gebruikt in de constructie van het OVV als dragend onderdeel, zie paragraaf 2.3.3.5. Er zijn dus mogelijkheden om deze functionaliteit ook elders in het netwerk te gebruiken.

De nadelen van het stapelbaar maken van de ULDs zit allereerst in de kosten voor het produceren van de ULDs: deze moeten sterker zijn dan normale containers. Daarnaast zijn de ULDs ook zwaarder, wat het afhandelen van ULDs moeilijker maakt. Het gewicht van de ULDs verhoogt ook de operationele kosten, doordat door het extra gewicht extra brandstof verstoekt moet worden voor het transport van de containers.

### **2.2.3.3 Automatiseringen in het ULD-verwerkingssysteem**

De automatisering van bepaalde processen en functies is belangrijker naarmate er meer lading verscheept moet worden. De kosten die gemaakt worden in de aanschaf van de apparatuur en het onderhoud ervan kunnen zich terugbetalen door een vermindering in personeel en een verhoogde capaciteit. Automatisering is dus alleen handig of nodig als er veel ULDs afgehandeld moeten worden.

Binnen dit verslag wordt aangenomen dat er een noodzaak zal zijn om bepaalde processen te kunnen automatiseren. Deze aanname wordt gedaan omdat er altijd een aantal vliegvelden zal zijn, bijvoorbeeld in de buurt van grote steden of industrieterreinen, waar de hoeveelheid ULDs, die per uur getransporteerd moet worden van vrachtwagen naar OVV, erg hoog zal zijn.

Dit betekent dat de meeste processen en functies die met de ULD moeten worden uitgevoerd op een geautomatiseerde manier moet kunnen worden uitgevoerd, maar ook op een “normale” manier. De twee belangrijkste aspecten van het proces die op deze twee wijzen uitgevoerd moeten kunnen worden, zijn het transport (of verplaatsen) en de opslag van ULDs.

#### *Stadia van automatisering*

Binnen het OVV-netwerk zal er veel diversiteit zijn binnen de hoeveelheid vracht die verscheept moet worden vanaf verschillende locaties. Ook tussen de verschillende fases in het transport zitten verschillen in het aantal ULDs dat afgehandeld moet worden. Om hier met een gestandaardiseerd geautomatiseerd systeem op in te kunnen spelen is het belangrijk dat het systeem aanpasbaar is voor verschillende locaties.

Een voorbeeld: Bij een verscheper worden bijvoorbeeld veel ULDs opgeslagen maar de doorvoersnelheid is laag. In een dergelijke situatie kan het handig zijn dat de opslag van de ULDs automatisch gaat terwijl de ULDs met vorkheftrucks worden klaargezet voor transport.

De wijze waarop automatisering wordt geïmplementeerd moet dus kunnen verschillen per locatie. Er kunnen verschillende typen doorvoerstations worden gedefinieerd die corresponderen met een bepaalde combinatie van automatisering en de apparatuur die hierbij nodig is.

#### *Integratie met ULDs en de gevolgen voor de mate van automatisering*

De mate van integratie van de ULDs en het verwerkingssysteem heeft twee tegenstrijdige gevolgen voor de efficiëntie van het gehele transport. Meer integratie van ULD en automatisch systeem heeft als positief resultaat dat er meer met de ULD kan worden gedaan. De keerzijde hiervan is dat het manipuleren van de ULD door een machine aanpassingen van de ULD vereist. Deze aanpassingen maken de ULD zwaarder en complexer, beide zijn negatief.

Als de ULD geïntegreerd is met bijvoorbeeld een transportsysteem kunnen taken zoals het laden van vrachtwagens, het opslaan van ULDs, samenvoegen van ULDs, en het klaarzetten van ULDs worden uitgevoerd zonder dat er mensen bij betrokken hoeven zijn. Hiervoor is het echter nodig dat het systeem weet welke ULD waar is (waar meer over wordt verteld in paragraaf 2.2.3.4.), maar ook welk type ULD het is, hoe deze staat georiënteerd, de buitenmaten van de contour, de stabiliteit, welke veiligheidsseisen er verder zijn, etc.

Een ander voorbeeld is het bestaande systeem van de rollenbanden. Een dergelijk systeem heeft een hele lage mate van integratie van ULD en systeem. Hierdoor kan het de ULDs verplaatsen, maar meer ook niet.

#### *Slave-pallets*

Het gebruik van slave-pallets kan een aantal van de problemen oplossen die automatisering teweeg brengt. ULDs kunnen op de slave-pallets worden vastgezet. Slave-pallets zijn bedoeld om het transport van ULDs buiten de vliegtuigen om makkelijker te maken doordat zij een deel van de functies overnemen.

Allereerst kunnen de slave pallets ervoor zorgen dat de verschillende wijzen van omgang met de ULDs wordt opgelost. Slave-pallets kunnen het transport met vorkheftrucks mogelijk maken en tegelijkertijd te integreren zijn met een automatisch systeem. Hierdoor hoeft de ULD niet te worden aangepast om beide vormen van transport mogelijk te maken.

De slave-pallets kunnen verder zo zijn gemaakt dat de aansluiting op een geautomatiseerd systeem beter verloopt. E.g. De pallets kunnen aansluiten bij een railstelsel, ze kunnen ingeklemd zitten op een lopende band. Dit maakt de omgang met ULDs eenvoudiger zonder dat de ULD er onder lijdt. Zoals gezien in een vorige paragraaf heeft het toekennen van functionaliteit aan ULDs vaak ook een negatief effect. Door slave-pallets hebben de ULDs de extra functionaliteit, maar minder van de negatieve gevolgen.

Slave-pallets kunnen de ULDs ook beschermen tegen schade.

#### *Menselijke fouten en schade*

Het automatiseren van taken heeft ook gevolgen voor de frequentie van schade aan ULDs. Zoals in paragraaf 2.3.2.1. wordt verteld is schade aan ULDs, naast het brandstofverbruik, de grootste kostenpost aan ULDs. De schade vindt voornamelijk plaats door menselijke fouten in het verplaatsen van containers. Containers zijn zeer schadegevoelig en kunnen bij botsingen makkelijk beschadigen. Mensen veroorzaken schade doordat ze de regels niet volgen of doordat ze fouten maken. Dit laatste punt is niet te elimineren,

het eerste punt kan wel worden aangepakt in het uitwerken van de ULDs door het volgen van de regels af te dwingen in het ontwerp.

Het automatiseren van het verplaatsen van ULDs kan een groot deel van deze schade elimineren alleen al doordat de ULDs over vaste banen worden verplaatst en geen onverwachte obstakels tegen komen. Ook is het zo dat een geautomatiseerd systeem altijd alle regels volgt, hoe triviaal ze ook mogen lijken. Door automatisering kan menselijke fout bijna worden geëlimineerd in dit deel van het transport.

#### **2.2.3.4 Registratie- en trackingsysteem voor alle ULDs**

Registratie en tracking zorgen ervoor dat op elk moment alle informatie over alle ULDs bekend is. Dit is informatie over de status van de ULDs, over de fase in het transport waarin de ULDs verkeren, over hoeveel ULDs nog beschikbaar zijn, etc. Als deze informatie beschikbaar is, kan op een aantal manieren het systeem efficiënter gemaakt worden.

##### *Verhogen vluchtfrequentie en efficiëntie*

Bij de opbouw van de ULDs wordt ook informatie over de bestemming van de ULD ingevoerd. Deze informatie kan centraal worden beheerd. Omdat er een overzicht is van alle ULDs, kunnen bepaalde ladingen van verschillende expediteurs of vliegvelden worden samengevoegd. Dit maakt het eenvoudiger om OVVs tussenstoppen te laten maken om meer lading in te laden. Dit verhoogt de bezettingsgraad per vlucht en is dus efficiënter. Hierdoor kan ook met minder lading worden gevlogen omdat al geanticipeerd wordt dat er lading bij komt op een volgend vliegveld. Dit brengt de vluchtfrequentie omhoog, ook voor kleine vliegvelden.

##### *Minimaliseren benodigd aantal ULDs*

Er kan van elke locatie worden bijgehouden hoeveel ULDs aanwezig zijn. Hierdoor kunnen tijdig lege ULDs meegetransporteerd worden naar de locaties waar te weinig ULDs zijn en hoeven er minder ULDs in het totale systeem aanwezig te zijn.

##### *Automatisering van functies*

Voor het automatiseren van veel processen is het noodzakelijk dat het systeem individuele ULDs kan herkennen. De ULDs moeten voorzien zijn van een vorm van identificatie die door een computer snel en eenvoudig uitgelezen kan worden. Verder is het handig voor sommige automatiseringstaken dat het systeem ook kan uitlezen hoe de ULD is georiënteerd.

##### *Veiligheid en preventie van diefstal*

Een tracking- en registratiesysteem kan informatie over de lading opslaan. Deze informatie kan gebruikt worden om de veiligheidscontroles van ULDs sneller te laten verlopen. Zo kunnen meer ULDs worden gecontroleerd. Gegevens over de locatie en status van de ULD kunnen worden doorgegeven. Als een ULD wordt opengebroken kan dit worden gedetecteerd. Ook als een ULD lichter is dan geregistreerd kan dit worden gedetecteerd. Op deze manier is het makkelijker om diefstal van goederen te bestrijden.

#### **2.2.3.5 Veiligheid, diefstal en het afsluiten van ULDs**

In de luchtvaart is veiligheid de belangrijkste eis. Het controleren van de enorme aantallen ULDs die op vliegvelden en bij expediteurs worden afgehandeld is een enorme taak. Bij de ontwikkeling van nieuwe ULD moet dit probleem worden meegenomen, aangezien er mogelijk op controles kan worden bezuinigd. Vandaar dat in deze paragraaf kort de problematiek van veiligheid wordt aangestipt en de mogelijke oplossingen die er al zijn.

Naast het veiligheidsrisico is er ook een probleem met diefstal op vliegvelden. Tijdens de opslag van de ULDs kan lading worden gestolen. Ook worden goederen gesmokkeld in ULDs: de goederen worden door medewerkers van de vliegvelden in de containers gestopt en er weer uitgehaald voordat er controles plaatsvinden. Deze problemen moeten in het OVV-netwerk worden vermeden of voorkomen.

### *Veiligheidscontroles*

Het garanderen van de veiligheid op vliegvelden is zeer uitdagend vanwege de grote aantallen ULDs. Er is onvoldoende budget om alle ULDs systematisch te kunnen controleren. Als dit wel moest gebeuren zou er geen winst meer gemaakt kunnen worden in de commerciële luchtvaart. Risico's waarop gecontroleerd moeten worden, deze zijn:<sup>11</sup>

- Opbouw van de lading
- Veiligheid van de ULDs
- Gevaarlijke ladingen
- Terrorisme

De veiligheid die geboden wordt kan worden verbeterd door:<sup>12 13</sup>

- Verbeteren communicatie tussen verscheper en grondpersoneel over lading
- Explosie resistente ULDs
- Scannen en screenen van alle ULDs
- Afsluitbare ULDs
- Tamper-evident seals
- Identiteitscontrole voor toegang ULDs
- Tracking van ULDs
- CCTV

De in de voetnoot genoemde bronnen geven een uitgebreidere analyse van de problemen en de mogelijke oplossingen. In de bron staan ook de voor- en nadelen van elk van de opties en een indicatie van de kosten.

### *Diefstal en het beschermen van de ULDs*

Diefstal en smokkelen zijn op vliegvelden een steeds groter wordend probleem. De kosten van diefstal tijdens transport zijn zeer groot, over alle vormen van transport in de V.S. tussen de 10 en 25 miljard USD.<sup>14</sup> Het voorkómen van diefstal is dan ook een belangrijk aspect dat meegenomen moet worden in de ontwikkeling van het OVV-netwerk. De meeste diefstal vindt plaats als de ULDs staan opgeslagen voor transport op vliegvelden. De daders werken vaak samen met, of zijn mensen die op het vliegveld werken en toegang hebben tot de ULDs.

Een deel van de veiligheidsmaatregelen die bij veiligheid worden genoemd werken ook tegen diefstal. De belangrijkste aspecten zijn het afsluiten van de ULDs en het registreren of beperken van wie de ULDs (kunnen) openen.

Het afsluiten van de ULDs kan op verschillende wijzen. Het belangrijkste is dat de potentiële dief niet zomaar de ULDs kan openen en er iets uit kan halen. Er wordt een obstakel gecreëerd dat het minder aantrekkelijk maakt om iets uit de ULD te halen. Bij het afsluiten van ULDs is het belangrijk dat de ULDs nog geopend kunnen worden door de eigenaren en de douane.

Door alleen de douane toegang te geven tot de ULDs kan diefstal bijna geheel voorkomen worden. De ULDs kunnen nog opengebroken worden, maar daar kan niets aan gedaan worden en dit is veel lastiger voor de dieven. Ook door identificatie verplicht te maken bij het openen van ULDs kan diefstal minder aantrekkelijk worden gemaakt.

In de documenten van het CRS en GAO staan ook voor diefstal meer informatie en aanbevelingen. Voor het uitwerken van een diefstalpreventiesysteem is het aan te raden hier naar te kijken.

---

11 CRS - Congressional Research Service, Bart Elias, Air Cargo Security - Air cargo security risks: <http://www.fas.org/sgp/crs/homesecc/RL32022.pdf>, 30 juli 2007, page 5-8

12 CRS - Congressional Research Service, Bart Elias: Air Cargo Security - Cargo screening and Inspection, Technology For Air Cargo Security, Potential Benefits and Possible Risks of Various Congressional Approaches - Tabel 2., <http://www.fas.org/sgp/crs/homesecc/RL32022.pdf>, 30 juli 2007, page 11-20, 24-32, 36

13 GAO - Government Accountability Office, Aviation Security - Vulnerabilities and Potential Improvements for the Air Cargo System, Technologies to Enhance Air Cargo Security, <http://www.gao.gov/assets/240/236709.pdf>, december 2002, page 11,12

14 CRS - Congressional Research Service, Bart Elias, Air Cargo Security - Cargo Drime: <http://www.fas.org/sgp/crs/homesecc/RL32022.pdf>, 30 juli 2007, page 8

#### 2.2.4 De belangen bij het gebruik van ULDs in OVV

Het transportnetwerk dat ontwikkeld wordt is gericht op het gebruiken van onbemande vliegtuigen die het transport van goederen zullen verzorgen. Er zijn bij het ontwikkelen een aantal aspecten waarmee rekening moet worden gehouden betreffende het gebruik in vliegtuigen en specifiek OVVs. Binnen deze sectie zullen de belangrijkste aspecten van het gebruik van OVVs worden besproken.

In het kader van dit project staat de ULD centraal in het ontwerp, de romp en het laadruim van de OVV zullen hier dus benaderd worden vanuit het perspectief van de ULDs. In dit project zullen ook keuze voor een bepaald type OVV, romp, of laadruim ook altijd worden gemaakt in het voordeel van het ULD gebruik. In deze sectie zullen de belangrijke aspecten van vliegtuigen worden uitgelegd en hoe ze invloed hebben op de ULDs en vice versa.

##### 2.2.4.1 Veiligheid van ULD transport in OVVs

Het grootste risico binnen de onbemande luchtvaart zijn de potentiële slachtoffers op de grond. De veiligheidseisen wat betreft het gebruik van ULDs in de onbemande luchtvaart zullen dan ook minstens zo streng zijn als de huidige regels. De belangrijkste punten wat betreft de veiligheid van ULDs in OVVs zijn:

- **De sterkte en stijfheid van de ULD:** Wat de stijfheid en sterkte betreft gaat het bij de ULDs met name om de belastingen ten gevolge van de lading onder invloed van de versnellingen van het OVV.<sup>15</sup> Het vervormen van de ULDs in het laadruim van het vliegtuig moet voldoende beperkt blijven zodat de constructie aan de wanden van het laadruim niet beschadigd raken of extra wordt belast.
- **Het verschuiven of bewegen van lading in ULDs:** Het verschuiven van lading in de ULD kan schade toebrengen aan de ULD die hierdoor kan falen of aan het OVV. Het vastzetten van lading in ULDs is dan ook een belangrijk veiligheidsaspect voor het vervoer van goederen via de lucht.
- **Het vervoeren van gevaarlijke of speciale ladingen:** Het vervoeren van gevaarlijke of speciale ladingen vereist standaard al een aantal maatregelen om het vervoer mogelijk te maken, deze algemene maatregelen zijn te vinden in paragraaf 2.3.3.3. Het vervoeren van gevaarlijke lading in een OVV vereist echter ook dat de status van de lading gemonitord kan worden. Als er iets mis gaat moet dit tijdig gedetecteerd kunnen worden.
- **De vergrendeling van ULDs in een OVV:** De belangrijkste functie in het laadruim is het vastzetten van de ULDs. Hierbij speelt zowel het ontwerp van de ULD als dat van het laadruim een rol. Deze verbinding is zeer belangrijk voor de veiligheid van de vlucht. Er moet bij de vergrendeling rekening mee worden gehouden dat een groot deel van de krachten op één punt in de vergrendeling komt te staan. De ULDs moeten in het laadruim zo veel mogelijk worden vastgezet ter bescherming van de ULD en van het OVV. ULDs worden meestal aan de bodem vastgezet waardoor de zijanten van de ULDs vaak veel buiging moeten kunnen opnemen.
- **Het controleren van de vergrendeling van de ULDs:** In het laadruim van een OVV is het potentieel niet mogelijk om te zien of alle ULDs vergrendeld zijn. Dit is, vanwege veiligheidsredenen, een belangrijk punt dat opgelost moet worden om de veiligheid van het transport te kunnen garanderen.
- **Brandgevaar:** Het risico op branden in ULDs of binnen het laadruim is klein. Echter met bepaalde speciale ladingen is er verhoogd risico. Het is daarom verstandig dat het OVV is voorzien van branddetectieapparatuur en vuuronderdrukkende of -remmende maatregelen. Een mogelijkheid hierbij is het vullen van het laadruim met stikstof zodat brand bijna geheel wordt uitgesloten. In het ontwerp van het laadruim moet ook rekening worden gehouden met het plaatsen van brandstof in de buurt van ULDs met een verhoogd risico.

##### 2.2.4.2 Constructie van de romp

In dit project zal worden aangenomen dat standaard methoden worden gebruikt voor het construeren van een vliegtuigromp en het laadruim. De vliegtuigconstructie heeft een aantal gevolgen voor het ontwerp van de ULDs en mogelijkheden om maximaal gebruik te kunnen maken van het beschikbare volume.<sup>16</sup>

- **Ribben:** Als de ULDs in de lengterichting in het vliegtuig verplaatst moeten worden, worden de breedte en hoogte van de ULD beperkt door de ribben

---

<sup>15</sup> Appendix A.3. Versnellingen van het OVVs

<sup>16</sup> Appendix A.4. Verdieping over de constructie van OVVs en wat hiermee kan worden gedaan



- **Vleugels:** De plaatsing van de vleugels van het vliegtuig bepaalt waar de constructie het sterkst en dus het dikst, grootst is. Deze bestaande sterke punten in het vliegtuig kunnen worden gebruikt om de ULDs op te laten rusten.
- **De huid:** De huid voorziet voor een deel in de stijfheid tussen de verstijvers en de ribben. De ULDs zouden deze functie kunnen vervullen.
- **Brandstof:** Een uitgebreide constructie onder de vloer van het laadruim kan de mogelijkheid bieden voor een open laadruim waarbij de ULDs aan de luchtstroom worden blootgesteld. De lege ruimte in de constructie kan worden gebruikt voor brandstofopslag of de hardware voor het besturen van de OVV.

#### 2.2.4.3 Type laadruim

Zoals hiervoor al gemeld, is één van de voordelen van het gebruik van onbemande vliegtuigen dat er geen rekening gehouden hoeft te worden met het op druk houden van de cabine. Het is echter niet gezegd dat dit gewenst is. Het kiezen van een bepaald type cabine heeft invloed op de constructie en het gewicht van het OVV. Verder zal, afhankelijk van het type cabine dat wordt gekozen voor het OVV, het ontwerp van de ULD moeten veranderen. Ook heeft de keuze invloed op de typen van ULDs die gebruikt kunnen worden en de verschillende soorten lading die getransporteerd kunnen worden.

Binnen deze paragraaf zullen de gevolgen van deze keuze worden toegelicht met een focus op het ULD design, het is echter ook relevant dat de voordelen voor het OVV worden besproken.

##### *Gesloten laadruim met luchtverversing*

De ULD worden in een standaard vliegtuig romp getransporteerd. De ULDs staan op de vloer van het laadruim dat geïntegreerd is in de constructie van de romp. Om de ULDs heen is de romp opgebouwd die de ULDs beschermt tegen het weer, de luchtsnelheid, etc. De ULDs zijn afgesloten van de vrije luchtstroom rond het vliegtuig.

De druk, temperatuur en samenstelling van de lucht kan binnen dit type romp worden gereguleerd. De romp van het vliegtuig is grotendeels luchtdicht afgesloten. Er zijn echter plekken, waar de lucht nog kan ontsnappen. De druk en temperatuur worden daarom binnen het vliegtuig gereguleerd. Het reguleren van de omstandigheden in de romp kost energie en brandstof.

Doordat de druk, temperatuur, en samenstelling van de lucht worden gereguleerd in de romp kunnen ladingen worden vervoerd die niet tegen de omstandigheden op vlieghoogte bestand zijn. Hiervoor kunnen standaardcontainers en -pallets worden gebruikt voor het transporteren van bloemen, etenswaren, vloeistoffen, etc., kortom alles dat door druk, temperatuur, of luchtsamenstelling wordt beïnvloed. Er hoeven dus geen speciale ULDs te worden gebruikt.

Omdat er een drukverschil is tussen binnen en buiten de romp, komen er extra spanningen op de romp te staan. Dit maakt de constructie van het OVV zwaarder. De constructie in de romp zal ook meer ruimte innemen die anders voor vracht gebruikt zou kunnen worden.

| Voordelen                                                                                                                                                                                                                       | Nadelen                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geen aanpassingen aan ULDs</li> <li>• Maakt vervoer van speciale ladingen mogelijk</li> <li>• Bruikbaar voor pallets en containers</li> <li>• ULDs beschermd tegen omgeving</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zwaar OVV</li> <li>• Motoren moet de druk in stand houden</li> <li>• ULDs lastig te bereiken in laadruim</li> </ul> |

Tabel 2. Voor- en nadelen van een gesloten laadruim met luchtverversing

##### *Gesloten laadruim, luchtdicht afgesloten*

De ULD worden in een standaard vliegtuigromp getransporteerd. De ULDs staan op de vloer van het laadruim dat geïntegreerd is in de constructie van de romp. Om de ULDs heen is de romp opgebouwd die de ULDs beschermt tegen het weer, luchtsnelheid, etc. De ULDs zijn afgesloten van de vrije luchtstroom rond het vliegtuig.

De OVVs zijn gemaakt om op grondniveau te worden afgesloten en verzegeld. Dit betekent dat de druk in het OVV tijdens de gehele vlucht gelijk blijft in het laadruim doordat er geen lucht kan ontsnappen. Hierdoor is het niet nodig dat binnen het laadruim de druk op peil wordt gehouden door de motoren van het OVV.

Het luchtdicht afsluiten van een metalen vliegtuigromp is zeer lastig. Er zijn altijd ruimtes waardoor de lucht kan ontsnappen. In een romp gemaakt van composieten is dit eenvoudiger te realiseren doordat hele secties van de romp in één keer gemaakt kunnen worden en er dus minder “kieren” zijn.

Een nadeel van een dergelijke romp is dat het probleem van warmteverlies via de huid niet is weggenomen. Van binnenuit wordt de huid opgewarmd en door de snelheid van het vliegtuig wordt de warmte via convectorie zeer snel afgevoerd. Dit warmteverlies is groter dan de warmte die wordt gegenereerd door wrijving.<sup>17</sup> Ook het in stand houden van de luchtsamenstelling wordt in deze optie niet gerealiseerd, dit is b.v. voor het transport van bloemen cruciaal.

| Voordelen                                                                                                                                                                                 | Nadelen                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bruikbaar voor pallets en containers</li> <li>• Geen energieverlies door op peil houden druk</li> <li>• ULDs beschermd tegen omgeving</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zwaar OVV</li> <li>• ULDs lastig te bereiken in laadruim</li> <li>• Aanpassingen aan ULDs voor temperatuur, luchtsamenstelling</li> </ul> |

Tabel 3. Voor- en nadelen van een gesloten laadruim dat luchtdicht is afgesloten

#### *Gesloten laadruim, zonder regulatie van variabelen*

De romp van het OVV beschermt de ULDs tegen de luchtstroom langs het vliegtuig en tegen het weer, zodat de ULDs hier niet voor aangepast hoeven te worden. De ULDs passen precies in de romp en zijn dus lastig of niet te bereiken en te controleren.

De romp van het OVV is echter niet gemaakt om het verlies van luchtdruk, of temperatuur tegen te gaan. Ook de luchtsamenstelling in de romp zal niet worden gemonitord en gehandhaafd tijdens de vlucht. Dit betekent dat er geen druk op de romp staat en de constructie minder uitgebreid kan zijn en een stuk lichter.

De ULDs moeten, indien nodig, zelf aangepast worden om bepaalde ladingen die hier niet tegen kunnen te kunnen vervoeren. Als de druk in een container gewaarborgd dient te worden moet de container het drukverschil aankunnen, als een ULD de temperatuur in stand moet houden, moet de ULD hiervoor kunnen worden aangepast of voldoende kunnen worden geïsoleerd.

Bij dit type romp moet erg gedacht worden aan de vlieghoogte. Op drie kilometer hoogte is de temperatuur nog niet heel laag (-5°C) en de druk is 0,70 atm. Echter op tien kilometer hoogte is de temperatuur -50°C en de druk nog maar 0,27 atm. Omdat het vliegtuig lager moet vliegen is er echter ook meer luchtweerstand. Dit type vliegtuig is dus meer geschikt voor korte vluchten waarbij een hoge vlieghoogte niet wordt bereikt.

| Voordelen                                                                                                                                                                               | Nadelen                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lichte romp</li> <li>• Bruikbaar voor pallets en containers</li> <li>• Geen energieverlies</li> <li>• ULDs beschermd tegen omgeving</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aanpassingen aan ULDs voor druk, temperatuur, luchtsamenstelling</li> <li>• ULDs lastig te bereiken in laadruim</li> </ul> |

Tabel 4. Voor- en nadelen van een gesloten laadruim zonder regulatie van de interne variabelen

#### *Open laadruim dat overdekt kan worden*

De ULDs worden op het OVV geplaatst en daar vastgezet. De ULDs maken deel uit van de constructie die de huid van het vliegtuig ondersteunt. Over het frame van de ULDs worden huidpanelen geplaatst die de ULDs beschermen tegen de luchtsnelheid en het weer. Deze huidpanelen worden aan het frame van de ULDs vastgezet. Het gewicht van de ULDs speelt dus een functionele rol in het vliegtuig.

Doordat het laadruim open is kunnen de ULDs eenvoudig worden geplaatst en vastgezet. Het laadruim kan eenvoudig worden geïnspecteerd.

De huidpanelen beschermen de ULDs en de lading alleen tegen de luchtstroom, niet tegen de druk of de temperatuur. De ULDs moeten dus ook hier, indien nodig, worden aangepast voor het transporteren van bepaalde typen ladingen.

<sup>17</sup> <http://www.thenakedscientists.com/HTML/content/qotw/question/3046/>

| Voordelen                                                                                                                                                                                                                                                                            | Nadelen                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lichte romp</li> <li>• Bruikbaar voor pallets en containers</li> <li>• Geen energieverlies</li> <li>• ULDs weinig beperkt door vorm romp</li> <li>• ULDs beschermd tegen omgeving</li> <li>• Meer beschikbare ruimte voor lading</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aanpassingen aan ULDs voor druk, temperatuur, luchtsamenstelling</li> <li>• Huidpanelen zijn schadegevoelig</li> <li>• ULDs schadegevoelig in OVV</li> </ul> |

Tabel 5. Voor- en nadelen van een open laadruim dat overdekt kan worden

#### Open laadruim

De ULDs bevinden zich direct op het frame van het OVV. Hier worden ze vastgezet aan het frame zodat ze deel gaan uitmaken van de vliegtuigconstructie. De buitenwanden van de ULDs, die in direct contact komen met de luchtstroom zijn geconstrueerd als een soort vliegtuighuid. De ULDs zelf vormen dus de wanden van het vliegtuig.

Doordat de ULDs zelf de wanden van het vliegtuig vormen is er in het OVV relatief meer ruimte voor lading. Hierdoor is een dergelijk vliegtuig efficiënter in het gebruik van de beschikbare ruimte en wordt er dus bespaard op de hoeveelheid brandstof die nodig is om de lading te transporteren.

De ULD moeten zijn aangepast om deze rol te kunnen vervullen in de OVVs. De constructie van de ULDs moet berekend zijn op de belastingen van het vliegen, en de bewegingen van de lading. Ook mag de snelheid van de vrije luchtstroom van buiten de ULDs geen effect hebben binnen de ULDs.

De wanden van de ULDs beschermen de lading tegen de stromingssnelheid, maar de druk en de temperatuur in de ULDs zullen snel gelijk worden aan de omstandigheden buiten de containers. Voor bepaalde typen ladingen zullen de ULDs moeten worden aangepast.

| Voordelen                                                                                                                                                                                    | Nadelen                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lichte romp</li> <li>• Geen energie verlies</li> <li>• ULDs weinig beperkt door vorm romp</li> <li>• Meer beschikbare ruimte voor lading</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aanpassingen aan ULDs voor druk, temperatuur, luchtsamenstelling</li> <li>• ULDs zeer schade gevoelig</li> <li>• Hoge eisen aan ULDs</li> <li>• ULDs in direct contact met de luchtstroom</li> </ul> |

Tabel 6. Voor- en nadelen van een geheel open laadruim

#### 2.2.4.4 Het aanpassen van de capaciteit van OVVs en het gebruik van de ULDs in “normale” vliegtuigen

ULDs worden in het algemeen in de lengterichting van vliegtuigen geplaatst. De dwarsdoorsnede van de romp is constant over de lengte van het laadruim. Dit betekent dat er eenvoudig meerdere varianten vliegtuigen op de markt gebracht kunnen worden. De vliegtuigen kunnen in verschillende lengtes voor verschillende markten worden geproduceerd.

Dit betekent voor de ULDs dat dit aspect niet belangrijk is. De hoeveelheid lading die vervoerd gaat worden binnen het OVV-netwerk is eenvoudig aan te passen in het ontwerp door de lengte van de OVVs aan te passen, zodat er meer ULDs in kunnen. Dit gaat natuurlijk maar op tot een zekere hoogte aangezien het vliegtuig zal gaan doorbuigen als het te lang wordt.

Een andere optie om de capaciteit te vergroten van de ULDs is door de breedte van het OVV ook aanpasbaar te maken. Dit kan door ULDs te ontwikkelen die op elkaar aansluiten. Een voorbeeld hiervan is gegeven in Appendix H. idee 1.12. Dit idee laat zien dat, door in het midden tussen de twee contoured ULDs een normale rechthoekige ULD te plaatsen, het OVV in de breedte meer vracht kan vervoeren.

Als de ULDs worden ontworpen om compatibel te zijn met een dergelijk systeem is het eenvoudig om de vloot uit te breiden met andere type OVVs.

Naast het gebruik van de ULDs binnen het OVV-netwerk kan het wenselijk zijn om de ULDs ook te kunnen inzetten in andere vliegtuigen. Dit zou handig kunnen zijn als vervanging van een defect OVV, of als de lading verder over een langere afstand getransporteerd moet worden.

Om hier direct aan te kunnen voldoen zouden de ULDs geïntegreerd moeten kunnen worden met bestaande systemen voor het verplaatsen en vastzetten van de ULDs in vliegtuigen. Dit is mogelijk niet altijd wenselijk aangezien hier getracht zal worden dit soort systemen efficiënter te maken en meer te integreren met de ULDs, het aanpassen aan het huidige systeem kan dit doel in gevaar brengen.

Ook moeten de maten van de ULDs overeenkomen met de maten van het laadruim en de overige ULDs. Dit is een groter probleem aangezien de huidige ULDs al niet op elk vliegtuig kunnen worden getransporteerd. Om de dimensies en vormgeving met elk type vliegtuig compatibel te maken, wordt dan ook niet als haalbaar geacht.

De ULDs die binnen het OVV-netwerk zullen worden gebruikt zullen mogelijk aanzienlijk kleiner zijn dan de ULDs die nu worden gebruikt. Dit betekent dat er mogelijk geen problemen zullen zijn met de dimensies, maar alleen met het bevestigen van de ULDs in het vliegtuig. Om dit op te lossen kunnen de OVV-netwerk ULDs worden vastgezet op transportpallets die wel getransporteerd kunnen worden in de vliegtuigen.

#### **2.2.4.5 Laden van het laadruim**

De belangrijkste interactie die de ULDs hebben met het OVV zal het laden en uitladen zijn. Deze interactie heeft invloed op de prestaties van het OVV binnen het OVV netwerk. Omdat de OVVs vaak, relatief tot andere vliegtuigen, korte vluchten zullen maken staan ze relatief vaker aan de grond. Hierdoor is het verkorten van de turnaround-time van een OVV een belangrijk aspect van het verminderen van de operationele kosten van het vliegtuig.

Bij het ontwikkelen van de ULDs en een laadruim dat geschikt is voor de ULDs is het belangrijk het laadproces zo veel mogelijk te stroomlijnen en zo efficiënt mogelijk te maken om de operationele kosten van het OVV-netwerk te drukken. Bij het ontwerpen van de laadmethodes moet over de volgende punten die betrekking hebben op de kosten van het systeem worden nagedacht.

- **De laadtijd:** hoelang duurt het om ULDs uit het laadruim te halen en het OVV vervolgens weer te laden met een tweede lading. Gedurende deze tijd wordt het vliegtuig niet gebruikt om winst te maken, dit is dus verloren tijd. Verder moeten kosten worden betaald voor het parkeren van het vliegtuig, de services van het vliegveld, etc. Dit draagt allemaal bij aan de kosten. Ook het uitwisselen van individuele ULDs is hierbij van belang zoals is aangegeven in de belangen van de actoren en verder zal worden beschreven in de volgende: paragraaf 2.2.4.6.
- **De randapparatuur:** doordat een van de belangrijkste aspecten van het OVV-netwerk het grote aantal vliegvelden is, is de aanschaf van apparatuur voor het uitvoeren van specifieke taken extra van belang. Als een complex laadsysteem nodig is voor het laden van de OVVs, is de aanschaf hiervan niet rendabel op de kleinere vliegvelden. De randapparatuur die gebruikt wordt bij het laden moet ook aansluiten bij de ULDs en de functionaliteit die al in de ULDs aanwezig is.
- **Integratie met overige systemen:** door de methode voor het laden en uitladen van OVVs direct te integreren met overige systemen voor het transport van ULDs kan een systeem worden verkregen dat goedkoper en sneller is. Tijdens het ontwikkelen van de laadmethode moet gekeken worden of hier gebruik van kan worden gemaakt.
- **Het ontwerp van het OVV:** de laadmethode moet aansluiten bij het gekozen ontwerp voor het OVV. Sommige laadmethoden werken beter bij bepaalde soorten vliegtuigen dan andere. Ook is het zo dat sommige typen vliegtuigen het laden van ULDs een stuk eenvoudiger en goedkoper laten zijn dan andere OVV-ontwerpen. Dit is vooral relevant op vliegvelden waar het budget voor randapparatuur zeer laag is. In dit soort gevallen is het ook mogelijk dat de OVV het laden zelf mogelijk maakt. Er moet hierbij echter ook gedacht worden aan de kosten van de OVVs.
- **Aanpassingen aan de ULDs:** door het gebruiken van bepaalde typen ULDs kunnen bepaalde laadmethode een betere optie vormen dan andere. De beslissing om te kiezen voor een bepaalde laadmethode moet dus ook altijd worden gemaakt mede op basis van de functionaliteit die al in de ULDs zit. Die functionaliteit is mogelijk te gebruiken tijdens het laden en kan de snelheid verhogen of de kosten verlagen. Grote additionele aanpassingen aan de ULDs om het laden mogelijk te maken moeten voorkomen worden.
- **Het personeel:** de kosten van het laden zijn ook verbonden met hoeveel mensen betrokken moeten zijn bij het laden en het controleren van de OVV en de geladen ULDs. De tijd die het laden en uitladen duurt samen met het aantal personen dat hierbij betrokken is vormt ook een deel van de kosten. Door bij het laden de tijd van het proces te verkorten en het benodigd aantal personeelsleden te verminderen wordt het laadproces meer voordelig.
- **Risico voor ULD en OVV:** tijdens het laden bestaat een risico dat de ULD of het OVV beschadigd raakt. Dit kan de vlucht vertragen of hoge reparatiekosten tot gevolg hebben. Binnen het laadsysteem is het belangrijkste dat de OVV nooit beschadigd mag raken door het laden van ULDs. De ULDs, indien beschadigd, kunnen niet worden gebruikt wat vertragingen oplevert. Ook dit is ongewenst, maar van minder belang dan schade aan het OVV.

Door tijdens het ontwerpproces van het laadruim deze punten in de gaten te houden kan bij het genereren van ideeën al een selectie worden gemaakt van welke wel, en welke niet haalbaar zullen zijn. In het verdere ontwikkeltraject zullen deze criteria uitgebreid en exacter gedefinieerd moeten worden om beslissingen te kunnen maken. In deze fase van het ontwerpproces is het voldoende om rekening te houden met de hierboven genoemde aspecten.

#### **2.2.4.6. Het samenvoegen van ladingen voor verschillende locaties in één vliegtuig**

Om de OVVs efficiënt te kunnen laten opereren is het mogelijk gewenst dat de ULDs tussenstoppen kunnen maken om lading af te leveren of op te pikken. Extra ULDs worden bijvoorbeeld lokaal door één OVV opgehaald, zodat het transport over de lange afstand met meer payload gebeurt en zodat hierop meer winst wordt behaald.

De hiervoor genoemde gang van zaken vereist dat individuele ULDs uit het laadruim kunnen worden gehaald en dat ook individuele ULDs in het laadruim kunnen worden geplaatst. Als het laadruim in de lengte richting wordt geladen is het onmogelijk om één specifieke ULD uit het laadruim te halen zonder dat alle ULDs die ervoor staan ook eruit te halen. Hierdoor zou veel tijd verloren gaan op het vliegveld, de turnaround-time van zo'n tussenstop zou enorm veel langer zijn.

De laadmethode heeft dus invloed op de wijze waarop het OVV-netwerk zal opereren. Als het binnen het OVV mogelijk is om elke ULD op elk moment uit het laadruim te halen zal het OVV-netwerk een hogere gemiddelde hoeveelheid payload kunnen hebben, want het is goedkoper is om onderweg extra lading op te pikken die naar ongeveer dezelfde eindbestemming moet.

## 2.3 Analyse van het gebruik van ULDs en hun rol in het transport van goederen

### 2.3.1 Introductie betreffende de huidige ULDs

#### 2.3.1.1 Het gebruik van ULDs

Het gebruik van ULDs in de luchtvaart heeft een aantal hele specifieke redenen. Deze redenen hebben allemaal betrekking op het makkelijker, veiliger, of sneller maken van het transport van goederen. De eigenschappen van ULDs die deze verbeteringen in het transport mogelijk maken zijn ook relevant in het OVV-netwerk. Voor het ontwerpen van ULDs is het belangrijk te weten waarom ULDs worden gebruikt, zodat de te ontwikkelen ULDs deze eigenschappen kunnen overnemen en mogelijk kunnen uitbreiden of verbeteren. De gebruiksredenen van ULDs in de luchtvaart zijn:

- I. ULDs zorgen ervoor dat de lading die getransporteerd moet worden vastgezet kan worden. De lading wordt binnen de contouren van de ULD gehouden zodat zeker is dat de lading in het vliegtuig past. Door de lading vast te zetten wordt ook voorkomen dat de lading het vliegtuig beschadigt. Lading die tijdens de vlucht kan bewegen vormt een risico.
- II. Het gebruik van ULDs zorgt voor een lager percentage beschadigde producten.<sup>18</sup> Goederen die in ULDs worden vervoerd kunnen niet bewegen omdat ze zijn ingeklemd of vastgezet. Doordat de lading niet kan bewegen kan deze ook niet beschadigen. Door goederen in dozen te verpakken wordt de lading nog eens extra beschermd. ULDs beschermen de lading gedurende het gehele transport in de ULD, dus niet alleen in het vliegtuig, maar ook tijdens de verwerking op het vliegveld en bij de expeditie.
- III. In de luchtvaart is een van de belangrijkste eigenschappen de turnaroud-time. Dit is de tijd die nodig is om een vliegtuig klaar te maken voor de volgende vlucht. Deze tijd is onder anderen afhankelijk van de snelheid van het laden en lossen van goederen. Door het gebruik van ULDs hoeft de lading niet met de hand te worden geplaatst en vastgezet. De lading staat al vast in de ULDs. De ULDs verkorten dus de turnaround-time en maken het vliegtuig effectiever.<sup>19</sup>
- IV. De vorm van de contour horend bij een ULD is ontwikkeld om zo veel mogelijk vracht in een vliegtuig te kunnen laden. De vorm van de ULD maakt zoveel mogelijk gebruik van de geboden ruimte in het laadruim.
- V. Bij het vervoeren van vracht moet rekening worden gehouden met de stabiliteit van het vliegtuig tijdens de vlucht. De containers moeten over de lengte en breedte van het vliegtuig verdeeld worden. Door containers in het vliegtuig te ordenen in plaats van individuele pakketten en zakken kan dit makkelijker worden gerealiseerd.<sup>20</sup>
- VI. Het gebruik van ULDs in transportvliegtuigen heeft ook als voordeel dat de ULDs eenvoudig in het vliegtuig kunnen worden vastgezet. De ULDs zijn ontworpen om eenvoudig en stevig vastgezet te kunnen worden op de vloer van het laadruim. Deze verbinding maakt ook het verplaatsen van de ULDs in het laadruim mogelijk.<sup>21</sup>
- VII. Door gebruik te maken van ULDs kan op vliegvelden de apparatuur die nodig is voor het verplaatsen, sorteren, scannen, en laden van de goederen beperkt worden gehouden. Omdat de containers standaardmaten en -interfaces hebben, hoeven maar een aantal gespecialiseerde werktuigen, auto's, liften, etc. te worden aangeschaft.
- VIII. Het gebruik van ULDs tijdens het transport van goederen garandeert ook dat de lading van een klant niet tijdens het transport wordt opgesplitst.<sup>22</sup> Alle pakketten van een shipment zullen dus op hetzelfde moment aankomen bij de afnemer. Als pakketten individueel verstuurd worden zal de carriemaatschappij de pakketten vaak opsplitsen om zo efficiënt mogelijk te werken. Voor bedrijven kan dit van groot belang zijn. Als alle onderdelen gelijk moeten worden geleverd om bijvoorbeeld

---

18 Hermes logistics technologies, The Basic Principles of Safe Unit Load Device (ULD) Build-Up - advantages of using containers, <http://www.hermes-cargo.com/images/Downloads/BuildUpWhitePaperDec09.pdf>, 2009, p. 4.

18 Sara Sanz de Vincente, Ground Handling Simulations with CAST, <http://www.fzt.haw-hamburg.de/pers/Scholz/arbeiten/TextSanz.pdf>, Hamburg University of Applied Sciences, 2010, p. 21.

20 Hermes logistics technologies, The Basic Principles of Safe Unit Load Device (ULD) Build-Up, <http://www.hermes-cargo.com/images/Downloads/BuildUpWhitePaperDec09.pdf>, 2009, p. 12.

21 British Airways World Cargo, Unit Load Devices / Aircraft Dimensions, <http://www.baworldcargo.com/configs/BAWCconfigurations.pdf>, p. 1.

22 Transportation Development group, Logistics training, [http://www.dgtraining.com/Courses/logistics/introair\\_uldsection.pdf](http://www.dgtraining.com/Courses/logistics/introair_uldsection.pdf), p. 1.

productie te kunnen starten, is het handig om dit binnen één ULD te verzenden. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat voor veel zendingen de huidige containers veel te groot zijn om dit voor een bedrijf een optie te laten zijn.

Er zijn echter ook duidelijke nadelen aan het werken met ULDs. Het gebruik van ULDs vereist dat veel gespecialiseerde apparatuur aangeschaft moet worden om er goed, volgens de regels, mee om te kunnen gaan. Verder ondervinden ULDs veel schade waardoor de kosten van het transport hoger worden. Het gebruik van ULDs vergroot het aantal stappen dat nodig is om een vliegtuig te laden aanzienlijk. De punten komen verder in het verslag nog uitgebreider aan de orde.

Het gebruik van ULDs is standaard in de luchtvaart, maar de vraag of het OVV-netwerk niet zonder ULDs kan opereren is een interessante vraag. Tijdens het ontwikkelen van het OVV-netwerk is het verstandig om dit mee te nemen. Het is echter haast niet in te denken dat dezelfde mate van efficiëntie in het laden en verplaatsen van vracht bereikt kan worden zonder een soort container of pallet.

### 2.3.1.2 Bestaande typen ULDs en algemene werking

De hoofdtaak van ULDs is het vasthouden en vastzetten van de goederen die getransporteerd moeten worden. Deze taak biedt meteen de eerste splitsing in het ontwerp van de ULDs. De lading kan namelijk zowel worden vastgezet op pallets of in containers. Beide methoden zijn ook toepasbaar binnen het OVV netwerk en worden hieronder uitgewerkt.

#### *Pallets*

Pallets zijn vlakke platen waar een lading op opgebouwd kan worden. De bovenkant van de pallets is open en de lading wordt met netten vastgezet. Binnen de subgroep pallets is verder met name onderscheid in de verschillende formaten pallets die gebruikt worden.

Pallets kunnen voor elk ladingstype worden toegepast. Alle lading kan op een pallet worden geplaatst en vastgezet. Het laden van pallets is echter een kunst. Er is geen vaste methode voor het opbouwen van pallets. Alles wordt geplaatst waar het het beste kan. De opbouw van een pallet is heel erg vrij, waardoor er een heleboel mogelijk is. Er mag echter nooit lading over de rand van de pallet heen hangen of op de rand staan. Hierdoor maken pallets geen gebruik van de ronde doorsnede van vliegtuigrompen.



Afbeelding 3. Een aluminium luchtvaart pallet met seat track

Pallets bieden weinig bescherming voor de lading. De gehele bovenkant van de pallet is open en het is dus tijdens het transport van de lading mogelijk dat de lading beschadigd raakt. De lading op de pallets wordt als geheel met een net vastgezet dat wordt opgespannen over de lading. Het net is bevestigd aan de randen van het pallet. Individuele lading is lastig vast te zetten op pallets. Het wordt wel gedaan maar is niet gestandaardiseerd.<sup>23</sup> De link in de voetnoot verwijst naar een handleiding voor verscheperen voor het laden van ULDs. Het doorkijken hiervan geeft een goede indruk over de opbouw van pallets en containers.

Het is bij een aantal soorten pallets mogelijk om pallets te koppelen, zodat een groter oppervlak wordt verkregen. Hierdoor is het mogelijk dat grote ladingen op standaardpallets vervoerd kunnen worden. Het afhandelen van gekoppelde pallets is echter lastiger. Een andere optie is het gebruiken van frames op pallets. De frames kunnen dienen om de lading te beschermen, te ondersteunen, en de lading extra vast te zetten tijdens het transport.

Aan de hand van de gegevens in Appendix D en informatie over andere typen pallets<sup>24</sup> is ook afgeleid hoeveel kilo lading één “kilo palletconstructie” kan transporteren; dit is gemiddeld 42,25 kg. Hierbij moet worden opgemerkt dat de spreiding heel groot was: van 27 kg tot 66 kg. Dit komt doordat de kleinere

<sup>23</sup> Lufthansa Cargo, Technical and Procedural LCAG-Guidelines for Shipper-built Units, [http://lufthansa-cargo.com/fileadmin/user\\_upload/corporate/pdf/Infothek/BUP\\_Guideline\\_2011\\_11\\_Mod\\_1-7\\_eng.pdf](http://lufthansa-cargo.com/fileadmin/user_upload/corporate/pdf/Infothek/BUP_Guideline_2011_11_Mod_1-7_eng.pdf), Nov 2011

<sup>24</sup> Satco - Air cargo containers, <http://satco-inc.com/satco-products/air-cargo-containers/> & Boeing - Pallets and containers, <http://www.boeing.com/commercial/startup/pdf/CargoPalletsContainers.pdf>



pallets meer gewicht kunnen dragen ten opzichte van hun eigen gewicht. Dit komt waarschijnlijk doordat ze minder zullen doorbuigen en dus minder stevig hoeven te zijn.

De voor- en nadelen van het gebruik van pallets in het transport van goederen in de luchtvaart zijn:

**Voordelen:**

- Vrije opbouw lading
- Snel te laden
- Goedkoop
- Veel soorten en groottes lading
- Minder schaderisico
- Licht (ten opzichte van containers)
- Neemt weinig ruimte in
- Pallets kunnen worden gekoppeld

**Nadelen:**

- Weinig bescherming
- Inefficiënt in OVV
- Geen standaard opbouw
- Vastzetten kost veel tijd
- niet afsluitbaar (diefstal)

### Containers

Luchtvaartcontainers zijn kisten waar de goederen in getransporteerd kunnen worden. Containers zijn gemaakt om de lading geheel te beschermen. De containers hebben wanden en een dak zodat de lading niet beschadigt bij botsingen, of door weer en wind, etc.

Doordat de ULD de lading geheel omsluit is de contour voor de opbouw duidelijk gedefinieerd. Het is dus mogelijk dat containers gebruik maken van de kromming van het laadruim door overhangende gedeeltes te hebben.

Containers hebben altijd één zijde die open kan voor het laden van de containers. Het laden van de containers is minder eenvoudig doordat men lastiger door de opening de lading kan plaatsen. De open zijde is af te sluiten, zodat de lading geheel wordt ingesloten. De sluiting kan ook worden gebruikt om diefstal te voorkomen.

De lading wordt in de container opgestapeld. De containers hebben vaak de mogelijkheid om lading extra vast te zetten of te ondersteunen, zodat deze niet kan bewegen of beschadigen.



Afbeelding 4. Een standaard Lower-deck ULD-container

Binnen containers is ook onderscheid te maken tussen een aantal verschillende typen, deze zijn:

- **Opvouwbare containers:** containers nemen in verhouding tot pallets in lege toestand veel meer ruimte in. Daarom zijn er containers ontwikkeld die in kunnen klappen of afgebroken kunnen worden.
- **Contoured:** containers hebben vaak een vorm die aansluit bij de plaats in het vliegtuig zodat er meer lading meegenomen kan worden. Dit type ULD heet contoured ULDs.
  - Lower-deck: containers gevormd voor het plaatsen op het onderdek. Zie afbeelding 4.
  - Upper-deck : containers gevormd voor het bovendeck.
- **Speciale ladingen:** er zijn containers die specifiek geschikt zijn voor bepaalde type lading. Bijvoorbeeld met isolatie, of met regeling van temperatuur of druk. Zie Appendix C.
- **Lichtgewicht:** containers die speciaal zijn gemaakt voor het transporteren van lichtere ladingen. Deze ULDs kunnen zwaardere ladingen niet aan maar zijn tijdens het transport efficiënter.

Aan de hand van de gegevens in Appendix D en informatie over andere typen containers<sup>25</sup> is ook afgeleid hoeveel kilo lading één “kilo containerconstructie” kan transporteren; dit is gemiddeld 20 kg voor lower-deck en 26 kg voor upper-deck ULDs. Dit verschil is deels te verklaren doordat het overhangende deel van lower-deck ULD steviger geconstrueerd moet worden. Upper-deck ULDs zijn dus efficiënter

De voor- en nadelen van het gebruik van containers bij het transport van goederen in de luchtvaart zijn:

<sup>25</sup> Satco - Air cargo containers, <http://satco-inc.com/satco-products/air-cargo-containers/> & Boeing - Pallets and containers, <http://www.boeing.com/commercial/startup/pdf/CargoPalletsContainers.pdf>



#### Voordelen:

- Beschermt de lading
- Standaard opbouw
- Eenvoudigere opbouw (iedereen kan het)
- Afsluitbaar (diefstal)
- Speciale ladingen (luchtdicht, etc.)
- Gebruik beschikbare ruimte OVV

#### Nadelen:

- Zwaardere ULDs
- Verhoogd schade risico
- Maximale afmetingen lading
- Kosten
- Neemt veel ruimte in

### 2.3.1.3 Constructie, materialen, en onderdelen van ULDs

Als basis voor het ontwerpen van de ULDS voor OVVs is het handig om de bestaande pallets en containers als uitgangspunt te nemen. Daarom is het handig om een inzicht te hebben in hoe de huidige ULDs zijn geconstrueerd en welke elementen de ULDs hebben. Daarom zal in deze paragraaf een korte uitleg worden gegeven over de constructie, de gebruikte materialen, en de onderdelen van de ULDs.

Het construeren van onderdelen of producten in de luchtvaart gaat altijd gepaard met het besparen van gewicht. De constructie van ULD-pallets en -containers is hierbij geen uitzondering. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van lichtgewicht construeermethoden en lichtgewicht materialen.

#### *Pallets*

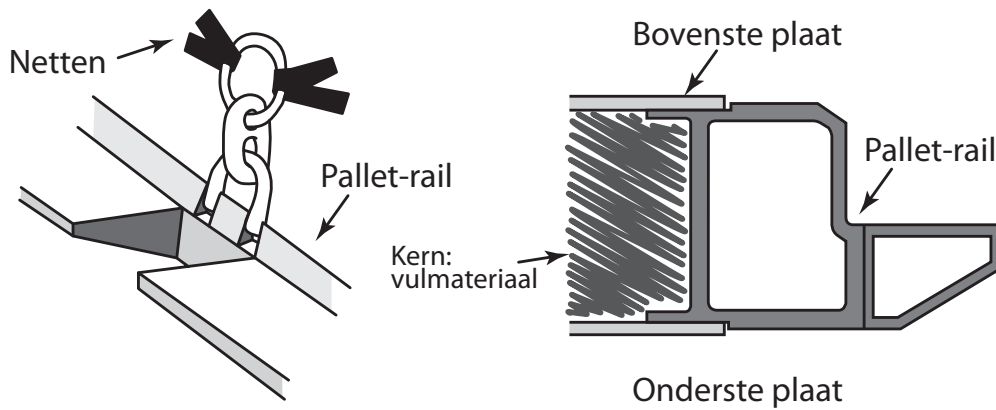
Luchtvaartpallets bestaan uit een plaat die het gewicht van de lading draagt en een rails, of seat track, dat de randen van de pallet beschermt en er voor zorgt dat de lading vast gezet kan worden op de pallet. Ook heeft de seat track vaak bevestigingspunten voor het vastzetten van de pallet tijdens transport.

De vlakke plaat van de pallet moet het gewicht van de lading kunnen dragen en ondersteunen als de pallets worden opgetild met bijvoorbeeld een vorkheftruck. Het is belangrijk dat dit onderdeel over voldoende stijfheid beschikt. Om hieraan te voldoen worden een aantal constructieve methodes toegepast. Voorbeelden van methoden die veel worden toegepast zijn.

- **Aluminium constructie:** aluminium bovenplaat met daaronder een frame van ribben, verstijvers. Deze constructie is relatief zeer zwaar maar geeft een grotere laadcapaciteit.
- **Plastics:** Pallets geheel van plastics worden alleen gebruikt voor kleine hoeveelheden en een laag gewicht.
- **Sandwichconstructie:** het gebruiken van sandwich constructies geeft een hoge buigstijfheid en een laag gewicht doordat de stijve materialen, vaak aluminium, zich op grotere afstanden van de buig-as en de vulmaterialen zich dicht bij de buig-as bevinden.
  - Honingraat: tussen de onder- en bovenplaat van de pallet bevindt zich een metalen honingraat. Deze vangt de krachten op van de lading in verticale richting, terwijl de buigstijfheid wordt gerealiseerd door de twee afdekkende platen.
  - Hout: de kern van de pallet kan ook van lichte, buigzame houtsoorten zijn gemaakt zoals balsahout.
  - Plastics: plastics en schuimen worden ook gebruikt als vulmateriaal om de ruimte tussen de boven- en onderplaat van de sandwich structuur te vullen.

De randen van de ladingdragende plaat worden beschermd door een pallet-rail of een seat track. In afbeelding 3 is te zien dat de seat track gedeeltelijk tussen de boven- en onderplaat zit en dat deze hier is vastgeschroefd of -geklonken. Deze palletranden zijn uit een harder materiaal gemaakt, zodat de pallet niet snel zal beschadigen.

De randen doen verder dienst om de lading vast te zetten. Vaak zit aan de bovenkant en aan de zijkant een rail of een seat track waarmee netten, kabels, en straps bevestigd kunnen worden. Een pallet rail bestaat vaak uit haken of ringen waar dingen aan vastgemaakt kunnen worden zoals te zien in afbeelding 5. In een seat track kunnen klemmen worden geschoven die kunnen worden aangedraaid.



Afbeelding 5. Links: pallet rail met haken voor bevestiging. Rechts: Doorsnede van een pallet en de rand van een pallet

### Containers

De containers die in het huidige systeem worden gebruikt zijn allemaal opgebouwd uit een metalen frame met panelen die de ULD afsluiten. Het frame draagt in de constructie de meeste krachten. De panelen houden de lading binnen en in het geval van stijve panelen (metaal) dragen ze ook bij ok de stevigheid van de constructie.

Het frame van de containers bestaat uit geëxtrudeerde aluminium staven. De staven hebben inkepingen voor het plaatsen van de wandpanelen. Indien er gewerkt wordt met flexibele wanden (stof, doek, etc.) wordt het frame voorzien van haken of elementen waar de zachte wandpanelen aan kunnen worden opgespannen.

Het onderstel van de ULDs is vaak extra verstevigd. Hier worden dikkere staven gebruikt om deformatie tijdens het tillen te voorkomen. Ook is het mogelijk dat een soortgelijke constructie wordt toegepast als is besproken in de vorige paragraaf over de bodemplaat van pallets.

De constructie van de panelen is waar het meeste verschil in zit bij de containers. Er zijn verschillende materialen die gebruikt kunnen worden. De keuze voor een specifiek materiaal hangt af van de belasting die er op zal komen te staan, maar ook van het type lading dat vervoerd zal worden in de ULDs. Veel gebruikte paneelmaterialen en -constructies zijn:

- **Aluminium/stalen platen:** het gebruik van aluminium of stalen wandplaten komt veel voor. Dit is omdat het de container veel stevigheid geeft en lading goed binnen de container kan houden. Deze typen wandplaten zijn echter zeer gevoelig voor puntige voorwerpen die makkelijk door de panelen heen kunnen breken.
- **Plastics:** het gebruik van plastics is een goedkope en lichtgewicht optie. Voor lichte ladingen voldoet het om de lading binnen te houden en in te klemmen. Er worden ook regelmatig transparante plastics gebruikt. Hiermee kan de lading deels gecontroleerd worden zonder dat de ULD opengemaakt hoeft te worden.
- **Composieten:** het gebruik van composieten als wandpanelen in containers komt weinig voor vanwege de hoge kosten. Ook worden de grote kosten veelal veroorzaakt door beschadiging van het frame het gebruiken van dure “niet beschadigende” panelen heeft dus niet veel voordelen zolang het frame niet wordt aangepast. In de volgende paragraaf zal verder worden ingegaan op het gebruik van composieten voor containers.
- **Sandwich:** het gebruik van gelaagde wandpanelen wordt toegepast op speciale containers die het vervoer van speciale goederen mogelijk moeten maken. Dit type wandpanelen is vaak heel stijf en sterk en heeft ook andere eigenschappen die relevant kunnen zijn, zoals water- of luchtdichtheid, isolatie.
  - Honingraat: Een dure “lichtgewicht” optie voor stevige containers.
  - Polymeren: Wordt veel gebruikt voor isolatie. Schuim in de wanden van de panelen zorgt voor een thermische barrière.

De containers moeten open kunnen en hebben dus een deur of een opening nodig in de panelen of wanden. Dit betekent dat de ULDs altijd een zwak punt hebben in de constructie. Langs deuren of

openingen is meestal het frame steviger om deze zwakte in de constructie op te vangen. Bij het gebruik van stijve deuren is het mogelijk de deur - als deze dicht zit - deel uit te laten maken van het frame.

Voor lower-deck containers moet eraan worden gedacht dat het overhangende deel van de container voldoende ondersteund wordt. Het vervormen van dit deel van de container, of andere delen van de containers kan problemen opleveren in het OVV of tijdens het afhandelen of de opslag van de ULDs.

#### *Het gebruik van plastics en composieten in ULDs*

Het fabriceren van lichtgewicht containers is, zoals al eerder gezegd, zeer belangrijk in de luchtvaart. Vandaar dat het er steeds meer gekeken wordt naar het gebruik van composieten. Een voorbeeld hiervan is te vinden in de link in de voetnoot.<sup>26</sup> Het is interessant om tijdens het ontwikkelen van de ULDs voor het OVV-netwerk te kijken of een dergelijke optie toepasbaar is.

Bij het toepassen van plastics en composieten in ULDs moet worden nagedacht over de temperatuur waaronder de ULDs moeten presteren. Polymeren in plastics en de vaak gebruikte epoxy's in composieten zullen onder invloed van temperatuur zich anders gaan gedragen. Als de temperatuur binnen een OVV erg laag is, zullen ze zich veelal bros gaan gedragen en dus veel gevoeliger zijn voor schade. Als de polymeren echter warm worden, komen ze dichterbij de glasovergangstemperatuur en gaan ze zich veel meer visceus gedragen waardoor er plastische deformatie kan optreden bij belastingen ver onder de maximale belasting.

Binnen het project om ULDs te ontwikkelen voor OVVs is het gebruik van plastics en composieten zeer interessant. Er zal dus verder moeten worden gekeken naar de mogelijke toepassing van deze typen materialen. Men moet echter niet vergeten dat dit type materiaal relatief nieuw is in de luchtvaart en dat het succes hiervan niet gegarandeerd is.

#### *2.3.2 Functionaliteit van ULDs*

##### **2.3.2.1 Welke problemen zijn er in het huidige ULD-systeem**

Voor het vermijden van problemen in het OVV-netwerk is het verstandig te leren van de fouten die er zijn in het huidige systeem. Vandaar dat er in deze paragraaf kort de belangrijkste problemen zullen worden uitgelegd en beschreven. Dit kan vervolgens worden meegenomen in het ontwerp en hopelijk worden vermeden. De problemen in het huidige systeem met de ULDs zijn op te delen in vier aspecten van de ULDs: de omgang met de ULDs, de schade gevoeligheid van de ULDs, het grote aantal (types) ULDs en het gebrek aan een geïntegreerd systeem.

#### *De omgang met de ULDs*

Een groot deel van de schade aan ULDs komt voort uit het verkeerd gebruiken van ULDs en apparatuur voor het verwerken van ULDs.<sup>27</sup> Dit vindt voornamelijk plaatst door onkunde van de mensen die met de ULDs omgaan en door onoplettendheid. Een deel van deze fouten is niet te voorkomen, echter een groot deel is te voorkomen door het opstellen van een duidelijke workflow die ook door de ULD wordt uitgedragen.

#### *De schadegevoeligheid van de ULDs*

Doordat defecte ULDs een risico vormen voor de vliegveiligheid zijn de regels betreffende de status van ULDs heel erg streng. Als er minimale schade is mogen de ULDs al niet getransporteerd worden. Dit feit, in combinatie met de drang om zo licht mogelijk te construeren, heeft er toe geleid dat op elk moment een gigantisch aantal ULDs aan de grond staan.

Gemiddeld gesproken moeten ULDs 2,5 maal per jaar gerepareerd worden.<sup>28</sup> Dit is een belangrijk deel van de operationele kosten. De ULDs defecte moeten namelijk ook worden verplaatst en opgeslagen. Dit kost ook allemaal geld. Ook moet jaarlijks zo'n zes procent van de ULDs vervangen worden.<sup>28</sup>

---

<sup>26</sup> Cargo Composites, Advanced Composite Structures (ACS), <http://www.cargocomposites.com/site/wp-content/themes/cargocomposites/downloads/Airport-Cargo-Article.pdf>

<sup>27</sup> IATA - International Air Transportation Association - ULD Roadmap, 1.2.1 Shippers; 1.2.2 Freight Forwarders; 1.2.3 Cargo Terminal Operators / Ground Handling Agents, <http://www.iata.org/whatwedo/cargo/standards/Documents/uld-roadmap-web.pdf>, 2010-2012, page 6,7

<sup>28</sup> David Wyld, Containers Everywhere: Automatic Identification for Air Cargo and Freight, <http://trifter.com/practical-travel/air-travel/containers-everywhere-automatic-identification-for-air-cargo-and-freight/2/>

### *De hoeveelheid van en variatie aan ULDs*

Mede doordat ULDs een groot deel van de tijd defect zijn en niet gebruikt mogen worden zijn er veel te veel ULDs in omloop. Een groot deel van de ULDs bevindt zich op elk moment op de grond. Voor elk vliegtuig dat ULDs kan vervoeren worden normaal gesproken vier tot vijf sets ULDs aangeschaft.<sup>28</sup>

Naast deze hoeveelheden standaard-ULDs zijn er ook nog eens een heleboel speciale ULDs die aangeschaft kunnen worden. Er zijn lichtgewicht ULDs voor lichte vrachten, zware ULDs voor zware ladingen, voor speciale ladingen. Daarnaast zijn er verschillende afmetingen voor verschillende vliegtuigen.

Deze variatie aan ULDs maakt het noodzakelijk dat er voorraden ULDs zijn zodat de correcte ULDs aanwezig zijn op de juiste locaties op de juiste tijd. Het maakt het op orde houden van dit systeem ook een gigantische onderneming.

### *Het gebrek aan een geïntegreerd systeem*

Mede doordat er zo veel verschillende typen ULDs zijn, zijn de systemen die omgaan met de ULDs heel divers. Een voorbeeld: het verplaatsen en vastzetten van ULDs gebeurt anders dan het intern verplaatsen en opslaan van de ULDs, maar ook dan het plaatsen in vrachtwagens en ze daar vastzetten. Als de ULDs allemaal dezelfde basis zouden hebben kunnen al deze systemen daarop worden ingericht. Elke ULD kan dan gelijk worden behandeld.

Een betere integratie van de ULDs en de randapparatuur kan voordelen hebben voor de kosten, de efficiëntie, en de snelheid van alle taken.

### **2.3.2.2 Taken en functies van de ULDs**

In Appendix B is een flowchart te vinden van alle taken die met de ULDs uitgevoerd moeten kunnen worden. Deze taken en functies worden hieronder verder verduidelijkt. Op basis van deze functies zijn ook functionele eisen aan het ULD-design opgelegd. Deze eisen staan bij relevante functie weergegeven. De cijfers rechtsboven in de tabel corresponderen met de nummers in de flowchart. Deze cijfers geven dus ook de frequentie van een bepaalde functie of taak tijdens één enkel transport aan. Dit kan deels worden gezien als een maatstaf voor de significantie.

| <b>Functie No. 1: ULD opslaan/uit opslag halen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | No. : 3, 7, 29, 77, 79, 97, 99, 106, 129, 137, 150 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| <p>Uitleg functie/taak: De ULDs moeten voor langere periodes worden opgeslagen. Dit moet in veel gevallen efficiënt gebeuren, dit maakt het vaak lastig om de ULDs te plaatsen. Ook is het zo dat er regels zijn hoe ULDs wel en niet mogen worden opgeslagen. Deze functie voorziet in het plaatsen van de ULDs op of in de opslagsystemen.</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Verscheper: Bij verscheperen zal het vaak gaan om het plaatsen van ULDs op slave-pallets of op horizontale rekken. Dit is vanwege de kleine aantallen ULDs.</li><li>2. Expediteur: Bij de expediteur gaat het om grotere hoeveelheden ULDs. De ULDs die voor langere tijd moeten worden opgeslagen zijn allemaal leeg en dus licht. Door de grote aantallen ULDs is het in deze fase mogelijk dat het opslaan en ophalen van ULDs automatisch gebeurt.</li><li>3. Vliegveld: Op vliegvelden wordt met name gewerkt met geladen ULDs, soms worden echter ook lege ULDs getransporteerd binnen het OVV netwerk. De ULDs moeten op vliegvelden vaak in grote aantallen worden opgeslagen totdat ze verder getransporteerd kunnen worden. Het is hier ook belangrijk dat de ULDs op het juiste moment op de juiste plaats aanwezig zijn. Een goed, gecoördineerd, opslagsysteem is hier ook heel belangrijk. (Aantal ULDs verschilt per vliegveld).</li></ol> |                                                    |
| <p>Eisen op basis van deze functie:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• ULD moet met vorkheftrucks opgeslagen kunnen worden</li><li>• De ULD moet opgetild kunnen worden</li><li>• ULD moet koppelbaar zijn met automatische opslagsystemen</li><li>• Specifieke ULDs moeten kunnen worden opgehaald</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Functie No. 2: ULD opslag</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | No. : 2, 30, 78, 98, 130, 151 |
| <p>Uitleg functie/taak: Geladen: Om de ULDs te beschermen tijdens de periodes dat ze niet gebruikt worden moeten opslagmethoden ontwikkeld worden. De opslag van ULDs is bedoeld om de ULDs en hun attributen te beschermen en ze makkelijk weer terug te kunnen vinden. De grootte van de opslag en de mate van automatisering hangen af van de hoeveelheid ULDs in het lokale systeem.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verscheper: De opslagcapaciteit van de verscheper zal minimaal zijn, de ULD zullen waarschijnlijk simpel en goedkoop opgeslagen moeten kunnen worden.</li> <li>2. Expediteur: Bij de expediteur zullen veel meer ULDs worden opgeslagen. Dit kan het winstgevend maken om ULDs efficiënter te kunnen opslaan, bijvoorbeeld in de hoogte of door ULDs op te vouwen. De opslag bij de expediteur is altijd lege ULDs.</li> <li>3. Vliegveld: Op vliegvelden binnen het OVV-netwerk zal de opslag het meest gebruikt worden. ULDs moeten constant in en uit de opslag worden gehaald. Het is hierbij dus belangrijk dat de opslag geen schade mag toebrengen aan de ULDs. Verder is het zo dat de opslag op vliegvelden vooral zal bestaan uit geladen ULDs. De opslag moet berekend zijn op grote aantallen geladen ULDs.</li> </ol> |                               |
| <p>Eisen op basis van deze functie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Er moet een goedkoop alternatief zijn om ULDs te kunnen opslaan</li> <li>• ULDs moeten in de opslag kunnen worden vastgezet</li> <li>• De opslag moet de ULDs beschermen tegen schade, weer, en wind</li> <li>• Er moet geregistreerd worden waar ULDs zijn opgeslagen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                               |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Functie No. 3: Tijdelijke opslag van ULDs</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | No. : 5, 17, 20, 35, 41, 58, 66, 69, 83, 101, 104, 112, 116, 127, 134, 143, 154 |
| <p>Uitleg functie/taak: Tijdelijke opslag van ULDs gebeurt als de ULDs korte tijd moeten wachten voordat ze bijvoorbeeld geladen, of getransporteerd kunnen worden. Het is in veel situaties handig dat de ULDs tijdelijk neergezet kunnen worden zonder dat deze beschadigd raken of niet meer op te tillen zijn.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verscheper: Bij de verscheper is de tijdelijke opslag vooral met geladen ULDs die wachten op een vrachtwagen of busje dat ze komt ophalen. De ULDs kunnen niet de hele tijd op de vorkheftruck blijven staan en moeten even worden neergezet.</li> <li>2. Expediteur: Tijdelijke opslag van ULDs bij de verscheper zijn voornamelijk ULDs die moeten wachten op transport via de vrachtwagen. De ULDs moeten voordat ze ingeladen kunnen worden een korte periode worden opgeslagen.</li> <li>3. Vliegveld: ULDs moeten tijdelijk worden opgeslagen als er gewacht moet worden op transport via de weg. Verder moeten de ULDs ook voordat ze in de OVVs geladen kunnen worden, worden opgeslagen.</li> </ol> |                                                                                 |
| <p>Eisen op basis van deze functie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ULDs moeten tijdelijk op de grond kunnen worden opgeslagen</li> <li>• Op de grond opgeslagen ULDs moeten eenvoudig weer in gebruik genomen kunnen worden</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Functie No. 4: Intern verplaatsen ULD</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | No. : 4, 8, 16, 21, 28, 36, 40, 57, 65, 71, 76, 80, 82, 95, 100, 105, 114, 126, 128, 136, 144, 149, 153 |
| <p>Uitleg functie/taak: ULDs moeten binnen verplaatst kunnen worden. De wijze waarop dit zal gebeuren verschilt afhankelijk van de hoeveelheid ULDs die afgehandeld zullen moeten worden. Het transport van ULDs is zeer belangrijk aangezien het verantwoordelijk is voor de meeste schade aan ULDs.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verscheper: Voor de verscheper is het intern transport van de ULDs alleen belangrijk in de zin dat geen extra apparatuur nodig moet zijn om het mogelijk te maken. De kleine hoeveelheden ULDs die hier afgehandeld zullen worden zijn met vorkheftrucks en pallets te doen.</li> <li>2. Expediteur: Bij de expediteur vindt er transport plaatst tussen de opslag en het laden en tussen de opslag en het transport via de weg. Het transport van de ULDs moet aansluiten bij het tempo dat de ULDs geladen en getransporteerd kunnen worden.</li> <li>3. Vliegveld: Op het vliegveld worden alle ULDs uit een regio samengebracht. Deze moeten allemaal verplaatst worden naar de opslag en naar OVVs of het wegtransport. Het transporteren van de ULDs zal op het vliegveld door computers gestuurd worden en grotendeels geautomatiseerd zijn.</li> </ol> |                                                                                                         |
| <p>Eisen op basis van deze functie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ULDs moeten verplaatst kunnen worden met vorkheftrucks</li> <li>• De ULD mag niet van de vorkheftruck afvallen</li> <li>• ULD moet bestand zijn tegen botsingen bij lage snelheden</li> <li>• ULDs moeten individueel te verplaatsen zijn</li> <li>• ULDs moeten in grote aantallen te verplaatsen zijn</li> <li>• Verplaatsen van veel ULDs moet gestuurd kunnen worden door computer</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                         |

|                                                                                                                                                                                                                     |                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Functie No. 5: Controleren luchtwaardigheid ULD</b>                                                                                                                                                              | No. : 9, 37, 51, 72, 124, 147 |
| <p>Uitleg functie/taak: De ULDs worden op verschillende stadia in het transportproces op schade gecontroleerd. Elke ULD heeft een beschrijving van welke schade wel en welke schade niet is toegestaan.</p>         |                               |
| <p>Eisen op basis van deze functie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schade aan de ULD moet altijd zichtbaar zijn</li> <li>• Er moet toegang zijn tot een beschrijving van schadetoleranties</li> </ul> |                               |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| <b>Functie No. 6: Controle van de opbouw: gewicht, balans, veiligheid</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | No. : 14, 39, 55, 74 |
| <p>Uitleg functie/taak: Voordat een ULD in een vliegtuig geladen kan worden moeten een aantal variabelen worden gemeten. De gegevens worden gekoppeld aan het ID van de specifieke ULD. Deze waarden mogen niet boven bepaalde grenzen uitkomen en beïnvloedt de plaatsing in het vliegtuig. Deze controles gebeuren in alle fases van het pre-transport.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verscheper: De opbouw van de contour kan bij de verscheper eenvoudig worden gecontroleerd. Het gewicht, de stabiliteit, en veiligheid worden meestal bij de expediteur pas gecontroleerd.</li> <li>2. Expediteur: Afhankelijk van de grootte van de expediteur kan het handig zijn om de ULDs individueel te controleren of het door een (semi) geautomatiseerd systeem te laten doen. Bij de expediteur worden altijd alle controles zorgvuldig uitgevoerd.</li> <li>3. Vliegveld: Veel ULDs moeten worden gecontroleerd. Vaak zitten de gewicht en stabiliteit controles geïntegreerd in het transport. De ULDs gaan ook vaak door een scanner om de lading te controleren. Deze zou gecheckt kunnen worden aan de opgegeven lading.</li> </ol> |                      |

Eisen op basis van deze functie:

- Controles van ULDs moeten op alle ULDs kunnen worden uitgevoerd
- ULDs moeten in grote aantallen gecontroleerd kunnen worden
- De ULD moet duidelijke eisen opleggen wat betreft de contour van de lading
- Data moet kunnen worden opgeslagen, en gekoppeld aan de ULD

#### **Functie No. 7: Laden/uitladen van ULD**

No. : 10, 50, 120, 145

Uitleg functie/taak: Het laden of uitladen van de ULDs bepaalt voor een groot deel hoeveel lading er in een ULD getransporteerd kan worden. Het is vandaar van belang dat de lading de ULD-contour zo goed mogelijk vult. Laden van ULDs kan ondersteund worden door bepaalde systemen. Computersystemen kunnen de efficiëntste manieren van laden bepalen, terwijl mechanische systemen het laadproces vereenvoudigen voor het personeel.

1. Verscheper: Opbouw en afbraak van ULDs bij de verscheper gaat voornamelijk met de hand. De lading wordt met de hand geplaatst en georiënteerd. Ook de volgorde van de opbouw gaat met de hand.
2. Expediteur: Afhankelijk van de grootte van de expediteur kan het handig zijn om de ULDs individueel te controleren of het door een (semi) geautomatiseerd systeem te laten doen. Bij de expediteur worden altijd alle controles zorgvuldig uitgevoerd.

Eisen op basis van deze functie:

- Men moet lading in/op de ULD kunnen plaatsen
- De lading in de ULD moet kunnen worden gepositioneerd
- Zware pakketten moeten in de ULD kunnen worden geplaatst

#### **Functie No. 8: Vastzetten van de lading in de ULD**

No. : 11, 52

Uitleg functie/taak: Goederen moeten binnen de ULD kunnen worden ingeklemd of speciaal vastgezet. Het vastzetten van lading die niet in dozen is verpakt vereist meer aandacht.

1. Verscheper: Bij de verscheper is er vaak minder ervaring in het vastzetten van goederen en het laden van ULDs. Het is vaak minder belangrijk dat er zoveel mogelijk lading in komt. Dit maakt het extra belangrijk dat de lading vastgezet kan worden.
2. Expediteur: De expediteur heeft er meer belang bij dat de ULDs zo vol mogelijk worden geladen. Door het grotere gewicht is het vastzetten van vracht ook hier belangrijk.

Eisen op basis van deze functie:

- Lading mag binnen de ULD niet gaan bewegen tijdens transport
- De ULD moet het vastzetten van goederen mogelijk maken
- De bevestiging van de lading moet versnellingen tijdens transport aankunnen

#### **Functie No. 9: Afsluiten van ULD**

No. : 13, 54

Uitleg functie/taak: De ULD moet kunnen worden afgesloten. Hierbij zijn twee verschillende aspecten van belang. Allereerst moet het afsluiten van de ULD er voor zorgen dat de lading niet buiten de contour van de ULD kan komen, het moet de laadopening afsluiten. Ten tweede moet met het afsluiten diefstal worden voorkomen door b.v. een slot.

Eisen op basis van deze functie:

- De “deur” moet de versnellingen van het transport aankunnen
- De “deur” moet afgesloten kunnen worden
- De “deur” mag het laden en lossen niet in de weg zitten

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| <b>Functie No. 10: Controleren van de contour</b>                                                                                                                                                                                                                                                      | No. : 12, 38, 53, 73 |
| <p>Uitleg functie/taak: Na de opbouw van de lading moet deze gecontroleerd kunnen worden. Het controleren van de contour wordt gedaan om te voorkomen dat de ULD wordt afgekeurd. Als de contour van de opbouw namelijk afwijkt van de vorm van het OVV of de container kunnen problemen ontstaan.</p> |                      |
| <p>Eisen op basis van deze functie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De ULD moet de buitenste contour van de lading weergeven</li> <li>• De opbouw moet kunnen worden bekeken of gecontroleerd</li> </ul>                                                                                  |                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Functie No. 11: Registreren ULD (TAG, Lading, etc.)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                              | No. : 15, 56 |
| <p>Uitleg functie/taak: Tijdens het transport van ULDs is het belangrijk dat informatie over de ULD beschikbaar is voor de mensen die omgaan met de ULD. Informatie zoals; welk type ULD is het, hoe mag hij gebruikt worden, wat voor lading vervoert de ULD, maar ook waar gaat de ULD heen en in welk vliegtuig moet hij, moet beschikbaar zijn.</p> |              |
| <p>Eisen op basis van deze functie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ULDs moeten een eigen ID hebben</li> <li>• Informatie over de ULD moet aangepast kunnen worden</li> <li>• Informatie over de ULD moet beschikbaar zijn en geraadpleegd kunnen worden</li> </ul>                                                                        |              |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Functie No. 12: Inladen/uitladen ULD in vrachtwagen o.i.d.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | No. : 6, 18, 21, 27, 34, 42, 59, 63, 67, 68, 84, 102, 103, 111, 117, 133, 138, 142, 155 |
| <p>Uitleg functie/taak: Het laden van vrachtwagens is een taak die normaal wordt uitgevoerd door de expediteur die in het transport van containers binnen het OVV-netwerk zal voorzien. De verscheper kan echter ook zelf ULDs willen transporteren in aangepaste wagens. Bij de verscheper zijn niet altijd truckdocks aanwezig, vandaar dat de ULDs ook te laden moeten zijn met vorkheftrucks.</p> |                                                                                         |
| <p>Eisen op basis van deze functie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De ULDs moeten omhoog de vrachtwagen in worden verplaatst</li> <li>• Laden van wagens moet kunnen worden gedaan met vorkheftrucks</li> <li>• ULDs moeten binnen de vrachtwagen op de correcte positie worden geplaatst</li> </ul>                                                                                    |                                                                                         |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Functie No. 13: Vastzetten van ULDs in vrachtwagen</b>                                                                                                                                                                                                                                                 | No. : 26, 32, 43, 45, 60, 61, 109, 118, 131, 139 |
| <p>Uitleg functie/taak: Tijdens het transport van ULDs is het belangrijk dat ze niet kunnen bewegen omdat dit de lading, de ULD, en de vrachtwagen kan beschadigen. Er moet bij de bevestigingen gedacht worden aan de versnellingen van de vrachtwagen en de wijze waarop de ULD belast gaat worden.</p> |                                                  |
| <p>Eisen op basis van deze functie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De ULDs moeten worden vastgezet in de vrachtwagens</li> </ul>                                                                                                                                                            |                                                  |



|                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>Functie No. 14: Transporteren ULD via de weg</b>                                                                                                                                                                                                                    | No. : 25, 33, 44, 46, 62, 110, 119, 132, 140 |
| Uitleg functie/taak: Het transport van ULDs via de weg gebeurt in één of ander type “vrachtwagen”. De belastingen van de ULD tijdens de rit zijn het grootste probleem. Trillingen van de weg en versnellingen zorgen voor belastingen in de constructie en de lading. |                                              |
| Eisen op basis van deze functie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ULDs moeten de lading vast kunnen houden bij de versnellingen van de vrachtwagen</li> </ul>                                                                                                  |                                              |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| <b>Functie No. 15: ULD inchecken</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | No. : 70, 94, 113, 135 |
| Uitleg functie/taak: Op het vliegveld is het belangrijk dat de ULDs geïdentificeerd kunnen worden. Op deze wijze is het mogelijk om de grote aantallen ULDs af te handelen die naar het vliegveld worden getransporteerd. Het inchecken maakt ook de omgang met de ULDs veiliger, aangezien er meer bekend is over de lading en de specifieke ULD. |                        |
| Eisen op basis van deze functie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Individuele ULDs moeten geïdentificeerd kunnen worden</li> <li>• Gegevens over de ULDs moeten beschikbaar zijn</li> </ul>                                                                                                                                                |                        |

|                                                                                                                                                                                                                                                                              |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Functie No. 16: Controle van ULDs door douane</b>                                                                                                                                                                                                                         | No. : 75, 96 |
| Uitleg functie/taak: De douane moet de ULDs ook met de hand kunnen controleren op vliegvelden. Het is dus nodig dat de douane de ULD kan openen en de lading bekijken. Hierbij is van belang dat de ULD geopend kan worden door de douane, maar niet door potentiële dieven. |              |
| Eisen op basis van deze functie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ULDs moeten door de douane geopend kunnen worden</li> </ul>                                                                                                                                        |              |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Functie No. 17: Transporteren ULDs tussen OVV en vliegveld</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                   | No. : 81, 93 |
| Uitleg functie/taak: ULDs moeten in geladen toestand naar het vliegtuig toe en van het vliegtuig weg worden getransporteerd. Het transport van de ULDs moet aansluiten bij het intern transport en bij de laadmethode die gekozen is om de OVV te laden met de ULDs. Verder moet tijdens het transport de ULDs worden beschermd tegen weer en wind. |              |
| Eisen op basis van deze functie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ULD moeten naar het vliegtuig kunnen worden verplaatst</li> <li>• Opstellen van ULDs moet mogelijk zijn om het laadproces te faciliteren</li> <li>• Het transport van de ULDs moet garanderen dat de ULDs en het OVV niet in gevaar komen</li> </ul>                      |              |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Functie No. 18: (Ver)Plaatsen van ULDs in OVV</b>                                                                                                                                                                                                                                                                          | No. : 88, 92 |
| Uitleg functie/taak: De ULDs moeten in of op het vliegtuig worden geplaatst. Het laadsysteem en de OVV moeten zo zijn ontworpen dat de ULDs overal in het laadruim geplaatst kunnen worden. De exacte plaatsing van ULDs is belangrijk voor de stabiliteit en de balans, maar ook voor het vastzetten van de ULDs in het OVV. |              |
| Eisen op basis van deze functie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• De ULDs moeten allemaal op de correcte posities worden geplaatst</li> <li>• ULDs moeten exact geplaatst worden i.v.m. vastzetten</li> </ul>                                                                                                         |              |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Functie No. 19: Ver-/Ontgrendelen ULDs in OVV</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | No. : 89, 91 |
| Uitleg functie/taak: Tijdens de vlucht is het belangrijk dat de ULDs volkomen vastzitten in het vliegtuig. Het loskomen van een ULD of een deel van de ULD kan catastrofale gevolgen hebben voor het OVV. Daarom is het erg belangrijk dat gecontroleerd kan worden dat de ULDs vastzitten en dat de ULDs alleen ontgrendeld kunnen worden als het vliegtuig op de grond staat. |              |
| Eisen op basis van deze functie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ULDs mogen niet kunnen verplaatsen in het laadruim van de OVV</li> <li>• Vastzetten van ULDs moet gecontroleerd kunnen worden</li> <li>• ULDs mogen nooit losraken of gedeeltelijk zijn vastgezet</li> <li>• ULDs moeten alleen op de grond bij stilstand kunnen worden ontgrendeld</li> </ul>        |              |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>Functie No. 20: Transporteren van ULDs in OVV</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | No. : 90 |
| Uitleg functie/taak: Het luchttransport van ULDs in OVVs is de gevaarlijkste fase. Er mag tijdens het transport niets mis gaan. Elke fout kan schade aan het OVV toebrengen en mogelijk het vliegtuig doen verongelukken.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |
| Eisen op basis van deze functie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Het dek van het OVV moet het gewicht van de ULDs aankunnen bij de maximale versnellingen</li> <li>• De lading moet niet (veel) kunnen bewegen in de ULD tijdens de vlucht</li> <li>• De ULD moet bestand zijn tegen de versnellingen die op de lading werken</li> <li>• ULD moet bestand zijn tegen temperatuur- en drukveranderingen e.d.</li> <li>• ULD en OVV moeten de lading beschermen tegen druk- en temperatuurveranderingen</li> <li>• (Sommige) speciale typen ladingen moeten binnen de ULD worden beschermd</li> <li>• ULD en/of OVV moeten brand in ULDs kunnen voorkomen/onderdrukken</li> </ul> |          |

### 2.3.3. Punten van aandacht bij het ULD ontwerp

#### 2.3.3.1 Het gebruik van dozen bij het transport

Het transport van goederen in de luchtvaart is grotendeels gestandaardiseerd om het stapelen en laden van containers en pallets makkelijker te maken. Het standaardiseren van lading is gedaan door alles te verpakken in dozen. Deze dozen hebben standaard maten, wat het makkelijk maakt om ze efficiënt gelaagd in container of op pallets te plaatsen. De stapeling van dozen is kan goed in de hoogte als de dozen netjes op elkaar worden gestapeld en de randen op elkaar aansluiten. Op deze manier kunnen grote krachten worden gedregen.

Een ander voordeel van dozen is dat het risico op schade aan de lading wordt beperkt. Elk item van de klant zit in een doos die in veel gevallen veel te groot is. De rest van de ruimte in de doos is gevuld met

verpakkingsmateriaal: bubbelwrap, schuim, luchtkussens, etc. Zo wordt de lading individueel beschermd zondt de omgang met lading en ULDs tijdens het transport geen extra aandacht vereist. Dit verhoogt echter wel de kosten van het transport van artikelen, en dit is met name binnen het OVV-netwerk ongewenst.

Het elimineren van dozen in het transportproces is echter niet mogelijk. Dozen zijn een vast onderdeel geworden van het transportnetwerk en maken het snel en efficiënt afhandelen van vracht mogelijk. De nadelen van het ongebruikte volume wegen niet op tegen de voordelen die geboden worden. Er zijn echter wel opties om meerdere maten aan te bieden voor het verschepen van vracht via het OVV-netwerk, zodat de lading beter past. Dit zou de hoeveelheid payload per ULD en OVV kunnen vergroten zodat meer omzet wordt gemaakt per vlucht, wat aan de klant zou kunnen worden doorberekend.

Op basis van deze informatie is de keuze gemaakt dat de ULDs voor OVVs het mogelijk maken van het vervoer van dozen als één van de hoogste prioriteiten moeten hebben. Het ontwerp van de ULDs moet inspelen op de voordelen die het gebruik van dozen biedt en de nadelen van dozen minimaliseren.

#### *Invloed van het gebruik van dozen op het ontwerp van ULDs en het OVV-netwerk*

Het gebruik van dozen maakt het gebruik van pallets de logischere keuze boven containers. Pallets geven tijdens de opbouw de ruimte om de lading eenvoudig te kunnen opbouwen, je kan overal bij en het is makkelijk om te stapelen. Bij het laden van dozen in containers kan men er slecht bij en stapelen bovenin de container is lastig. Ook is het zo dat de dozen er zelf al voor zorgen dat de lading een goede contour aanhoudt, hiervoor is geen container meer nodig. Het enige nadeel is dat de dozen in een container beter kunnen worden vastgezet en beschermd.

Dozen bieden een veel bescherming aan de lading. Echter als de dozen kleiner worden, en dus dichter rond de echte lading zitten is het risico op schade aan de lading groter. Door het efficiënt vervoeren van lading in dozen wordt het schaderisico verhoogd en is het dus belangrijker dat de dozen worden ingeklemd en beschermd tijdens het transport. Dit is een argument voor het gebruik van containers.

De hoogte van de ULDs en van het laadruim is afhankelijk van de hoogte dat de dozen veilig gestapeld kunnen worden. Kleinere dozen betekent relatief tot de oude situatie een hogere dichtheid, en dus een lagere maximale hoogte en plattere ULDs.

Kartonnen dozen zijn zeer gevoelig voor vocht en raken een grootdeel van hun stijfheid kwijt als de luchtvochtigheid te hoog is of als ze nat worden. De ULDs moeten worden afgeschermd.

Dozen kunnen met lopende banden automatisch getransporteerd en gesorteerd worden zoals op veel distributiecentra gebeurd. Door de ULDs hierop aan te sluiten kan het laden van de ULDs deels of geheel automatisch gebeuren. De dozen worden door een automatisch systeem naar de correcte ULDs gestuurd. Er kan hierbij rekening worden gehouden met formaat en gewicht van de pakketten. De pakketten worden binnen de ULDs vervolgens op de correcte positie geplaatst door het systeem of personeel.

#### **2.3.3.2 Eigenschappen van de ladingen**

In de vorige paragraaf is besproken dat het grootste deel van de ladingen zal bestaan uit dozen. Er is verder echter nog niets bekend over de lading. Er moet een indicatie worden gegeven van het gewicht van de vracht. Dit is om een aantal redenen belangrijk. Allereerst geeft het de mogelijkheid om de belastingen van de ULDs te bepalen onder invloed van de lading. Verder is de dichtheid van belang bij het ontwerpen van de randapparatuur die de lading en de ULDs moet gaan verplaatsen. En als laatste geeft de dichtheid een indicatie van hoe groot het laadruim van een OVV moet zijn om een bepaald gewicht aan vracht te kunnen transporteren. De OVV moet slank, en aërodynamisch, zijn wat invloed heeft op de dimensies van het laadruim en dus de ULDs. Zie 2.2.4.4 en 2.3.3.4.

Voor verschillende typen vracht zijn verschillende dichtheid te bepalen in het huidige systeem. Het blijkt dat dit de gemiddelde dichtheden zijn voor deze typen vracht:<sup>29</sup>

- Bagage en Gemengde post 170 kg/m<sup>3</sup>
- Brieven 230 kg/m<sup>3</sup>
- Pakketten 130 kg/m<sup>3</sup>
- Ongeboekte vracht (gemiddeld) 180 kg/m<sup>3</sup>

Er moet hierbij rekening worden gehouden dat deze waarden bedoeld zijn om een indicatie te geven van de te verwachten gewichten. Het ware gewicht van de vracht kan er ook boven zitten.

---

<sup>29</sup> FlyCar, Ground operations manual, 6.1.3. Cargo Loadplanning <http://www.fly-car.de/medien/dokumente/cargohandling.pdf>, page 10

Een wijze waarop een indicatie kan worden gegeven van het maximale gewicht van de lading is door te kijken naar de maximale dichtheid die verschillende ULDs aan kunnen. Dit is gedaan in Appendix D. De maximale dichtheid die hieruit kwam was ongeveer  $600\text{kg/m}^3$ . Dit is veel hoger dan de verwachte waarde voor ongeboekte vracht. Te zien in Appendix D is ook dat dit aan de hoge kant is ten opzichte van de andere ULDs. Deze waarde van  $600\text{kg/m}^3$  kan dus mooi als bovengrens dienen in deze fase van het ontwerp.

In de vorige paragraaf hebben we ook besproken dat er mogelijk meer maten dozen zullen komen, zodat de verhouding van het payloadvolume ten opzichte van het totaal beschikbare volume in het laadruim zal toenemen. Dit betekent dat de dichtheid van de vracht hoger zal zijn dan de dichtheid in het huidige systeem. Vandaar dat de veiligheidsmarge op de  $600\text{kg/m}^3$  terecht is.

Het ontwerpen van de ULDs voor een hogere dichtheid maakt ze zwaarder. Omdat men niet teveel boven het gemiddelde wil zitten, is het handig dat voordat de definitieve maten van de constructie worden bepaald nog onderzoek wordt gedaan naar de dichtheid van de vracht binnen het scenario dat is opgesteld voor de doelgroep.

In Appendix A.4 staan de krachten gegeven die de lading uitoefent onder invloed van de versnellingen van het OVV.

### **2.3.3.3 Veiligheid en aanpassingen aan de ULD bij het vervoeren van verschillende typen ladingen**

Het transporteren van bepaalde ladingstypen vereist dat aanpassingen worden gedaan aan de ULDs of dat er speciale typen ULDs worden gebruikt. Dit soort lading wordt aangeduid als speciale lading. Een exacte lijst van de speciale ladingstypen en de oplossingen in ULDS die er op dit moment voor zijn, is te vinden in Appendix C.

De ladingstypen die hierin onderscheiden worden, zijn:

- Grote vracht
- Langwerpige vracht
- Gevaarlijke stoffen
- Zware ladingen
- Vloeistoffen
- Levende/organische lading
- Kostbare vracht
- Bederfelijke goederen

De vraag of al de genoemde aanpassingen mogelijk moeten zijn is de vraag. Er kunnen keuzes worden gemaakt om bepaalde ladingstypen niet te vervoeren waardoor het niet langer nodig is dat er bijvoorbeeld pallets gebruikt hoeven worden. De beslissingen dienen onderbouwd te worden op basis van onderzoek naar de exacte wensen van bedrijven.

Verder staan er een aantal aanpassingen aan de ULDs genoemd die het mogelijk maken bepaalde typen vracht te vervoeren. De ULDs die in dit project ontwikkeld worden kunnen later nog worden aangepast om dit mogelijk te maken. Er kan een versie komen die bijvoorbeeld luchtdicht af te sluiten is of een versie met koeling. Deze aanpassingen spelen nog geen rol in de ontwikkeling van de ULDs. Er kan echter tijdens het ontwerp worden nagedacht over bijvoorbeeld het plaatsen van een koelingsmodule o.i.d. Deze zou bijvoorbeeld aan een bepaald gedeelte van de ULD kunnen worden vastgeklemd of ergens ingeschoven.

### **2.3.3.4 Dimensionering van de ULD**

De afmetingen die aan de ULD zullen worden toegekend zullen moeten worden gebaseerd op een aantal belangrijke aspecten van het OVV-netwerk. Aangezien een aantal van de aspecten niet bekend zijn, zal hier worden uitgelegd hoe ze hierdoor worden beïnvloed. Vaste aspecten zijn:

- Transport via de weg
- Afmetingen van “grote ladingen”
- Maximale stapelingshoogte vracht
- Maten van standaardverpakkingen
- Slankheid romp OVV
- Maten overige vliegtuigen (zie paragraaf 2.2.4.4.)
- Doorvoersnelheid

Het is niet noodzakelijk dat er één formaat ULD wordt gekozen. Het is mogelijk om binnen het OVV-netwerk met verschillende typen ULDs te opereren. Dit levert echter problemen op als er op bepaalde plekken geen ULDs van een bepaald type meer zijn. Ook is het minder optimaal om met verschillende ULDs te werken, het is lastig in opslag en in de omgang. De voorkeur ligt dus wel bij één standaardcontainer en/of -pallet. (Het zou handig kunnen zijn om nog steeds met pallets en containers te werken.)

#### *Transport via de weg*

Het transport van OVVs via de weg geschiedt waarschijnlijk met vrachtwagens of wagens die qua afmetingen hier veel op lijken. Zoals uit de belangen van actoren bleek moet het efficiënt transporteren van ULDs via de weg een punt van aandacht zijn, er moeten veel ULDs in één vrachtwagen geladen kunnen worden. Om hieraan te voldoen moeten de maten van de ULD compatibel zijn met de standaardmaten van een vrachtwagen.

Een systeem van maten dat hieraan voldoet is het EUR-pallet systeem<sup>30</sup> dat voor Europa de standaardmaten voor pallets geeft. Interessant om op te merken is ook dat dit overeenkomt met de maten van standaard vorkheftrucks. Deze EUR-pallet maten zijn hiernaast in de tabel weergegeven. Deze passen bij de algemene breedte van een vrachtwagen van 2440 mm. De hoogte van vrachtwagens ligt tussen de 2500 en 2700 mm. Bij stapelen van ULDs moet hier rekening mee worden gehouden. De standaard lengte van een vrachtwagen is 13600 mm.<sup>31</sup>

| Breedte (mm) | Lengte (mm) |
|--------------|-------------|
| 800          | 1000        |
| 800          | 1200        |
| 1000         | 1200        |
| 1200         | 1000        |

Tabel 7. EUR-pallet maten

#### *Grote ladingen*

Door de keuze voor een bepaalde maatvoering van de ULDs wordt gelijk beslist welke type lading je wel en niet standaard wilt vervoeren. Het maken van aanpassingen voor het vervoeren voor bepaalde types vracht is altijd minder efficiënt. Er moet daarom onderzoek worden gedaan naar bedrijven die geïnteresseerd zijn om veel gebruik te maken van de transportservice. Deze bedrijven kunnen veel producten van een specifieke afmeting verschepen. Vervolgens kan worden beslist met welke goederen wel en geen rekening gaat worden gehouden.

Een voorbeeld hiervan is een bedrijf dat buizen produceert van een vaste lengte. Deze moeten snel naar klanten worden verscheept. Het OVV zou hier een uitkomst voor kunnen zijn. Echter de buizen passen niet op een standaard pallet. Het bedrijf moet dus twee plaatsen kopen.

#### *Stapelingshoogte van lading*

De hoogte van ULDs is afhankelijk van hoe hoog je de lading nog veilig kan opbouwen zonder dat de onderste lading schade begint te ondervinden. Om dit te bepalen moet allereerst gekeken worden naar de dichtheid van de lading, een goede aanname hiervoor is de 600 kg/m<sup>3</sup> uit Appendix D. Een ander aspect dat hierbij komt kijken is het type verpakking dat veel wordt gebruikt. Bij de invoering van nieuwe dozen zal dit door tests bepaald moeten worden. Er bestaat echter altijd de mogelijkheid om de ULD in de hoogte op te splitsen met planken bij te zware ladingen. De methode die hierboven beschreven staat is echter handig als een goede indicatie van de hoogte.

#### *Maten van standaardverpakkingen*

Net als de maten van de ULDs moeten aangepast worden aan de maten van de vrachtwagens moeten de maten van de verpakkingen aangepast worden aan de maten van de ULDs. Het is voor de lengte- en breedterichting van de ULDs belangrijk dat er dozen van verschillende maten mee getransporteerd kunnen worden. Bijvoorbeeld als hoofdmaat 60, hier kunnen dozen op van 30, 15, 12, 6, 20, 10, etc.

#### *Slankheid van de romp van het OVV*

De hoogte en breedte van de ULDs hebben direct invloed op het frontaal oppervlak van het OVV. Een vliegtuigromp moet ideaal gesproken zo slank mogelijk zijn, minimale breedte en hoogte. Het is vanuit de OVV handiger als de ULDs in de lengterichting groter zijn. Bij het dimensioneren van de ULDs moet er dus ook rekening mee worden gehouden dat de lading met name in de lengte richting van het vliegtuig wordt opgeslagen. Dit komt er op neer dat hoe minder (volume) lading meegaat in één vlucht, hoe kleiner de hoogte en breedte van de ULDs zal zijn.

#### *Laden van ULDs in overige vliegtuigen*

30 EPAL - European pallet association -Products, <http://www.epal-pallets.de/uk/produkte/paletten.php>

31 Wikipedia, Semi-trailer - Types, <http://en.wikipedia.org/wiki/Semi-trailer>, last modified on 16 October 2012 at 14:44

Maten van ULDs zouden kunnen aansluiten bij maten van overige vliegtuigen. Een aantal maten van ULDs staan in Appendix D aangegeven. De ULDs die in het OVV-netwerk gebruikt worden, kunnen als ze kleiner zijn dan de standaard containers van het vliegtuig, worden vervoerd op pallets. De pallets zetten dan de ULDs vast in het laadruim van normale vliegtuig.

#### *Doorvoersnelheid*

Uit de concurrentie analyse (paragraaf 2.1.3.) is gebleken dat één van de belangrijkste aspecten binnen het OVV-netwerk de snelheid van het transport is. Als de ULDs kleiner zijn kunnen deze door b.v. de expediteur sneller worden gevuld en hoeft niet gewacht te worden totdat er voldoende lading is voor een bepaalde bestemming. Zeker bij lokale distributiecentra is dit een voordeel. Kleinere ULDs zorgen dus voor een hoge doorstromingssnelheid.

#### **2.3.3.5 Constructief inzetten van de ULDs in het OVV**

Het zwaarder maken van de ULDs om bepaalde taken in het transport van ULDs op de grond makkelijker te maken is in dit verslag vaak afgeraden, omdat het gewicht van de ULDs in de lucht extra operationele kosten met zich mee zou brengen. Er bestaat echter de optie om de sterkere, zwaardere ULDs een functie te geven in het OVV, en wel een constructieve functie. In deze paragraaf zullen de gevolgen van deze keuze worden uitgelegd.

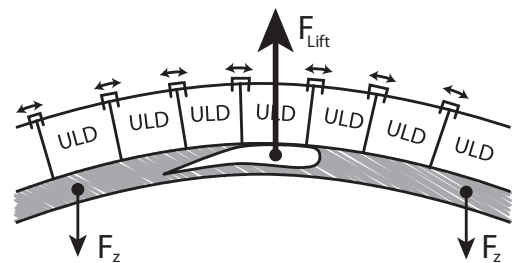
Het idee is dat doordat de ULDs een deel van de krachten in de vliegtuigconstructie zullen opvangen het OVV lichter geconstrueerd kan worden. Het uiteindelijke gewicht van de OVV zal waarschijnlijk nog steeds hoger liggen dan als er lichtgewicht ULDs worden gebruikt. Het is nu echter mogelijk dat de voordelen die te behalen zijn in het afhandelen van de ULDs op de grond nu wel opwegen tegen de extra brandstofkosten.

Voordelen van zwaardere ULDs kunnen zijn:

- Efficiënter transport in vrachtwagens (stapelen)
- Geen schade aan ULDs
- OVV moet altijd volledig geladen zijn
- Minder randapparatuur nodig voor het afhandelen van ULDs
- Besparingen van tijd; laden, vastzetten lading, vastzetten ULDs, verplaatsen, etc.

Twee ideeën voor het inzetten van ULDs op een constructieve wijze zijn:

- De ULDs worden geplaatst op het bovendek van het OVV. De ULD worden in de lengte richting aan elkaar gekoppeld. Het frame van de ULDs vangt nu een deel van de doorbuiging van het vliegtuig in de lengte richting op. Zie afbeelding 3.
- Het frame van de ULDs kan dienst doen om de huid die over de ULDs wordt geplaatst te ondersteunen. Een deel van het frame van het vliegtuig kan zo worden weggelaten.



Afbeelding 6. Overdreven weergave van de doorbuiging van een vliegtuig

De nadelen van het constructief gebruiken van ULDs is dat de veiligheidseisen nog strenger zullen worden dan ze nu al zijn. Schade aan de ULDs is nu rechtstreeks een veiligheidsrisico voor het OVV. Verder zullen OVVs gedwongen zijn om altijd te vliegen met het maximum aantal ULDs.

## 2.4 Systematische weergave de eisen en wensen

### 2.4.1 De lijst met eisen en wensen betreffende de ULD en de ULD-verwerkingssystemen

De hier genoemde eisen zijn algemene eisen die voor het ontwerpen van ULDs in de beginfase relevant zijn. Ze moeten daarom ook worden gezien als een soort checklist om te controleren of een concept of een idee voldoet aan de algemene standaarden die binnen dit verslag zijn opgesteld voor het gebruik van ULDs binnen een OVV-netwerk. Deze kunnen zullen dan ook worden gebruikt voor het evalueren van concepten in het stappenplan dat in het volgende hoofdstuk zal worden besproken.

De lijst met wensen zijn gebaseerd op de belangen die de actoren hebben bij het ontwikkelen van ULDs en het OVV-netwerk. Deze wensen moeten ook zodanig behandeld worden, en moeten worden gezien als mogelijke aanvulling op de eisen. Bij het ontwikkelen van het verwerkingssysteem voor de ULDs kunnen de wensen van de actoren worden gebruikt om bepaalde ideeën te verantwoorden. Uiteindelijk zal moeten worden geanalyseerd of deze investering ook een positieve bijdrage levert aan het eindproduct.

#### 2.4.1.1 Eisen

##### Algemeen:

1. De ULD mag niet beschadigen onder normaal gebruik
2. De ULD moet de lading beschermen tegen schade tijdens het transport
3. In de ULD moeten extra beschermende maatregelen kunnen worden getroffen voor het beschermen van de lading
4. Er moeten ULDs zijn die het gewicht van een lading van (600kg/m<sup>3</sup>) aankunnen
5. Alle apparatuur die betrokken is bij het verwerken van ULDs moet zijn berekend op het gewicht van de ULD, een eventueel ULD onderstel, het gewicht van de lading (max 600kg/m<sup>3</sup>), en een veiligheidsmarge
6. ULDs die een veiligheidsrisico vormen voor de vlucht moeten altijd worden gedetecteerd
7. Beschadiging aan het OVV door de ULDs moet worden voorkomen
8. Lege ULDs moeten compacter opgeslagen en getransporteerd kunnen worden
9. Onderdelen van de ULDs moeten eenvoudig en goedkoop vervangen kunnen worden
10. De dimensies van de ULDs moeten gestandaardiseerd worden
11. De dimensies van de ULDs moeten aansluiten bij de aërodynamische vorm van de romp van het OVV
12. De ULD moet maximaal gebruik maken van de beschikbare ruimte in het OVV
13. De ULD moet het percentage payload dat vervoerd kan worden per volume maximaliseren
14. ULDs moeten kunnen worden geïdentificeerd
15. ULD moet geïntegreerd kunnen worden met een automatisch transport- en verwerkingssysteem
16. Het transport van ULDs en vracht moet centraal geregeld en georganiseerd kunnen worden
17. Het gebruik van de ULDs moet duidelijk worden gecommuniceerd naar de menselijke gebruikers
18. ULDs moeten voldoen aan eisen van veiligheidsinstanties betreffende ULDs en onbemande vliegtuigen

##### Functioneel

- |                                                                                        |                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. ULD moet met vorkheftrucks opgeslagen kunnen worden                                 | 25. Zware pakketten moeten in de ULD kunnen worden geplaatst                              |
| 2. De ULD moet opgetild kunnen worden                                                  | 26. Lading mag binnen de ULD niet gaan bewegen tijdens transport                          |
| 3. ULD moet koppelbaar zijn met automatische opslag systemen                           | 27. De ULD moet het vastzetten van goederen mogelijk maken                                |
| 4. Specifieke ULDs moeten kunnen worden opgehaald                                      | 28. De bevestiging van de lading moet versnellingen tijdens transport aankunnen           |
| 5. Er moet een goedkoop alternatief zijn om ULDs te kunnen opslaan                     | 29. De "deur" moet de versnellingen van het transport aankunnen                           |
| 6. ULDs moeten in de opslag kunnen worden vastgezet                                    | 30. De "deur" moet afgesloten kunnen worden                                               |
| 7. De opslag moet de ULDs beschermen tegen schade, weer, en wind                       | 31. De "deur" mag het laden en lossen niet in de weg zitten                               |
| 8. Er moet geregistreerd worden waar ULDs zijn opgeslagen                              | 32. De ULD moet de buitenste contour van de lading weergeven                              |
| 9. ULDs moeten tijdelijk op de grond kunnen worden opgeslagen                          | 33. De opbouw moet kunnen worden bekeken of gecontroleerd                                 |
| 10. Op de grond opgeslagen ULDs moeten eenvoudig weer in gebruik genomen kunnen worden | 34. ULDs moeten een eigen ID hebben                                                       |
| 11. ULDs moeten verplaatst kunnen worden met vorkheftrucks                             | 35. Informatie over de ULD moet aangepast kunnen worden                                   |
| 12. De ULD mag niet van de vorkheftruck afvallen                                       | 36. Informatie over de ULD moet beschikbaar zijn en geraadpleegd kunnen worden            |
| 13. ULD moet bestand zijn tegen botsingen bij lage snelheden                           | 37. De ULDs moeten omhoog de vrachtwagen in kunnen worden verplaatst                      |
| 14. ULDs moeten individueel te verplaatsen zijn                                        | 38. Laden van wagens moet kunnen worden gedaan met vorkheftrucks                          |
| 15. ULDs moeten in grote aantallen te verplaatsen zijn                                 | 39. ULDs moeten binnen de vrachtwagen op de correcte positie worden geplaatst             |
| 16. Verplaatsen van veel ULDs moet gestuurd kunnen worden door computer                | 40. De ULDs moeten worden vastgezet in de vrachtwagens                                    |
| 17. Schade aan de ULD moet altijd zichtbaar zijn                                       | 41. ULDs moeten de lading vast kunnen houden bij de versnellingen van de vrachtwagen      |
| 18. Er moet toegang zijn tot een beschrijving van schade toleranties                   | 42. Individuele ULDs moeten geïdentificeerd kunnen worden                                 |
| 19. Controles van ULDs moeten op alle ULDs kunnen worden uitgevoerd                    | 43. Gegevens over de ULDs moeten beschikbaar zijn                                         |
| 20. ULDs moeten in grote aantallen gecontroleerd kunnen worden                         | 44. ULDs moeten door de douane geopend kunnen worden                                      |
| 21. De ULD moet duidelijke eisen opleggen wat betreft de contour van de lading         | 45. ULD moeten naar het vliegtuig kunnen worden verplaatst                                |
| 22. Data moet kunnen worden opgeslagen, en gekoppeld aan de ULD                        | 46. Opstellen van ULDs moet mogelijk zijn om het laadproces te faciliteren                |
| 23. Men moet lading in/op de ULD kunnen plaatsen                                       | 47. Het transport van de ULDs moet garanderen dat de ULDs en het OVV niet in gevaar komen |
| 24. De lading in de ULD moet kunnen worden gepositioneerd                              |                                                                                           |

48. De ULDs moeten allemaal op de correcte posities worden geplaatst
49. ULDs moeten exact geplaatst worden i.v.m. vastzetten
50. ULDs mogen niet kunnen verplaatsen in het laadruim van de OVV
51. Vastzetten van ULDs moet gecontroleerd kunnen worden
52. ULDs mogen nooit losraken of gedeeltelijk zijn vastgezet
53. ULDs moeten alleen op de grond bij stilstand kunnen worden ontgrendeld
54. Het dek van het OVV moet de het gewicht van de ULDs aankunnen bij de maximale versnellingen
55. De lading moet niet (veel) kunnen bewegen in de ULD tijdens de vlucht
56. De ULD moet bestand zijn tegen de versnellingen die op de lading werken
57. ULD moet bestand zijn tegen temperatuur- en drukveranderingen e.d.
58. ULD en OVV moeten de lading beschermen tegen druk- en temperatuurveranderingen
59. (Sommige) speciale typen ladingen moeten binnen de ULD worden beschermd
60. ULD en of OVV moeten brand in ULDs kunnen voorkomen/ onderdrukken

### 2.4.1.2 Wensen

#### ULDs:

1. Het gewicht van de ULDs moet altijd minimaal zijn
2. Het aantal ULDs dat gebruikt gaat worden binnen het OVV netwerk moet worden geminimaliseerd
3. Alle ladingen kunnen in één type ULD worden verscheept
4. ULDs kunnen eenvoudig en goedkoop aangepast worden om het transport van alle ladingen mogelijk te maken en te optimaliseren
5. Het laden van de ULDs moet ergonomisch gebeuren
6. De ULDs moeten het laden snel en efficiënt laten gebeuren
7. Het volume en de dimensies van de ULDs moeten aansluiten bij de te transporteren lading
8. Informatie over de ULD en lading moet tijdens het uitvoeren van bepaalde taken beschikbaar zijn voor het personeel dat met de ULD werkt:
  - 8.1. ULD-TAG
  - 8.2. Draagvermogen
  - 8.3. ODLN
  - 8.4. Bestemming
  - 8.5. Vluchtnummer
  - 8.6. Locatie in OVV
  - 8.7. Eigenaar
  - 8.8. Lading
  - 8.9. Gewicht
  - 8.10. Stabiliteit
9. De ULDs moeten diefstal van lading voorkomen
10. ULDs moeten gestapeld kunnen worden
11. Bepaalde reparaties moeten uitgevoerd kunnen worden om de ULD tijdelijk luchtwaardig te maken
12. De benodigde hoeveelheid verpakkingsmateriaal moet worden verminderd
13. De ULDs kunnen door de verschepers zelf worden geladen
14. Ongetraind of weinig getraind personeel moet kunnen omgaan met de ULDs
15. De hoeveelheid attributen bij ULDs moet beperkt worden (touwen, straps, dividers, etc.)

#### Wegtransport:

16. De maten van de ULDs moeten aansluiten bij de maten van het wegtransport
17. ULDs moeten snel en efficiënt in de vrachtwagens geladen kunnen worden
18. ULDs kunnen vervoerd worden in minimaal gemodificeerde wagens
19. ULDs kunnen door verschepers in bestelbusjes o.i.d. worden vervoerd

#### Afhandelen van ULDs:

20. De ULDs moeten het afhandelen van de ULDs zo veel mogelijk vergemakkelijken
21. Afhandelingssnelheid van de ULDs moet zo hoog mogelijk liggen
22. De ULDs kunnen allemaal gescand en gecontroleerd worden
23. Automatiseren van het afhandelen van ULDs
24. Minimaliseren benodigde apparatuur voor afhandelen ULDs
25. Verschillende "pakketten" randapparatuur voor verschillende hoeveelheden ULDs per uur
26. Opslag van ULDs moet efficiënt (neemt weinig ruimte in) en gestructureerd gebeuren

#### In OVVs:

27. Het gewicht van de ULDs moet functioneel zijn in het OVV
28. De laadtijd van de ULDs in het OVV moet worden geminimaliseerd
29. De vorm van het OVV moet aërodynamisch zijn
30. Mogelijk maken dat specifieke ULDs in en uitgeladen kunnen worden zonder dat de rest er ook uit moet
31. Minimaliseren van de bezettingsgraad voor een winstgevende vlucht

#### Minimaliseren van de kosten:

32. Kosten van de ULDs moeten worden geminimaliseerd
33. De operationele kosten van de ULDs moeten worden geminimaliseerd
34. De kosten verbonden met het wegtransport van ULDs moeten worden geminimaliseerd
35. De aanschafkosten van benodigde randapparatuur voor het afhandelen van de ULDs moet worden geminimaliseerd
36. De extra kosten aan het OVV vanwege de ULDs moeten worden beperkt



## 2.4.2 Het koppelen van de eisen en wensen aan de het ontwerp van de ULDs en het OVV-netwerk

### 2.4.2.1 Over de tabellen

De volgende tabellen zijn gemaakt om de eisen en wensen te koppelen aan het ontwerpproces. Dit wordt gedaan om het ontwerpen van specifieke punten binnen het netwerk makkelijk te maken. Deze tabellen kunnen gebruikt worden in het stappenplan voor het ontwerpen van het OVV-netwerk (paragraaf 3.2). Afhankelijk van het type concept (doelgroep en scenario) dat daar ontwikkeld wordt kunnen de eisen en wensen worden aangepast en aangevuld. De eisen en wensen die in dit verslag zijn opgesteld moeten dienen als basis. De bedoeling is hierbij ook dat hier weinig aan gewijzigd hoeft te worden bij het ontwikkelen van de concepten.

De wijze waarop de tabellen gebruikt moet worden is als volgt. Bij het ontwerpen voor een bepaald subsysteem, rol (actor), of probleem of functie (uit het morfologisch schema, Appendix H)(deze staan boven in de tabel op de x-as) kunnen de relevante eisen en wensen, op de y-as weergegeven, worden gevonden door in de tabel de gemarkeerde vakjes te vinden. Hoe belangrijker de relatie tussen de eis en het te ontwerpen aspect hoe donkerder het vakje (zie volgende pagina).

Op de x-as zijn drie aspecten van het ontwerp uitgezet. Allereerst staan in de tabel de systemen van het OVV netwerk genoemd. Dit is een grove indeling van de belangrijkste systemen in het OVV-netwerk. Het tweede punt in de tabel zijn de rollen, of de actoren, via de tabel kan het belang van een eis of wens voor een actor worden bepaald. Als laatste staan op de x-as in de tabel de problemen en functies uit het morfologisch schema (zie paragraaf 3.1 en Appendix H & I). De hier genoemde problemen en functies moeten binnen het OVV-netwerk worden uitgewerkt en opgelost. Er kunnen door de ontwerper meer functies en problemen worden toegevoegd om meer detail in het ontwerp aan te brengen.

De tabel kan in het stappenplan worden gebruik door relevante eisen bij een bepaald probleem te vinden zodat, hiervoor oplossingen kunnen worden bedacht. Een ander gebruik is de beoordeling van verschillende ideeën via de tabel. Aan de hand van de kleuren van de vakjes die het verband aangeven tussen de het ontwerp en de eis kan het belang van deze eis worden bepaald voor dit deel van het ontwerp.

Inde tabellen in dit verslag wordt de “belangrijkheid” van de verbanden aangeduid met drie iconen (zie tabel 8). De “belangrijkheid” van dat verband dat hier wordt aangegeven, kan worden vertaald naar een cijfer. Dit cijfer maak dat bepaalde eisen in het ontwerp mee meetellen dan andere. Dit is handig voor het nemen van beslissingen en voor de evaluatie van ideeën en concepten. (Voor het geven van de relaties kunnen b.v. ook direct cijfers van 1 tot 10 worden gebruikt. Dit is niet gedaan omdat hier algemene verbanden worden aangegeven en de verbanden tussen andere concepten met andere doelgroepen en scenario's zullen verschillen.)

#### Algemene betekenissen van de iconen:

| Iconen                                                                              | Betekenis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>Invloedrijke relatie:</b> dit wordt gebruikt als de eis of wens een direct verband heeft met het desbetreffende deel van het ontwerp. Hierbij geldt ook het een belangrijke beslissende factor is voor de te ontwerpen functionaliteit.                                                                                                             |
|  | <b>Matige invloed:</b> dit icoon wordt geplaatst in de tabel als de eis of wens relevant is voor het ontwerp, maar van niet cruciaal belang. Dit kan ook worden gebruikt as dit deel van het ontwerp een secundaire rol speelt bij de eis en zijn primaire doel.                                                                                       |
|  | <b>Zwakke invloed:</b> in dit geval is het mogelijk dat er een verband bestaat, dit moet later beoordeeld worden en is sterk afhankelijk van het scenario en van het ontwerp van het systeem. Het kan dus zijn dat dit zeer belangrijk is, maar het kan ook helemaal niet belangrijk zijn voor het ontwerp. Het geeft ook een zeer zwakke relatie aan. |
|  | <b>Geen invloed:</b> Een leeg vak in de tabel betekent dat er geen bekende relatie bestaat. Het is daarmee niet gezegd dat bij een bepaald concept of scenario deze niet bestaat, vandaar dat altijd evaluatie van de eisen en wensen nodig is in het ontwerp traject.                                                                                 |

Tabel 8. Betekenis van de iconen in de eisen en wensen tabellen

## 2.4.2.2 Koppeling tussen de algemene eisen en het ontwerp

| Eis No. | Functie No. | Relevante punten in ontwerp |  | Ontwikkeling van welk systeem: |     |                        |                           |                 |                         |                      |               |                 |              | Van belang voor: |           |                            |                        | Relevantie voor problemen/functionaliiteit uit morfologisch schema: |                     |                              |                     |                        |                          |                                 |                         |                                |                                 |                  |                       |                            |                               |                               |                             |                                        |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---------|-------------|-----------------------------|--|--------------------------------|-----|------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------------|----------------------|---------------|-----------------|--------------|------------------|-----------|----------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|-------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|         |             |                             |  | ULD                            | OVV | Systeem laden van ULDs | Laden ULDs in vrachtwagen | OVV laadsysteem | Intern transportsysteem | Weg transportsysteem | Opslagsysteem | Controlesysteem | Regelsysteem | Verscheper       | Expeditie | Grondpersoneel / Vliegveld | Luchtvaartmaatschappij | 1. Vorm/type ULD                                                    | 2. Verplaatsen ULDs | 3. Verplaatsen ULDs in syst. | 4. Opslag lege ULDs | 5. Opslag geladen ULDs | 6. Het laden van de ULDs | 7. Vastzetten van lading in ULD | 8. Laadruim vrachtwagen | 9. In- en uitladen vrachtwagen | 10. Vastzetten ULDs weg transp. | 11. Laadruim OVV | 12. Laden ULDs in OVV | 13. Vastzetten ULDs in OVV | 14. Het afsluiten van de ULDs | 15. Beschermen tegen diefstal | 16. Beschermen tegen schade | 17. Indefiniticatie & registratie ULDs | 18. Brandveiligheid OVV |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|         |             |                             |  | Algemene eisen                 |     |                        |                           |                 |                         |                      |               |                 |              |                  |           |                            |                        |                                                                     |                     |                              |                     |                        |                          |                                 |                         |                                |                                 |                  |                       |                            |                               |                               |                             |                                        |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1       |             |                             |  |                                |     |                        |                           |                 |                         |                      |               |                 |              |                  |           |                            |                        |                                                                     |                     |                              |                     |                        |                          |                                 |                         |                                |                                 |                  |                       |                            |                               |                               |                             |                                        |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Tabel 9. Algemene eisen uitgezet tegen de te ontwikkelen systemen, de actoren, en de problemen en functionaliteit

### 2.4.2.3 Koppeling tussen de functionele eisen en het ontwerp

| Eis No.                            | Functie No. | Relevante punten in ontwerp                                                        |
|------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Eisen op basis van analyses</b> |             |                                                                                    |
| <b>Functionele eisen</b>           |             |                                                                                    |
| 1                                  |             | ULD moet met vorkheftrucks opgeslagen kunnen worden                                |
| 2                                  | 1           | De ULD moet met opgetild kunnen worden                                             |
| 3                                  |             | ULD moet koppelbaar zijn met automatische opslag systemen                          |
| 4                                  |             | Specifieke ULDs moeten kunnen worden opgehaald                                     |
| 5                                  |             | Er moet een goedkoop alternatief zijn om ULDs te kunnen opslaan                    |
| 6                                  | 2           | ULDs moeten in de opslag kunnen worden vastgezet                                   |
| 7                                  |             | De opslag moet de ULDs beschermen tegen schade, weer, en wind                      |
| 8                                  |             | Er moet geregistreerd worden waar ULDs worden zijn opgeslagen                      |
| 9                                  | 3           | ULDs moeten tijdelijk op de grond kunnen worden opgeslagen                         |
| 10                                 |             | Op de grond opgeslagen ULDs moeten eenvoudig weer in gebruik genomen kunnen worden |
| 11                                 |             | ULDs moeten verplaatst kunnen worden met vorkheftrucks                             |
| 12                                 |             | De ULD mag niet van de vorkheftruck afvallen                                       |
| 13                                 | 4           | ULD moet bestand zijn tegen botsingen bij lage snelheden                           |
| 14                                 |             | ULDs moeten individueel te verplaatsen zijn                                        |
| 15                                 |             | ULDs moeten in grote aantallen te verplaatsen zijn                                 |
| 16                                 |             | Verplaatsen van veel ULDs moet gestuurd kunnen worden door computer                |
| 17                                 | 5           | Schade aan de ULD moet altijd zichtbaar zijn                                       |
| 18                                 |             | Er moet toegang zijn tot een beschrijving van schade toleranties                   |
| 19                                 |             | Controles van ULDs moeten op alle ULDs kunnen worden uitgevoerd                    |
| 20                                 | 6           | ULDs moeten in grote aantallen gecontroleerd kunnen worden                         |
| 21                                 |             | De ULD moet duidelijke eisen opleggen wat betreft de contour van de lading         |
| 22                                 |             | Data moet kunnen worden opgeslagen, en gekoppeld aan de ULD                        |
| 23                                 |             | Men moet lading in/op de ULD kunnen plaatsen                                       |
| 24                                 | 7           | De lading in de ULD moet kunnen worden gepositioneerd                              |
| 25                                 |             | Zware pakketten moeten in de ULD kunnen worden geplaatst                           |
| 26                                 |             | Lading mag binnen de ULD niet gaan bewegen tijdens transport                       |
| 27                                 | 8           | De ULD moet het vastzetten van goederen mogelijk maken                             |
| 28                                 |             | De bevestiging van de lading moet versnellingen tijdens transport aankunnen        |
| 29                                 |             | De "deur" moet de versnellingen van het transport aankunnen                        |
| 30                                 | 9           | De "deur" moet afgesloten kunnen worden                                            |
| 31                                 |             | De "deur" mag het laden en lossen niet in de weg zitten                            |

Tabel 10. Functionele eisen uitgezet tegen de te ontwikkelen systemen, de actoren, en de problemen en functionaliteit, deel 1

| Eis No.           |  | Functie No. |  | Relevante punten in ontwerp                              | Eisen op basis van analyses | Van belang binnen het systeem: |    |                        |                           |                |                         |                      |               |                 |              | Van belang voor: |            |                            |                        | Relevantie voor problemen/functionaliiteit uit morfologisch schema: |                     |                              |                     |                        |                          |                                 |                         |                                |                                 |                 |                      |                           |                               |                               |                             |                                    |                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |
|-------------------|--|-------------|--|----------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----|------------------------|---------------------------|----------------|-------------------------|----------------------|---------------|-----------------|--------------|------------------|------------|----------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------|----------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|
|                   |  |             |  |                                                          |                             | ULD                            | OV | Systeem laden van ULDs | Laden ULDs in vrachtwagen | OV laadsysteem | Intern transportsysteem | Weg transportsysteem | Opslagsysteem | Controlesysteem | Regelsysteem | Verscheper       | Expediteur | Grondpersoneel / Vliegveld | Luchtvaartmaatschappij | 1. Vorm/type ULD                                                    | 2. Verplaatsen ULDs | 3. Verplaatsen ULDs in syst. | 4. Opslag lege ULDs | 5. Opslag geladen ULDs | 6. Het laden van de ULDs | 7. Vastzetten van lading in ULD | 8. Laadruim vrachtwagen | 9. In- en uitladen vrachtwagen | 10. Vastzetten ULDs weg transp. | 11. Laadruim OV | 12. Laden ULDs in OV | 13. Vastzetten ULDs in OV | 14. Het afsluiten van de ULDs | 15. Beschermen tegen diefstal | 16. Beschermen tegen schade | 17. Indefinitie & registratie ULDs | 18. Brandveiligheid OV |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |
| Functionele eisen |  |             |  |                                                          |                             |                                |    |                        |                           |                |                         |                      |               |                 |              |                  |            |                            |                        |                                                                     |                     |                              |                     |                        |                          |                                 |                         |                                |                                 |                 |                      |                           |                               |                               |                             |                                    |                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |
| 32                |  | 10          |  | De ULD moet de buitenste contour van de lading weergeven |                             |                                |    |                        |                           |                |                         |                      |               |                 |              |                  |            |                            |                        |                                                                     |                     |                              |                     |                        |                          |                                 |                         |                                |                                 |                 |                      |                           |                               |                               |                             |                                    |                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | </ |

Tabel 11. Functionele eisen uitgezet tegen de te ontwikkelen systemen, de actoren, en de problemen en functionaliteit, deel 2

#### 2.4.2.4 Koppeling tussen de wensen en het ontwerp

[illegible]

Tabel 12. Wensen uitgezet tegen de te ontwikkelen systemen, de actoren, en de problemen en functionaliteit, deel 2

### 3 Het ontwikkelen van ideeën en concepten

*In dit hoofdstuk zal worden geïllustreerd hoe, op basis van de analyses die zijn uitgevoerd in het tweede hoofdstuk, ideeën kunnen worden bedacht en concepten kunnen worden uitgewerkt. Dit zal gebeuren in drie stappen:*

*Allereerst zal een groot aantal ideeën worden gepresenteerd dat in de loop van dit project is bedacht. Deze ideeën zullen per functie of probleem dat ze oplossen, worden gepresenteerd in een morfologisch schema: Appendix H&I.*

*Ten tweede zal een stappenplan worden gegeven voor het uitwerken van concepten. Dit zal gebeuren op basis van de ontwikkelde ideeën en de kennis die is gepresenteerd en verwerkt in de analyses en de appendix. De informatie over het systeem wordt gecombineerd met scenario-specifieke informatie om uiteindelijk randvoorwaarden voor het ontwerp op te kunnen stellen.*

*Als laatste zal een voorbeeld worden gegeven van de uitwerking van een proefconcept. Dit zal gebeuren om het stappenplan te verduidelijken en een aantal van de uitwerkingen die al zijn bedacht te presenteren. Overige conceptideeën zijn te vinden in Appendix J.*

#### 3.1 Oplossingen en ideeën

Tijdens dit project is ook een groot aantal ideeën bedacht die mogelijk ingevoerd zouden kunnen worden in het OVV-netwerk. Deze ideeën vormen deeloplossingen voor de noodzakelijke functionaliteit in het OVV-netwerk en zijn met name toegespitst op de afhandeling en het gebruik van de ULDs. De gehele lijst met ideeën is te vinden in Appendix H.

De ideeën komen oorspronkelijk uit een morfologisch schema<sup>32</sup>, dit wil zeggen dat de y-as problemen of functies aangeeft en dat op de x-as oplossingen worden genoteerd voor deze problemen en functies. Zo kan een overzicht worden verkregen in alle beschikbare ideeën en oplossingen. Deze kunnen ook door uit elke rij één te kiezen worden gecombineerd tot een concept.

De categorieën waarin de ideeën zijn opgesplitst zijn

- Vorm en type ULD
- Het verplaatsen van de ULDs (zonder speciale transport systemen)
- Het verplaatsen van de de ULDs (binnen een efficiënt transport systeem)
- Opslaan van lege ULDs
- Opslaan van geladen ULDs
- Laden van de ULDs
- Vastzetten van de lading in de ULD
- Laadruim van de “vrachtwagen” (transport via de weg)
- In - en uitladen van de vrachtwagen
- Vastzetten van ULDs en slave-pallets tijdens het weg transport
- Laadruim OVV
- Laden van ULDs in het OVV
- Het vastzetten van ULDs in het laadruim van een OVV
- Het afsluiten van de ULDs
- Beschermen van de lading tegen diefstal
- Beschermen van de ULD tegen schade
- Identificeren, inchecken, en de regulaties van de ULD
- Onderdrukken brand in de ULD of in het OVV

De in deze categorieën genoemde ideeën kunnen worden gebruikt als basis voor het uitwerken van de concepten zoals dit wordt besproken in de volgende paragraaf. Deze ideeën kunnen natuurlijk worden aangevuld en uitgebreid.

Naarmate het conceptontwerp van de ULDs en het OVV-netwerk vordert moet het aantal onderwerpen in het morfologisch schema worden uitgebreid om kleinere problemen op te lossen of oplossingen te vinden voor extra functionaliteit van het systeem. Als alle nieuwe ideeën op deze wijze worden vastgelegd is het eenvoudig om nieuwe combinaties te maken en zo tot nieuwe concepten te komen.

---

<sup>32</sup> Appendix I. Een foto van het oorspronkelijke morfologische schema uitgewerkt binnen dit project

### 3.2 Bepalen van een ontwerprichting: het opstellen van een scenario

Het doel van dit project was om richting te geven aan het ontwikkelen van ULDs en het OVV-netwerk dat het mogelijk moet maken om een transportnetwerk op te zetten op basis van onbemande vrachtvliegtuigen. Om dit mogelijk te maken wordt binnen dit hoofdstuk een stappenplan gepresenteerd voor de ontwikkeling van concepten voor ULDs en het OVV-netwerk.

Om dit te kunnen doen zijn in het eerste deel van het verslag verschillende analyses uitgevoerd betreffende de relevante gebieden voor het ontwikkelproces. Deze analyses moeten de basis vormen voor verder, gedetailleerder, onderzoek naarmate het project vordert. Met het uiteindelijke doel om een kennis database te hebben op basis waarvan steeds gedetailleerde concepten gegenereerd kunnen worden. Op basis van de huidige analyse is het al mogelijk om, zoals gezien in de vorige paragraaf, relevante ideeën te ontwikkelen voor een dergelijk netwerk. Ook zal in de rest van het verslag blijken dat ook ongedetailleerde concepten bedacht kunnen worden.

In de volgende paragraaf wordt getracht een algemeen stappenplan te beschrijven dat het mogelijk maakt om vanuit deze ideeën tot concepten te komen. Dit plan zal ook functioneren als het proces zich in een later stadium bevindt, door meer detail toe te voegen in de discussies in het stappenplan en door het morfologisch schema uit te breiden met meer gedetailleerde problemen of functies waarvoor oplossingen bedacht moeten worden.

#### *Stap 1: Selecteer de doelgroep:*

De eerste stap van het scenario is een keuze maken voor de belangrijkste doelgroep van het transport. Het maken van deze keuze heeft een grote invloed op het functioneren van het transportnetwerk. Het kan daarom handig zijn om het uitwerken van concepten oppervlakkig te doen voor verschillende doelgroepen. Op deze manier wordt aantal brede conceptringingen duidelijk waaruit de eerste keuze gemaakt kan worden.

#### 1.1 Maken van een keuze voor een doelgroep

De opties voor het kiezen van een doelgroep moeten heel breed worden gezien. Het is bijvoorbeeld mogelijk om voor een allround netwerk te kiezen waarin geen voorkeur is voor een bepaald type transport en alles mogelijk is; zoals in het huidige systeem. Een aantal andere opties zijn:

- **Concurrentie met vrachtwagens:** snel transport over de korte afstand van kleine hoeveelheden lading.
- **Specialistisch transport voor bedrijven:** nadruk op het verzorgen van veilig transport van speciale ladingen in OVV's: het OVV en de ULDs moeten heel flexibel zijn.
- **Massatransport van goederen:** de focus ligt op het goedkoop transporteren van zo veel mogelijk lading. ULDs zijn ingericht op het vervoeren van standaard verpakkingen.
- **Shipper-build netwerk:** het OVV-netwerk is gericht op het door de verscheper zelf laten opbouwen van ULDs. Veel verschillende ULDs voor verschillende voorwerpen.

Er kan door de ontwerpers natuurlijk ook een heel andere doelgroep worden geselecteerd die heel andere voorkeuren heeft.

#### 1.2 Opstellen randvoorwaarden bij doelgroep

De keuze voor een bepaalde doelgroep vormt een frame waarbinnen het OVV-netwerk kan worden ontworpen. De vragen die voor de gekozen doelgroep moeten worden beantwoord zijn:

- Hoe willen de verscheper en de expediteur omgaan met de ULDs? Wie gaat ze laden? Hoe gaat het transport?
- Welke ladingstypen moeten vervoerd kunnen worden door het OVV-netwerk?
  - Diverse ladingstypen
  - Verpakkingen verschillende groottes
  - Veiligheid i.v.m. speciale ladingen (paragraaf 2.3.3.3.)
  - Het gebruik van gestandaardiseerde dozen (paragraaf 2.3.3.1.)
  - Losse vracht die veel moet worden vastgezet
- Welke aspecten van het transport zijn belangrijk voor de doelgroep? (snelheid, veiligheid lading, etc.)
- Hoeveel vracht zal de gekozen doelgroep willen verscheperen via het OVV-netwerk?

Het resultaat van deze stap:

- Een doelgroep
- Rol van de actoren m.b.t. de ULD
- Type lading
- Karakteristieke eigenschappen van het OVV-netwerk
- Indicatie van de hoeveelheid vracht

### *Stap 2: Omschrijven van het gehele OVV-netwerk*

Op basis van de gekozen doelgroep wordt een scenario opgesteld dat het gehele OVV-netwerk beschrijft. In dit scenario wordt de algemene werking van het netwerk beschreven. Dit beperkt zich tot het beschrijven waar welke taak wordt uitgevoerd en in welke volgorde de taken uitgevoerd moeten worden.

Het is mogelijk dat hier al wordt gebrainstormd en nagedacht over mogelijke concepten voor het OVV-netwerk. Deze concepten kunnen richting geven aan de opzet van het systeem, maar de uitwerking moet hier nog niet worden ingevuld. De ideeën kunnen later worden toegevoegd zodat ze vergeleken kunnen worden met de overige ideeën. Dit voorkomt dat met zich blindstaart op één idee.

Dit scenario moet voldoende gedetailleerd zijn om de volgende vragen te kunnen beantwoorden

## **2.1 Functionele flowchart opstellen van OVV-netwerk**

Op basis van het geschreven scenario kan een flowchart worden gemaakt van het transportproces. Deze kan worden gemaakt op basis van de flowchart in Appendix B. De flowchart in de appendix is een basis voor het standaard OVV-netwerk en kan relatief eenvoudig worden aangepast door de functies anders te verdelen en de volgorde van de functies te veranderen.

Het doel van deze flowchart is het indelen van de functionaliteit van het systeem, zodat bepaald kan worden welke functies waar en hoe vaak uitgevoerd moeten worden. Deze verdeling van de functionaliteit kan een nieuwe verdeling van de eisen en wensen, en de actoren opleveren. Deze kunnen worden ingevoerd in de tabellen bij het PvE (programma van eisen) zoals ook wordt beschreven in het derde punt binnen deze paragraaf.

## **2.2 Hoeveelheid vracht per vliegveld**

Het scenario moet ook een indicatie geven over hoe de vliegvelden waar de OVVs gebruik van gaan maken verdeeld liggen in een regio en waar het OVV-netwerk wordt toegepast. Deze informatie samen met de informatie van de doelgroep over hoeveel lading verscheept gaat worden geeft een goede indicatie van de hoeveelheid vracht die op een vliegveld afgehandeld moet worden in een bepaalde tijdseenheid.

Tussen vliegvelden op verschillende locaties kan de hoeveelheid vracht die afgehandeld moet worden ook erg verschillen. Op het ene vliegveld is het heel druk terwijl op een ander vliegveld één vliegtuig per twee uur komt.

Op basis van dergelijke observaties kunnen in de volgende fase beslissingen worden genomen over de hoeveelheid automatisering en hoe het systeem opgezet gaat worden.

## **2.3 Controleren en aanvullen van de eisen, en de wensen van de actoren**

Op basis van het scenario voor het transport en de gekozen doelgroep moet het programma van eisen en wensen worden gecontroleerd. Hierbij moet worden vergeleken of alle eisen en wensen nog van belang zijn. Bepaalde belangen kunnen ook worden gepromoveerd tot eisen als deze in dit systeem zeer belangrijk worden geacht.

Het toevoegen van eisen en belangen op basis van het scenario is ook mogelijk. Als een de uitwerking van het concept tot op een hoger detailleringsniveau moet worden uitgewerkt, is het toevoegen van belangen en eisen zelfs noodzakelijk in deze fase om voldoende richting te geven aan het ontwerp en om het maken van keuzes tussen verschillende oplossingen mogelijk te maken.

De nieuwe eisen en wensen kunnen ook worden ingevuld in een tabel zoals gebruikt in paragraaf 2.4.2 om onderlinge verbanden tussen de eisen en wensen, en de verschillende delen van het ontwerp en specifieke problemen te verduidelijken. Later in het ontwerp proces kan dit erg handig zijn.



### *Stap 3: Het maken van ontwerpbeslissingen betreffende de ULDs en het OVV-netwerk*

Nu een beeld is verkregen van hoe het systeem zal opereren, is het belangrijk dat er een aantal noodzakelijke beslissingen wordt gemaakt dat een aantal aspecten van het ontwerp zal vastleggen. Deze beslissingen moeten worden genomen met de doelgroep en het scenario in het achterhoofd, zodat de conclusies van deze stap conformeren met de gekozen ontwerprichting.

De punten die hier worden genoemd moeten niet sequentieel worden uitgevoerd. Veel van de hier genoemde punten en beslissingen moeten tegen elkaar worden afgewogen. De beslissingen die hier worden gemaakt hebben vaak ook invloed op andere beslissingen en op de rest van het systeem. Het maken van een bepaalde beslissing kan het beste met meerdere mensen worden genomen tijdens een uitgebreide discussiesessie waar zo veel mogelijk punten van het ontwerp worden belicht.

Het is goed mogelijk dat bepaalde belangrijke beslissingen hier niet bij staan, maar die wel belangrijk zijn voor het concept zoals dat uit de vorige stappen komt. Deze punten moeten hier dan ook worden besproken.

Aan het eind van deze stap moeten er duidelijke richtlijnen zijn betreffende de hier volgende punten:

#### **3.1 Bepalen types ULD die gebruikt gaan worden**

Er moet een plan worden gemaakt om te voldoen aan de belangen van de doelgroep betreffende het vervoeren van verschillende soorten ladingen. Dit plan moet bestaan uit een lijst met alle verschillende typen ULDs die zullen worden ontwikkeld, of een lijst met aanpassingen die moet worden gemaakt van één type ULD om transport van alle ladingen mogelijk te maken. Hierbij moet ook gedacht worden aan het onderscheid tussen pallets en containers voor het transport en de verschillen die dit maakt.

Relevante secties uit de analyse: Appendix H.1; 2.3.1.1; 2.3.1.2 & 2.3.3.3

#### **3.2 Balans tussen veel goedkope ULDs en weinig dure ULDs**

Er moet een beslissing worden genomen over hoeveel functionaliteit in de ULDs geïmplementeerd dient te worden. Deze afweging is vrij lastig te maken, en kan tijdens het genereren van ideeën worden aangepast omdat er een zeer handige functie aan de ULD toegekend kan worden. Vooraf is het echter belangrijk dat aan de hand van het scenario en de doelgroep een beeld wordt gevormd van hoe de ULDs zullen worden gebruikt in het netwerk. Er moet worden besloten of de ULDs een belangrijk deel van het transportsysteem zullen vormen of dat ze goedkope, vervangbare, onderdelen zijn.

Relevante secties uit de analyse: 2.2.3.1; 2.3.1.1; 2.3.2.1

#### **3.3 Aanpasbare ULDs voor andere fases**

Tijdens bepaalde fasen van het transport kunnen de ULDs extra functionaliteit of bescherming krijgen door gebruik te maken van slave-pallets, frames, of onderstellen. Dit soort apparaten kunnen aan de ULDs worden bevestigd om de functionaliteit van de ULDs te vergroten of de ULDs extra te beschermen tijdens het transport. Het gebruik van dit soort onderstellen heeft zowel voor- als nadelen, vandaar dat zorgvuldig moet worden bepaald hoe, waar, en of dit soort modificaties aan ULDs gewenst zijn binnen het OVV-netwerk.

Relevante secties uit de analyse: 2.2.3.2; 2.2.3.3; 2.2.3.5; 2.3.3.5

#### **3.4 Balans tussen gewicht, schadegevoeligheid, en stijfheid en sterkte**

Het nemen van een beslissing over hoe de balans moet zijn in het OVV-netwerk, tussen de verschillende cruciale eigenschappen van de ULDs: het gewicht, de schadegevoeligheid, en de stijfheid en sterkte van ULDs.

Relevante secties uit de analyse: 2.3.1.2; 2.3.1.3; 2.3.2.1

#### **3.5 Dimensionering van de ULDs**

De maten van de ULDs moeten worden vastgelegd. De dimensionering is afhankelijk van een heleboel verschillende aspecten. Het is heel lastig om precieze afmetingen te kunnen geven, daarom wordt deze beslissing vaak gekoppeld aan andere onderdelen van het ontwerp. Een voorbeeld hiervan is:

*Er komen drie maten ULDs: De eerste ULD is een container en neemt de volledige breedte van het laadruim van de OVV in beslag. De tweede set zijn halve containers die de helft van het laadruim innemen. De derde set zijn pallets die koppelbaar zijn, één pallet neemt de helft van de breedte van het*

*laadruim in. De diepterichting van de ULDs is de breedterichting in de vrachtwagen. Één container of pallet neemt een derde van de breedte van de vrachtwagen en, maximaal 800mm. De hoogte van de containers is afhankelijk van de dimensies van het OVV en van de te gebruiken standaardverpakkingen. De containers zijn echter bovendecontainers met een contour.*

Een dergelijke omschrijving van de maten van de ULDs geeft al een heleboel houvast tijdens de uitwerking van de ULDs.

Relevante secties uit de analyse: 2.3.3.4

### **3.6 Automatisering van het OVV-netwerk en het afhandelen van ULDs**

Er moet worden beslist welke processen geautomatiseerd kunnen worden om het systeem efficiënter te laten opereren. De keuze om bepaalde delen van het proces te automatiseren heeft vaak te maken met de opzet van het OVV-netwerk en de hoeveelheid vracht die binnen een bepaalde tijdseenheid afgehandeld moet worden.

Deze beslissing wordt tijdens het kiezen van oplossingen voor bepaalde delen van het OVV-netwerk gebruikt als uitgangspunt. Tijdens de uitwerking van het concept kan dit nog gewijzigd worden als blijkt dat een bepaalde combinatie van oplossingen leidt tot een beter werkend concept.

Relevante secties uit de analyse: 2.2.3.3; 2.2.3.4

### **3.7 ULD registratie- en trackingsysteem**

Er moet worden beslist welke informatie wordt opgeslagen van de ULDs en hoe deze wordt verstrekt aan verschillende aspecten van het systeem. Het bepalen van welke informatie nodig is wordt gekozen op basis van het scenario, en in overeenstemming met het automatiseren van bepaalde processen. Voor het automatiseren van bepaalde taken of systemen kan het belangrijk zijn dat bepaalde informatie over de lading of de ULD beschikbaar is voor het systeem.

Relevante secties uit de analyse: 2.2.3.3; 2.2.3.4; 2.2.4.5; 2.2.4.6;

### **3.8 Additionele functionaliteit aan de ULDs**

Afhankelijk van het type concept dat wordt ontwikkeld kan functionaliteit aan de ULD worden toegekend. Het is hierbij belangrijk om in combinatie met de andere beslissingen te bepalen waar een interface is tussen een ander systeem en de ULD. Bij deze interfaces moet vervolgens worden bepaald of de ULD een bijdrage kan leveren om het proces horend bij deze interface beter te laten verlopen.

De interfaces die in alle situaties behandeld moeten worden zijn de interfaces tussen de ULD en:

- Vorkheftruck
- Transportsysteem
- Opslag
- Vrachtwagen
- OVV

Tijdens het bedenken van het scenario of het discussiëren over de de beslissingen kunnen nieuwe interfaces worden gedefinieerd. Deze moeten hier ook worden besproken worden om te bepalen welke rol de ULD zal spelen binnen die interface; zal de ULD aangepast worden of zal de ULD een passieve rol spelen. (Nieuwe interfaces moeten in het morfologisch schema worden genoteerd langs de y-as zodat hier ook meerdere oplossingen voor bedacht kunnen worden.)

De hoeveelheid functionaliteit die wordt toegekend moet in overeenstemming zijn met de in 3.2 bepaalde koers wat betreft het concept.

Relevante secties uit de analyse: 2.2.3.1; 2.2.3.3; 2.2.3.5; 2.3.2.1; 2.3.3.5

### **3.9 Type laadruim voor het OVV**

Het transport in het OVV is uiteindelijk de belangrijkste taak van de ULD. Hier moet de ULD de taak vervullen waarvoor hij oorspronkelijk ontwikkeld is. Er moet dus worden bepaald hoe de romp van het OVV zal functioneren. In de analyse zijn een aantal punten naar voren gebracht die hierbij van belang zijn. De beslissingen die hier genomen moeten worden zijn geen beslissingen betreffende vorm, constructie, of type OVV, er moeten een aantal algemene richtlijnen voor de operatie worden opgesteld betreffende:

- De veiligheid van het transport van goederen in ULDs in het OVV
- Het type laadruim dat wordt toegepast
- De wijze van laden van het OVV
- De dimensionering van het laadruim en hoe de ULDs worden geplaatst
- Snel in- en uitladen van individuele ULDs (tussenstops van het OVV)

Er moet ook worden gekeken of de ULDs een functionele rol in het laadruim kunnen vervullen. Deze keuze kan worden gemaakt doordat er al bepaalde functionaliteit in de ULDs aanwezig is die ook gebruikt kan worden in het OVV.

Relevante secties uit de analyse: 2.2.4

#### *Stap 4: Het genereren van ideeën en nieuwe oplossingen*

Op basis van de gekozen conceptringing kunnen nu nog extra ideeën worden toegevoegd aan het morfologische schema dat al bestaat in Appendix H. Het is altijd goed om zo veel mogelijk ideeën op te schrijven in het morfologisch schema. Ook is aan te raden dat als er iets wordt bedacht tijdens een brainstormsessie, dit gelijk wordt opgeschreven, in welke fase van het ontwerp men zich ook bevindt. Deze ideeën kunnen in een later stadium relevant blijken.

Het doel van het morfologisch schema is voor de ontwerper om verbanden te kunnen zien tussen ideeën die mogelijk niet aan elkaar gerelateerd lijken. Door hiervan gebruik te maken is het eenvoudig om te zien dat bepaalde oplossingen binnen het gehele systeem handig kunnen zijn. Binnen elke rij van het schema kunnen de concurrerende ideeën met elkaar worden vergeleken. In combinatie met een overzicht van het systeem kunnen zo de beste ideeën worden gekozen voor een bepaald concept.

Afhankelijk van hoever het concept uitgewerkt moet gaan worden, moeten er meer problemen of functies worden toegevoegd aan het morfologisch schema. Deze kunnen uiteindelijk zeer gedetailleerd worden en zelf alleen relevant zijn bij een beperkt aantal gekozen oplossingen.

#### *Stap 5: Beoordelen van ideeën en samenstellen van een concept*

Het maken van een keuze voor bepaalde oplossing moet gebeuren op basis van het algemene, het functionele, en het scenario- en doelgroepspecifieke programma van eisen en wensen. Het is zeer veel werk om alle ideeën te toetsen aan alle eisen, daarom is het handig om de eisen en wensen in een tabel te zetten zoals gedaan in paragraaf 2.4.2. Hierdoor is het namelijk eenvoudiger om te zien welke eisen en wensen relevant zijn voor in een bepaalde fase van het proces en voor bepaalde ontwerp beslissingen.

De kleuren die in de tabel zijn gebruikt om de mate van verband tussen de twee aspecten aan te geven kunnen worden gezien als een soort “belangrijkheid” van de eis of wens. Bij het maken van de keuzes kunnen cijfer-waarden worden toegekend aan de belangrijkheid op basis van de kleur van het vakje en het scenario en de doelgroep. Door deze te vermenigvuldigen met een waarde gegeven aan de kwaliteit van het idee kan een maatstaf worden gecreeërd voor het beoordelen van ideeën.

Men moet zich realiseren dat de hierboven beschreven methode geen rekening houdt met de onderlinge integratie tussen de verschillende oplossingen en subsystemen. De keuzes moeten dus altijd worden doorgesproken en beoordeeld binnen het gehele concept.

#### *Stap 6: Uitwerken van het concept*

De uitwerking van het concept kan zo uitgebreid zijn als relevant is voor het stadium waarin het project zich bevindt en wat het doel van het concept vereist. Er zijn echter een aantal belangrijke stappen die gedaan moeten worden om tot een goed geïntegreerd eindconcept te komen.

De eerste stap in het proces betreft de integratie van alle deelsystemen, dit is het uitwerken van de interfaces tussen alle elementen van het OVV-netwerk. De tweede stap is het detailleren en uitwerken van het ontwerp. Hiervoor kan zo veel of zo weinig detail worden gebruikt als gewenst, het gaat erom dat alle elementen van het ontwerp worden uitgetekend en maatgegeven. Dit gebeurt vaak in combinatie met de laatste fase: het toekennen van materialen. Voor het doen van berekeningen aan bepaalde elementen van het ontwerp is het nodig dat het materiaal dat wordt gebruikt is gedefinieerd.

### **6.1 Zorg voor intergratie van deeloplossingen**

De geselecteerde oplossingen en functionaliteit is meestal niet op elkaar afgestemd, het is daarom allereerst belangrijk de interfaces tussen de verschillende systemen te evalueren. De evaluatie vindt plaats door allereerst alle interfaces te inventariseren en de overgang of verbinding te omschrijven.

Op basis van de evaluatie kunnen aansluitingen worden ontworpen of omschreven die voldoen aan de eisen en wensen en het concept. Het is ook belangrijk dat wordt gekeken of de oplossingen niet de werking van het concept als geheel beperken en dus niet efficiënt blijken te zijn. Als het niet mogelijk blijkt te zijn om goede oplossingen te bedenken moeten andere functionaliteiten of oplossingen worden gekozen in het morfologisch schema.

### **6.2 Detaillering van het ontwerp**

Nu de gedetailleerde werking van het concept is opgesteld en alle overgangen tussen de verschillende systemen zijn opgelost, moeten alle elementen van het OVV-netwerk en de functionaliteit worden vormgegeven. De ULDs, randapparatuur, en detailoplossingen moeten allemaal worden uitgewerkt. De mate van uitwerking hangt ook hier of van het stadium van het project waarin het concept gebruikt gaat worden.

### **6.3 Materiaalkeuze**

Het toekennen van materialen gebeurt vaak in combinatie met de detaillering aangezien de keuze voor een materiaal de vorm vaak al ten dele bepaalt. Ook zijn bepaalde productiemethoden voor een bepaald materiaal geschikter dan voor een ander, hetgeen betekent dat bepaalde onderdelen, afhankelijk van de vorm, het beste uit een bepaald materiaal gemaakt kunnen worden omdat dit goed bij de productiemethode past.

Het evalueren van onderdelen kan in een eindig elementen programma als de belastingen op het specifieke onderdeel bekend zijn. Dit is een goede evaluatiemethode om te testen of de ontworpen onderdelen voldoen.

#### *Stap 7: Toetsing aan programma van eisen en wensen*

Aan het eind van het ontwikkelen van het concept moet er worden geëvalueerd. De toetsing aan het programma van eisen en wensen kan op dezelfde wijze worden uitgevoerd als het testen van individuele ideeën in stap 5 van het stappenplan. Alleen wordt hier het gehele systeem van het OVV-netwerk geëvalueerd in tegenstelling tot een enkel idee.

Het is vaak verstandig om de evaluatie van meerdere concepten gelijktijdig te doen. Op deze manier kunnen de beoordelingen van bepaalde aspecten van het ontwerp ten opzichte van elkaar worden gedaan. Dit maakt het mogelijk om de concepten echt met elkaar te vergelijken. Als alle concepten apart van elkaar worden beoordeeld zeggen de cijfers niet zoveel, omdat de ene beoordeling veel strenger uitgevoerd kan zijn dan de andere.

### 3.3 Het uitwerken van een concept op basis van het stappenplan

Ter illustratie van het stappenplan zal één concept worden uitgewerkt op basis van de huidige eisen, ideeën. Dit concept zal niet tot in detail worden uitgewerkt maar dient als een illustratie van hoe het stappenplan gebruikt dient te worden. In Appendix J staat een aantal andere concepten die zijn bedacht gedurende dit project. Deze zijn echter niet uitgewerkt.

*Uitwerking concept 1: OVV-netwerk voor transport van consumentengoederen vanuit de fabriek*

#### **Stap 1: Selecteer de doelgroep**

##### *De doelgroep*

De doelgroep van dit concept zijn fabrikanten en grote productiecentra. Deze doelgroep heeft belang bij het massaal transporteren van consumentengoederen vanuit hun fabrieken. Het gaat hierbij om het transporteren van grote hoeveelheden standaard verpakte gebruiksartikelen die rechtstreeks uit de productiecentra verscheept moeten worden naar allerlei bestemmingen over de wereld.

##### *De randvoorwaarden*

Omgang met ULDs van de actoren:

**De verscheper** - De fabrieken die gebruik willen maken van het OVV-netwerk willen in veel gevallen de optie hebben om direct na de productielijn de vracht in containers of op pallets te laden voor het luchttransport. Op deze manier hoeven de producten niet nog een keer overgeladen te worden.

**De expediteur** - De expediteur heeft twee taken. Allereerst (als de verscheper zelf de ULDs opbouwt) het transporteren van de ULDs naar het locale vliegveld. Ten tweede het laden van ULDs (op het vliegveld met goederen van bedrijven die zelf niet het risico willen lopen om de ULDs in te pakken). In de tweede situatie hoeft er geen transport van de ULDs plaats te vinden.

De te transporteren ladingstypen:

Het grootste deel van de ladingen die getransporteerd zullen worden zijn verpakt in standaard dozen. Dit transport is eenzijdig vanuit de fabrieken. Het is mogelijk dat de OVVs naar de fabrieken toe grondstoffen transporteren, zodat de terug vlucht ongeladen zal plaatsvinden.

Het kan ook relevant zijn dat het systeem de vrijheid heeft om ook andere standaard ladingstype efficiënt te kunnen vervoeren. Het transporteren van zware en grote ladingen kan ook belangrijk zijn, zodat het mogelijk is voor de fabrieken om machines, machine onderdelen, of constructiematerialen te kunnen vervoeren.

Belangrijke aspecten van het transport voor de doelgroep:

De fabrieken die de vracht vervoeren maken gebruik van het luchttransport, opdat lokale voorraden van producten snel aangevuld kunnen worden en hun lokale voorraden verminderd kunnen worden. Om dit te realiseren is de snelheid van het doorvoeren van de lading zeer belangrijk. De wachttijden van lading moeten worden verkort en de vluchtfrequentie moet hoog zijn.

Een ander belang is het beperken van het aantal beschadigde producten. De duur van transport in het OVV-netwerk maakt al dat de kans op ongelukken voor elk product wordt verminderd. Het is echter ook belangrijk dat de omgang met de lading in elke fase van het transport veilig gebeurt.

De aansluiting van de ULDs op de productielijnen en de mogelijkheid om ULDs automatisch te kunnen laden zijn interessante opties voor de fabrieken. Het ontwerp van de ULDs moet hierop in spelen.

Het vergrendelen van de ULDs kan belangrijk zijn bij kostbare ladingen die door bedrijven verscheept gaan worden.

Hoeveelheid vracht die door de doelgroep verscheept gaat worden:

Er zal vanuit de fabrieken een grote hoeveelheid goederen getransporteerd moeten worden. Hierdoor is het intern transport van ULDs bij de verscheper al een aandachtspunt. De ULDs moeten eenvoudig doch efficiënt verplaatst kunnen worden.

Overig transport van goederen zal ook binnen dit OVV-netwerk kunnen, maar de hoeveelheid lading zal hier veel beperkter zijn.

## Stap 2: Omschrijven van het gehele OVV-netwerk

Een korte omschrijving van het OVV-netwerk op basis van deze doelgroep en dit concept:

*Het transport begint bij de fabrikanten, deze zullen het grootste deel van de te transporteren lading voor het OVV-netwerk aanleveren. Zoals gezegd zullen de fabrikanten graag zelf ULDs willen laden om dit proces te integreren met hun productielijn. Om dit te realiseren is het noodzakelijk dat binnen de fabrieken ULDs worden opgeslagen. Deze ULDs moeten binnen het bedrijf getransporteerd worden en worden gecontroleerd op schade. Vervolgens moeten de ULDs worden geladen met vracht. Deze lading moet gecontroleerd worden vastgezet en de ULDs moeten worden afgesloten om de lading te beschermen en binnen te houden. Deze geladen ULDs moeten vervolgens worden opgeslagen.*

*De ULDs worden door de expediteur met vrachtwagens opgehaald. De ULDs moeten van de opslag getransporteerd worden naar de vrachtwagens en daar worden ingeladen. De ULDs moeten gebruik maken van het gehele beschikbare volume van de vrachtwagen. Vervolgens worden ze naar het vliegveld getransporteerd. Daar worden de ULDs nog een keer gecontroleerd voordat ze worden overhandigd aan het grondpersoneel.*

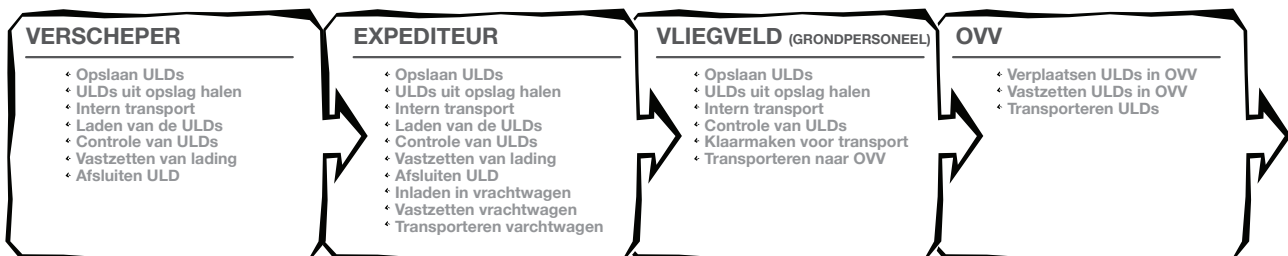
*De expediteur bouwt echter ook zelf ULDs op voor klanten. Dit kunnen samengestelde vrachten zijn van particulieren of opbouw voor bedrijven. Op het vliegveld waar de expediteur zit is ook een voorraad ULDs aanwezig. Hier vindt dus ook opslag van ULDs plaats. Alle ULDs worden door de expediteur ingecheckt en geregistreerd, zodat alle data over de ULD beschikbaar zijn.*

*Op het vliegveld worden de geladen ULDs opgeslagen totdat ze getransporteerd kunnen worden. Het verplaatsen en de opslag van de ULDs moet waarschijnlijk deels worden geautomatiseerd vanwege het grote aantal ULDs. Op het vliegveld worden voor het laden de ULDs nogmaals gecontroleerd. Ook is het mogelijk dat een check door de douane plaatsvindt. Het grondpersoneel transporteert vervolgens de ULDs naar het OVV.*

*De ULDs worden in de OVV geladen, vastgezet, en naar hun eindbestemming gevlogen waar de ULDs weer los worden gemaakt, en uit het OVV worden gehaald.*

*De ULDs worden op het vliegveld van bestemming weer afgehandeld door het grondpersoneel en vervolgens overhandigd aan de expediteur en zo naar de klant gebracht.*

### Opstellen van een flowchart



Afbeelding 7. Flowchart van het OVV-netwerk binnen dit concept. Functies die uitgevoerd moeten worden staan per fase aangegeven

### Bepalen van de hoeveelheid vracht per vliegveld

Op basis van de omschrijving van het systeem is te zien dat bij de distributiecentra en vliegvelden bij de fabrieken zeer veel lading afgehandeld moet worden. Deze lading wordt door het OVV-netwerk over een heleboel locaties verspreid, elk ontvangend vliegveld zal dus veel minder lading ontvangen dan wordt verzonden. Bij het vliegveld en distributiecentrum waar de vracht wordt afgeleverd zal de belasting van het ULD-afhandelingsysteem dus minder zijn. Er moeten dus verschillende typen systemen worden ontwikkeld waarmee de ULDs worden afgehandeld.

De ULDs zullen hun terugvlucht vaak leeg moeten maken. Dit betekent dus tevens dat de OVVs ook leeg moeten kunnen opereren. Aan de zijde van de ontvangende partij kunnen de OVVs ook het transport doen van kleine hoeveelheden lading en speciale lading tussen lokale vliegvelden. Het systeem voor het afhandelen van ULDs moet dit wel mogelijk maken.

## Controle en aanvulling van het programma van eisen en wensen

Er zal in deze paragraaf een aantal extra eisen worden gegeven die binnen dit concept relevant kan zijn. Deze eisen en wensen zijn puur bedoeld om bij de ideeënselectie te kunnen laten zien hoe deze eisen en wensen gebruikt kunnen worden voor het selecteren van ideeën. Er kunnen bij dit concept nog meer eisen worden bedacht, maar voor de uitwerking van dit concept worden deze achterwege gelaten. De extra eisen en wensen zijn:

### Eisen

- De ULDs moeten het laden van ladingen groter van 2000 bij 2000mm mogelijk maken
- De ULDs moeten het laden van dozen zeer gemakkelijk maken
- Verpakkingen van producten moeten tijdens het vervoer extra worden beschermd
- De ULDs moeten in de vrachtwagens gestapeld getransporteerd kunnen worden
- Het standaardiseren van het transport moet het mogelijk maken dat een groot deel van het transport geautomatiseerd kan worden
- Het gebruik van de ULDs moet voor de verscheper zo eenvoudig mogelijk zijn

### Wensen

- Het automatiseren van het laadproces moet mogelijk zijn bij de verscheper
- Het laden van de ULDs moet voor het personeel van de verscheper zeer eenvoudig worden gemaakt
- De ULDs moeten in elke volgorde in het vliegtuig geladen kunnen worden

| Eis No.                                            | Functie No. | Relevante punten in ontwerp<br><br>Eisen op basis van analyses                                                                | Van belang binnen het systeem: |    |                        |                           |                |                         |                      | Van belang voor: |                 | Relevantie voor problemen/functionaliiteit uit morfologisch schema: |            |            |                            |                        |                  |                     |                              |                     |                        |                          |                                 |                         |                                |                                 |                 |                      |                           |                               |                               |                             |                                    |                        |  |  |
|----------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----|------------------------|---------------------------|----------------|-------------------------|----------------------|------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------|------------|------------|----------------------------|------------------------|------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------|----------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|------------------------|--|--|
|                                                    |             |                                                                                                                               | ULD                            | OV | Systeem laden van ULDs | Laden ULDs in vrachtwagen | OV laadsysteem | Intern transportsysteem | Weg transportsysteem | Opslagsysteem    | Controlesysteem | Regelsysteem                                                        | Verscheper | Expediteur | Grondpersoneel / Vliegveld | Luchtvaartmaatschappij | 1. Vorm/type ULD | 2. Verplaatsen ULDs | 3. Verplaatsen ULDs in syst. | 4. Opslag lege ULDs | 5. Opslag geladen ULDs | 6. Het laden van de ULDs | 7. Vastzetten van lading in ULD | 8. Laadruim vrachtwagen | 9. In- en uitladen vrachtwagen | 10. Vastzetten ULDs weg transp. | 11. Laadruim OV | 12. Laden ULDs in OV | 13. Vastzetten ULDs in OV | 14. Het afsluiten van de ULDs | 15. Beschermen tegen diefstal | 16. Beschermen tegen schade | 17. Indefinitie & registratie ULDs | 18. Brandveiligheid OV |  |  |
| Doelgroep en scenario gerelateerde eisen en wensen |             |                                                                                                                               |                                |    |                        |                           |                |                         |                      |                  |                 |                                                                     |            |            |                            |                        |                  |                     |                              |                     |                        |                          |                                 |                         |                                |                                 |                 |                      |                           |                               |                               |                             |                                    |                        |  |  |
| 1                                                  |             | De ULDs moeten het laden van ladingen groter van 2000 bij 2000mm mogelijk maken                                               |                                |    |                        |                           |                |                         |                      |                  |                 |                                                                     |            |            |                            |                        |                  |                     |                              |                     |                        |                          |                                 |                         |                                |                                 |                 |                      |                           |                               |                               |                             |                                    |                        |  |  |
| 2                                                  |             | De ULDs moeten het laden van dozen zeer gemakkelijk maken                                                                     |                                |    |                        |                           |                |                         |                      |                  |                 |                                                                     |            |            |                            |                        |                  |                     |                              |                     |                        |                          |                                 |                         |                                |                                 |                 |                      |                           |                               |                               |                             |                                    |                        |  |  |
| 3                                                  |             | Verpakkingen van producten moeten tijdens het extra worden beschermd                                                          |                                |    |                        |                           |                |                         |                      |                  |                 |                                                                     |            |            |                            |                        |                  |                     |                              |                     |                        |                          |                                 |                         |                                |                                 |                 |                      |                           |                               |                               |                             |                                    |                        |  |  |
| 4                                                  |             | De ULDs moeten in de vrachtwagens gestapeld getransporteerd kunnen worden                                                     |                                |    |                        |                           |                |                         |                      |                  |                 |                                                                     |            |            |                            |                        |                  |                     |                              |                     |                        |                          |                                 |                         |                                |                                 |                 |                      |                           |                               |                               |                             |                                    |                        |  |  |
| 5                                                  | n.v.t.      | Het standaardiseren van het transport moet het mogelijk maken dat een groot deel van het transport geautomatiseerd kan worden |                                |    |                        |                           |                |                         |                      |                  |                 |                                                                     |            |            |                            |                        |                  |                     |                              |                     |                        |                          |                                 |                         |                                |                                 |                 |                      |                           |                               |                               |                             |                                    |                        |  |  |
| 6                                                  |             | Het gebruik van de ULDs moet voor de verscheper zou eenvoudig mogelijk zijn                                                   |                                |    |                        |                           |                |                         |                      |                  |                 |                                                                     |            |            |                            |                        |                  |                     |                              |                     |                        |                          |                                 |                         |                                |                                 |                 |                      |                           |                               |                               |                             |                                    |                        |  |  |
| 7                                                  |             | Het automatiseren van het laadproces moet mogelijk zijn bij de verscheper                                                     |                                |    |                        |                           |                |                         |                      |                  |                 |                                                                     |            |            |                            |                        |                  |                     |                              |                     |                        |                          |                                 |                         |                                |                                 |                 |                      |                           |                               |                               |                             |                                    |                        |  |  |
| 8                                                  |             | Het laden van de ULDs moet voor het personeel van de verscheper zeer eenvoudig worden gemaakt                                 |                                |    |                        |                           |                |                         |                      |                  |                 |                                                                     |            |            |                            |                        |                  |                     |                              |                     |                        |                          |                                 |                         |                                |                                 |                 |                      |                           |                               |                               |                             |                                    |                        |  |  |
| 9                                                  |             | De ULDs moeten in elke volgorde in het vliegtuig geladen kunnen worden                                                        |                                |    |                        |                           |                |                         |                      |                  |                 |                                                                     |            |            |                            |                        |                  |                     |                              |                     |                        |                          |                                 |                         |                                |                                 |                 |                      |                           |                               |                               |                             |                                    |                        |  |  |

Tabel 13. Eisen en wensen van de doelgroep en het scenario ingevuld in de tabel uit sectie 2.4.2

## Stap 3: Het nemen van ontwerpbeslissingen betreffende de ULDs en het OVV-netwerk

Het nemen van deze beslissingen is, zoals ook al in het stappenplan werd gezegd, een proces waarbij er verbanden zijn tussen de beslissingen. Deze beslissingen zijn dan ook gemaakt na een periode van "onderhandelen", waarbij sommige beslissingen deels het gevolg zijn van andere beslissingen.

### Gebruik van verschillende types ULD

Binnen het OVV netwerk is het nodig dat grote en zware ladingen getransporteerd kunnen worden. Dit betekent voor de ULDs dat de grootte van de ULDs variabel moet zijn met als maximum breedte en lengte de maximale lengte van het OVV. Het gebruiken van containers voor zware of grote voorwerpen is lastig. Hiervoor kunnen beter pallets worden gebruikt. Pallets kunnen ook eenvoudig aan elkaar gekoppeld worden om een groter oppervlak te verkrijgen of het gewicht van de lading te verdelen.

Voor het transport van dozen kunnen ook pallets worden gebruikt. Pallets maken de lading ook relatief eenvoudig op te bouwen, aangezien deze op een vlak oppervlak gestapeld kan worden. Dit maakt het misschien ook mogelijk voor fabrikanten om het laadproces (deels) te automatiseren. Het is echter ook wenselijk vanuit de doelgroep dat de lading extra wordt beschermd. Bij het transport van de dozen moeten de pallets dus extra bescherming bieden aan de lading tijdens het afhandelen.

Als het niet mogelijk is dat de pallets voldoende bescherming bieden aan de lading zullen voor de dozen op maat gemaakte containers gebruikt moeten worden. Pallets zijn binnen dit systeem echter logischer aangezien de kosten lager zijn en er zeer veel ULDs moeten komen.

### *Aantal ULDs vs. functionaliteit van de ULDs*

Uit het scenario is al gebleken dat een groot deel van de fabrikanten mogelijk zelf gebruik wil maken van de ULDs. Dit betekent onder andere dat de ULDs snel zullen beschadigen door onzorgvuldig gebruik bij de verscheper. Het aantal ULDs dat gebruikt gaat worden en het feit dat de ULDs in grote aantallen door onervaren verscheperen zal worden gebruikt geeft al aan dat de functionaliteit van de ULDs moet worden geminimaliseerd. Dit heeft twee redenen: allereerst het beperken van de productiekosten, dit minimaliseert de kosten van de ULDs zodat schade minder erg is in het OVV-netwerk, en ten tweede kan er minder mis gaan tijdens het gebruik, doordat ULD minder functioneel is en dus minder interactie met het personeel van de verscheper zal hebben waarbij iets mis kan gaan.

De nadruk binnen dit concept zal dus liggen op grote aantallen low-tech ULDs, die makkelijk te vervangen zijn en zo min mogelijk beschadigen tijdens de afhandeling.

In overige fasen van het OVV-netwerk is ook nog geen **absolute** noodzaak geconstateerd dat de ULDs extra functionaliteit nodig hebben. Deze kunnen eventueel later nog worden toegevoegd om een betere aansluiting bij het systeem te verkrijgen.

### *Aanpasbare ULDs*

De ULDs moeten de lading van de fabrikanten beschermen tijdens het transport en de afhandeling. Het is mogelijk dat een palletsysteem wordt uitgebreid om dit mogelijk te maken tijdens de afhandeling van de ladingen. Dit systeem dient dus ter bescherming van de lading en kan tijdens de vlucht waar de lading alleen vast hoeft te zitten worden weggedaan om het gewicht van de ULDs te beperken.

Er is ook de mogelijkheid dat de geladen ULDs in de vrachtwagens efficiënter worden getransporteerd door het stapelen van de ULDs. Op deze manier kan meer vracht worden getransporteerd met één enkele trip. Het stapelen van ULDs kan ook voordelig zijn in de opslag.

### *Gewicht, schadegevoeligheid, en stijfheid en sterkte*

Het gewicht van de ULDs moet geminimaliseerd worden binnen dit concept. Het maakt de omgang met de ULDs voor de verscheperen makkelijker en leidt tot minder brandstofverbruik. Verder is dit niet heel belangrijk in dit concept.

De schadegevoeligheid van de ULDs speelt een belangrijke rol bij de verscheperen. Dit concept richt zich erop om de verscheper een groot deel van het werk te laten doen. Bij het werken met ULDs wordt de meeste schade veroorzaakt door verkeerd gebruik. Bij de verscheper zal dit meer voorkomen dan in de rest van het netwerk. Daarom mogen de ULDs niet te gevoelig voor schade zijn.

Het gebruik van dozen betekent dat het gewicht van de lading relatief laag zal zijn, doordat er veel licht verpakkingsmateriaal is en weinig zware "echte lading". De bescherming van de lading hoeft daarom niet heel sterk en stijf te zijn om de lading vast te houden en te beschermen tegen schade.

In het geval van zware en grote ladingen is dit anders. Er is al besloten dat er pallets worden gebruikt, deze moeten zeker wel voldoen aan de gestelde grens van 600 kg/m<sup>3</sup> belasting, zodat ze de zwaardere ladingen aankunnen. Voor ladingen die zwaarder zijn dan dit gewicht per pallet, of een hele geconcentreerde belasting (hoge lokale spanning) hebben, zal het gewicht worden gespreid door spreaders te gebruiken.

### *Dimensionering van de ULDs*

De maten van de ULDs moeten aansluiten bij een aantal aspecten van het scenario en het OVV-netwerk. Allereerst moeten de ULDs die geschikt zijn voor het gebruik van dozen de standaard verpakkingen efficiënt kunnen vervoeren. Er moet bij het laden van de ULDs weinig ongebruikte ruimte overblijven. Het is hierbij handig als de ULDs zo groot mogelijk zijn, zodat er veel standaard verpakkingen in kunnen worden geladen en de ongebruikte ruimte relatief minder zal zijn.

Voor pallets zijn de maten minder relevant, omdat deze aan elkaar te koppelen zijn. De maten van de pallets moeten echter wel gelijk zijn aan de bodemmaten van de ULDs, zodat deze met de zelfde systemen kunnen worden getransporteerd en in dezelfde rekken kunnen worden opgeslagen.



Verder moeten de dimensies van de ULDs corresponderen met de maten van de vrachtwagen. De ULDs moeten zo in de vrachtwagen worden geladen dat maximaal van het 2400mm brede laadruim gebruik wordt gemaakt. De hoogte van de vrachtwagen kan ook maximaal benut worden als wordt besloten om de ULDs ook in de hoogte in de vrachtwagen te laden.

Daarnaast moeten de ULDs ook binnen de constructie van het laadruim passen en de breedte van het OVV aanhouden. De lengte van het laadruim van het OVV kan altijd worden verlengd met één of meer ULD lengtes.

### *Automatiseren van het OVV-netwerk*

Zoals in het scenario is besproken bestaat er vanuit de doelgroep de wens om het laden van de ULDs te laten aansluiten op een productielijn, zodat de vracht direct klaar is voor transport via de OVVs. Deze wens kan binnen het concept worden uitgewerkt. Het laden van de ULDs kan geheel of gedeeltelijk worden geautomatiseerd. Deze systemen kunnen dan bij fabrikanten worden geplaatst. De opbouw van ingewikkeldere ladingen, met verschillende verpakkingen of zware, grote, of lastige ladingen gebeurt met de hand.

Op de vliegvelden bij de fabrikanten van de goederen, de belangrijkste verscheper, zullen veel ULDs snel moeten worden afgehandeld. Hiervoor is een systeem nodig dat het verwerken van de ULDs mogelijk maakt. De ULDs moeten worden getransporteerd naar de correcte locaties, worden gecontroleerd door controlesystemen, ze moeten worden opgeslagen, en worden klaargemaakt voor het laden in de OVVs. Deze taken moeten hier zoveel mogelijk automatisch worden uitgevoerd.

Aan de andere zijde van het systeem is deze mate van automatisering niet nodig. Hoogstens een geautomatiseerde manier voor het verplaatsen van de ULDs. De ULDs moeten dus ook goed kunnen functioneren in een systeem waar geen uitgebreid verwerkingssysteem aanwezig is.

### *ULD-registratie en trackingsysteem*

Er zullen binnen dit concept veel ULDs zijn. Om deze ULDs uit elkaar te houden en te kunnen identificeren is een duidelijk registratiesysteem nodig. Ook moet van elke ULD alle gegevens worden opgeslagen over het gewicht, de balans, het type lading. Deze hoeveelheid informatie kan niet door mensen worden afgehandeld daarom moet er een systeem zijn dat al deze informatie opslaat en verwerkt.

Hierbij is het ook belangrijk dat het systeem geautomatiseerd specifieke ULDs kan herkennen en dat het systeem zijn input krijgt van een systeem dat een overzicht heeft van waar alle ULDs zijn, waar ze heen moeten, welke OVVs er zijn, welke opslag vrij is, etc.

### *Additionele functionaliteit van de ULDs*

Binnen dit concept moet de functionaliteit van de ULDs beperkt worden om de kosten van de ULDs te minimaliseren en de hoeveelheid schade aan ULDs te beperken. Dat gezegd hebbende, is er een aantal punten waar de ULD een belangrijke rol kan spelen om het transport en het afhandelen van de ULDs beter te laten functioneren:

- Het koppelen van pallets
- Beschermen van de lading
- Het stapelen van ULDs voor het transport en opslag
- Integratie met intern transport van ULDs
- Het automatisch laden van ULDs
- Het afsluiten van de ULDs, bescherming tegen diefstal

### *Type laadruim voor het OVV*

Het gebruik van open pallets binnen dit concept maakt het onredelijk om aan te nemen dat een open laadruim gebruikt kan worden voor het transport van goederen. Verder is er vanuit de doelgroep of het scenario niet naar voren gekomen dat het belangrijk is dat het laadruim van het OVV onder druk wordt gehouden. De verpakkingen van de te transporteren goederen hebben geen probleem met het verschil in druk. Vandaar dat als laadruim voor het OVV gekozen wordt voor een gesloten romp, die niet onder druk wordt gehouden of luchtdicht is afgesloten. Dit is de goedkoopste en simpelste oplossing voor dit concept.

Het laden van pallets is bij een gesloten romp het eenvoudigst door de ULDs in de lengterichting in de romp aan te schuiven. Hiervoor hoeft de constructie van het OVV het minst te worden aangepast om het laden mogelijk te maken.

De vluchten vanaf de fabrikanten zullen meerdere locaties aandoen om daar vracht af te leveren. Het is niet te verwachten dat de lading in zijn geheel naar één lokatie moet kunnen (dit zou voor het OVV-netwerk voordeliger zijn). Daarom is het belangrijk dat: of de ULDs in de correcte volgorde geladen worden zodat ze ook in de correcte volgorde uitgeladen kunnen worden op de vliegvelden, of dat elke individuele ULD op elk moment uit het vliegtuig gehaald kan worden.

Het probleem met de eerste optie is dat dit een sterker laadruim vereist. Tijdens de vlucht worden de zware ULDs gebruikelijk dicht bij het zwaarte punt van het OVV gezet zodat ze het vlieggedrag niet beïnvloeden, hier is ook de constructie het sterkst vanwege de vleugels. Als de ULDs in een ongewenste volgorde geladen moeten kunnen worden moet de gehele constructie van het vliegtuig steviger worden gemaakt.

De tweede optie heeft dit zelfde probleem, maar op een andere ingrijpendere manier. Om het mogelijk te maken dat elke ULD op elk moment uit het OVV gehaald kan worden is het noodzakelijk dat de ULDs van de zijkanten geladen en gelost worden. Dit vereist grote aanpassingen aan de constructie en aan de romp.

Verder moet het laadruim van de OVV meerdere ULDs breed zijn om het mogelijk te maken dat ULDs worden gekoppeld voor het transport van grote vracht.

#### **Stap 4: Het genereren van ideeën en nieuwe oplossingen**

Deze stap wordt in dit voorbeeld overgeslagen, aangezien al er al ideeën beschikbaar zijn om uit te kiezen. Zie Appendix H.

#### **Stap 5: Beoordelen van ideeën en samenstellen van een concept**

Hoe worden de ideeën beoordeeld? Voor dit concept zullen we één beoordeling uitwerken om te laten zien hoe deze beoordeling van ideeën in z'n werk gaat. Deze methode kan worden toegepast voor het ontwikkelen van concepten, men kan er ook voor kiezen een andere methode te gebruiken. Het is echter altijd belangrijk dat niet alleen wordt gekeken naar de cijfers die bepaalde ideeën krijgen, maar ook of ze bij de andere ideeën passen. Anders loop je hier in de volgende fase tegenaan.

##### *Voorbeeld van het kiezen van een idee*

De eerste stap in het evalueren van de ideeën is het opstellen van de eisen- en wensentabel. Deze wordt uitgebreid met de eisen en wensen op basis van het scenario en de doelgroep. Vervolgens moeten De eisen en wensen worden afgelezen uit de tabel die relevant zijn voor het gedeelte van het systeem waar aan gewerkt wordt. In dit geval het laden van de ULD (zie afbeelding en tabel volgende pagina).

Het is vaak zo dat niet alle eisen en wensen even belangrijk zijn. Hiervoor wordt een 'modifier term' gebruikt. Deze wordt afgeleid van de belangrijkheid van de relatie tussen het ontwerp en de eis of wens, hier aangeduid in een grijstint. De modifier wordt vermenigvuldigd met de score van het idee bij die eis. Op deze manier worden de eisen gewogen meegerekend.

Het is ook vaak zo dat er teveel eisen en wensen zullen zijn om alles te beoordelen. Om dan een oordeel te vellen kan een aantal eisen en wensen worden weggestreept dat binnen dit concept minder belangrijk is. Dit is ook gedaan in het voorbeeld op de volgende pagina. Niet alle eisen en wensen voor het laden van de ULD zijn in de beoordelingstabel overgenomen.

Als alle aspecten van het idee zijn beoordeeld, kunnen deze worden opgeteld om de score van het idee te bepalen. Hoe hoger deze score, hoe meer het idee voldoet aan de gekozen eisen en wensen.

Bij het uitwerken van een uitgebreider concept is het programma van eisen vaak verder gemodificeerd om beter aan te sluiten bij het scenario en de doelgroep. Hierdoor is het mogelijk dat er verschillende resultaten verkregen kunnen worden uit het toepassen van dezelfde methode. Ook zijn de beoordelingen van de ideeën vaak anders als ze worden uitgevoerd door verschillende personen, omdat ze andere opties zien voor het idee.

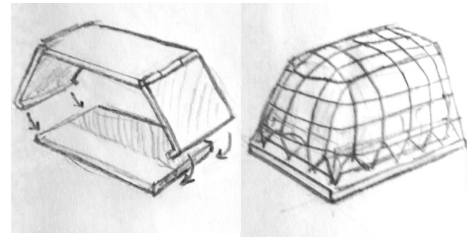
| Beoordeling Idee 6.9 |                |                         |
|----------------------|----------------|-------------------------|
|                      |                |                         |
| Eis No.              | Modifier (1-3) | Beoordeling idee (1-10) |
| 1.1                  | 2              | 5                       |
| 1.3                  | 3              | 9                       |
| 1.13                 | 1              | 8                       |
| 1.17                 | 2              | 8                       |
| 1.21                 | 3              | 9                       |
| 2.23                 | 2              | 6                       |
| 2,3                  | 3              | 2                       |
| 2,4                  | 2              | 4                       |
| 2,6                  | 3              | 8                       |
| 3,1                  | 2              | 4                       |
| 3,3                  | 2              | 2                       |
| 3,5                  | 3              | 10                      |
| 3,6                  | 3              | 8                       |
| 3,1                  | 1              | 6                       |
| 3,1                  | 3              | 7                       |
| 3,1                  | 3              | 8                       |
| 3,2                  | 2              | 3                       |
| 3,2                  | 1              | 8                       |
| 3,3                  | 3              | 3                       |
| 4,2                  | 3              | 10                      |
| 4,7                  | 3              | 8                       |
| 4,8                  | 3              | 9                       |
| Aantal punten:       |                | 359                     |
| Van de:              |                | 530                     |

| Eis No.                                            | Functie No. | Relevante punten in ontwerp                                                                                                                          | 6. Het laden van de ULDs |
|----------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
|                                                    |             | Eisen op basis van analyses                                                                                                                          |                          |
| Algemene eisen                                     |             |                                                                                                                                                      |                          |
| 1                                                  |             | De ULD mag niet beschadigen onder normaal gebruik                                                                                                    |                          |
| 3                                                  |             | In de ULD moeten extra beschermende maatregelen kunnen worden getroffen voor het beschermen van de lading                                            |                          |
| 5                                                  | n.v.t       | Alle apparatuur moet bestand zijn tegen het gewicht van de ULDs, lading, en eventueel een frame of slave-pallet met daarbovenop een veiligheidsmarge |                          |
| 13                                                 |             | De ULD moet het percentage payload dat vervoerd kan worden per volume maximaliseren                                                                  | ...                      |
| 17                                                 |             | Het gebruik van de ULDs moet duidelijk worden gecommuniceerd naar de menselijke gebruikers                                                           | ...                      |
| Functionele eisen                                  |             |                                                                                                                                                      |                          |
| 21                                                 | 6           | De ULD moet duidelijke eisen opleggen wat betreft de contour van de lading                                                                           |                          |
| 22                                                 |             | Data moet kunnen worden opgeslagen, en gekoppeld aan de ULD                                                                                          |                          |
| 23                                                 | 7           | Men moet lading in/op de ULD kunnen plaatsen                                                                                                         |                          |
| 25                                                 |             | Zware pakketten moeten in de ULD kunnen worden geplaatst                                                                                             |                          |
| 32                                                 | 10          | De ULD moet de buitenste contour van de lading weergeven                                                                                             |                          |
| 35                                                 | 11          | Informatie over de ULD moet aangepast kunnen worden                                                                                                  | ...                      |
| 36                                                 |             | Informatie over de ULD moet beschikbaar zijn en geraadpleegd kunnen worden                                                                           | ...                      |
| 43                                                 | 15          | Gegevens over de ULDs moeten beschikbaar zijn                                                                                                        |                          |
| 55                                                 | 20          | De lading moet niet (veel) kunnen bewegen in de ULD tijdens de vlucht                                                                                |                          |
| Wensen                                             |             |                                                                                                                                                      |                          |
| 1                                                  |             | Het gewicht van de ULDs moet altijd minimaal zijn                                                                                                    |                          |
| 3                                                  |             | Alle ladingen kunnen in één type ULD worden verscheept                                                                                               |                          |
| 5                                                  |             | Het laden van de ULDs moet ergonomisch gebeuren                                                                                                      |                          |
| 6                                                  |             | De ULDs moeten het laden snel en efficiënt laten gebeuren                                                                                            |                          |
| 8                                                  |             | Informatie over de ULD en lading moet tijdens het uitvoeren van bepaalde taken beschikbaar zijn voor het personeel dat met de ULD werkt              |                          |
| 12                                                 |             | De benodigde hoeveelheid verpakkingsmateriaal moet worden verminderd                                                                                 |                          |
| 13                                                 |             | De ULDs kunnen door de verscheper zelf worden geladen                                                                                                |                          |
| 14                                                 | n.v.t       | Ongetraind of weinig getraind personeel moet kunnen omgaan met de ULDs                                                                               | ...                      |
| 20                                                 |             | De ULDs moeten het afhandelen van de ULDs zo veel mogelijk vergemakkelijken                                                                          | ...                      |
| 21                                                 |             | Afhandelingssnelheid van de ULDs moet zo hoog mogelijk liggen                                                                                        |                          |
| 23                                                 |             | Automatiseren van het afhandelen van ULDs                                                                                                            |                          |
| 25                                                 |             | Verschillende "pakketten" randapparatuur voor verschillende hoeveelheden ULDs per uur                                                                |                          |
| 32                                                 |             | Kosten van de ULDs moeten worden geminimaliseerd                                                                                                     |                          |
| 33                                                 |             | De operationele kosten van de ULDs moeten worden geminimaliseerd                                                                                     |                          |
| 35                                                 |             | De aanschaf kosten van benodigde randapparatuur voor het afhandelen van de ULDs moet worden geminimaliseerd                                          |                          |
| Doelgroep en scenario gerelateerde eisen en wensen |             |                                                                                                                                                      |                          |
| 1                                                  |             | De ULDs moeten het laden van ladingen groter van 2000 bij 2000mm mogelijk maken                                                                      |                          |
| 2                                                  |             | De ULDs moeten het laden van dozen zeer gemakkelijk maken                                                                                            |                          |
| 6                                                  | n.v.t       | Het gebruik van de ULDs moet voor de verscheper zou eenvoudig mogelijk zijn                                                                          | ...                      |
| 7                                                  |             | Het automatiseren van het laadproces moet mogelijk zijn bij de verscheper                                                                            |                          |
| 8                                                  |             | Het laden van de ULDs moet voor het personeel van de verscheper zeer eenvoudig worden gemaakt                                                        | ...                      |

## *De gekozen ideeën voor het concept*

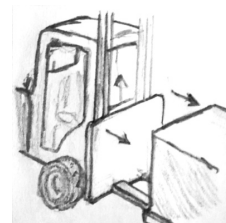
### *1. Vorm en type ULD*

Er is gekozen voor het gebruik van standaardpallets binnen het OVV-netwerk. De pallets kunnen worden uitgebreid met ULD-shells om de lading extra te beschermen tijdens het transport. Alle pallets zijn hetzelfde binnen het systeem, de shells zijn een los onderdeel dat wel of niet door de verscheper of expediteur gebruikt kan worden.



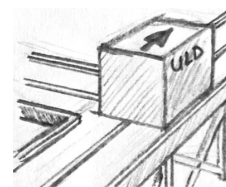
### *2. Het verplaatsen van de ULDs (zonder speciale transportsystemen)*

De ULDs kunnen worden verplaatst door gebruik te maken van vorkheftrucks of door het gebruik van speciale ULD-verplaatsingsapparatuur die ook gebruik maakt van tanden zoals een vorkheftruck. Dit soort verplaatsing apparatuur bestaat al en hoeft dus niet speciaal ontwikkeld te worden. De vorkheftrucks kunnen ook de ULDs optillen.



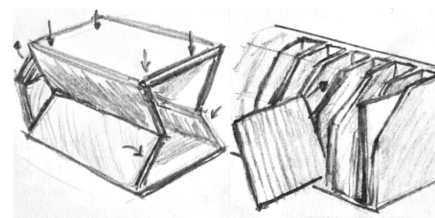
### *3. Het verplaatsen van de ULDs (binnen een efficiënt transportsysteem)*

Het verplaatsen van ULDs zal voor grote aantallen ULDs op een speciaal rail-systeem gebeuren dat verbonden kan worden met andere systemen. De ULDs zullen worden voortgetrokken over deze rails, de ULDs hebben zelf een soort "wielen" zodat ze over een niet gemodificeerd vlak oppervlak verplaatst kunnen worden.



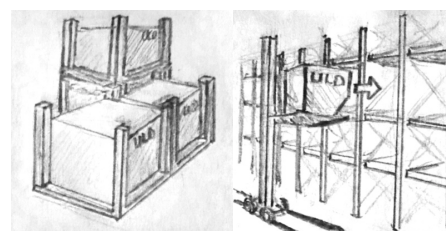
### *4. Opslaan van lege ULDs*

De lege ULDs kunnen worden opgeslagen door de pallets en de shells van elkaar te halen. De pallets kunnen worden opgeslagen in speciale palletrekken, zodat ze elkaar niet beschadigen. De ULD-shells kunnen worden ingeklapt en vervolgens apart in speciale rekken worden opgeslagen.



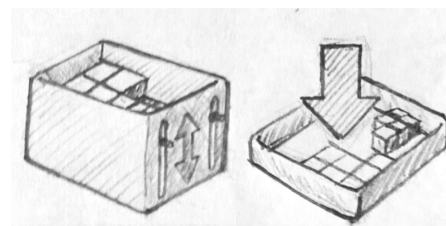
### *5. Opslaan van geladen ULDs*

Geladen ULDs kunnen op verschillende wijzen worden opgeslagen afhankelijk van de fase waarin ze zich bevinden binnen het OVV-netwerk. ULDs kunnen in een geautomatiseerd systeem netjes worden opgeslagen in rekken die aansluiten op het automatische systeem. Als er echter geen rekken zijn kunnen de ULDs worden gestapeld, dit is ook handig voor de volgende plaatsing in het wegtransport.



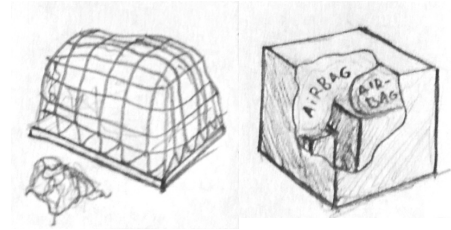
### *6. Laden van de ULDs*

De pallets zullen volgens een standaard methode worden geladen door de lading vanaf de grond op te bouwen. In de ULD-shell en pallet combinatie zal de palletbodem binnen het shell verticaal kunnen verplaatsen. Dit maakt het mogelijk om de lading vanaf boven gelaagd op te bouwen. De lading kan zo op het goede niveau worden geschoven.



### 7. Vastzetten van de lading in de ULD

De lading zal op de open pallets worden vastgezet met netten, om de veel verschillende type ladingen te kunnen vastzetten, die vervoerd worden op de open pallets. In de ULD-shells zal gebruik worden gemaakt van inklemming. De lading zal met vulmateriaal worden vastgezet in de shells, dit biedt gelijk extra bescherming.



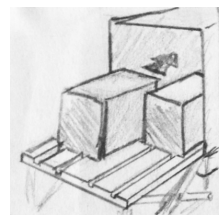
### 8. Laadruim van de "vrachtwagen" (transport via de weg)

De ULDs met shells kunnen worden gestapeld in de vrachtwagen. Dit maakt efficiënter wegtransport mogelijk. Als de ULDs tijdelijk worden opgeslagen voor wegtransport worden ze alvast goed opgesteld, zodat ze zo in de vrachtwagen kunnen worden gereden. De standaard pallets zullen gewoon op de bodem van de vrachtwagen geplaatst worden.



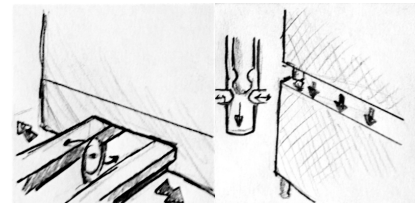
### 9. In - en uitladen van de vrachtwagen

De ULDs worden in de vrachtwagen gereden vanaf een truckdock dat gebruik maakt van een zelfde soort transportsysteem als het systeem voor het verplaatsen van grote aantallen ULDs. In de vrachtwagen is dit systeem ook aanwezig op de bodem zodat de ULDs naar voren kunnen worden verplaatst in de vrachtwagen. Dit systeem heeft direct aansluiting op het verwerkingssysteem op vliegvelden.



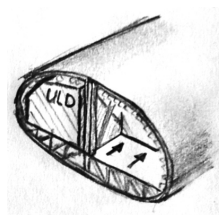
### 10. Vastzetten van ULDs en slave-pallets tijdens het wegtransport

De geleidingsrails waarover de ULDs zullen worden verplaatst kunnen gebruikt worden om de ULDs vast te klemmen in de vrachtwagen. Voor het vergrendelen van de gestapelde ULDs moet een soort klik verbinding worden gebruikt die weer los gaat als hij wordt opgetild met een vorkheftruck.



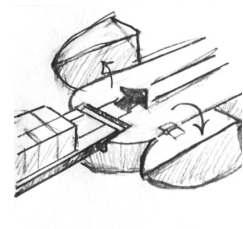
### 11. Laadruim OVV

De ULDS zullen in een afgesloten romp worden geplaatst. De romp is een normale vliegtuigromp, niet luchtdicht afgesloten. Afhankelijk van de breedte van de romp moet het midden mogelijk ondersteund worden. De ULDs bevinden zich op een vloerplaat die midden in de romp ligt. De ULDs worden niet gestapeld getransporteerd.



### 12. Laden van ULDs in het OVV

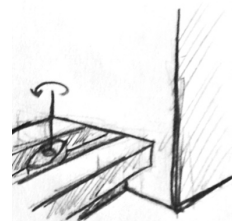
Het laadruim van de OVVs wordt van voren (of van achteren) geladen. De ULDS worden over het gekozen transportsysteem in de romp van het vliegtuig geschoven. De ULDs worden in de romp zo ver mogelijk doorgeschoven. Het laadsysteem is dus geïntegreerd met het interne transportsysteem.





### 13. Het vastzetten van ULDs in het laadruim van een OVV

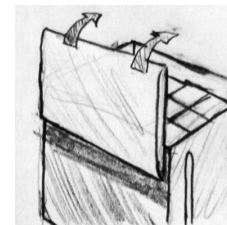
ULDs worden net als in de vrachtwagens vastgezet op de geleidingsrails waarover de ULDs verplaatst worden. N.b. er moet aan worden gedacht dat de ULDs mogelijk in de lengterichting van het vliegtuig (of vrachtwagen) kunnen gaan schuiven. De klemmen moeten voldoende wrijving hebben of er moet een andere aanpassing worden gemaakt.



---

### 14. Het afsluiten van de ULDs

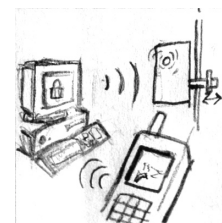
De pallets blijven open, deze zullen dus geen bescherming tegen diefstal hebben. De pallets met shells kunnen ook aan de bovenkant worden afgesloten door een klep te maken die het shell afsluit en vergrendeld. Zo kan diefstal binnen deze ULDs worden voorkomen. Dit is vooral belangrijk tijdens de opslag.



---

### 15. Beschermen van de lading tegen diefstal

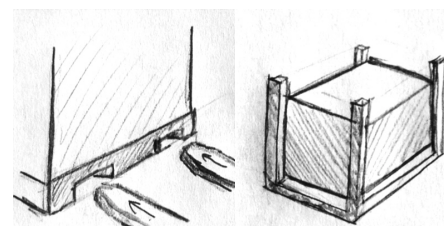
De ULDs worden voor een groot deel door verscheperers geladen. Het afsluiten moet dus ook door de verscheper worden gedaan. Een intern afsluitsysteem in de deksel zou hiervoor geschikt kunnen zijn. Via het internet kan de ULD worden ontgrendeld voor de douane, indien nodig, en niemand kan bij het slot komen.



---

### 16. Beschermen van de ULD tegen schade

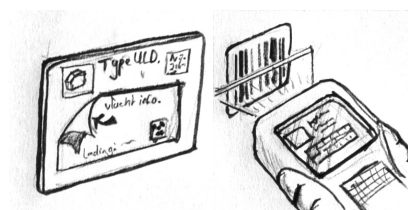
In de bodem van de pallets zit geleiding voor vorkheftrucks en het transport. Dit maakt het gebruik van vorkheftrucks veiliger. De rand van de pallet dient verder als beschermend stootkussen en het shell beschermt de ULD van de zijkanten.



---

### 17. Identificeren, inchecken, en de regulaties van de ULD

De ULDs bevatten een ULD-tagplaat met standaardinformatie over de ULD en zijn ID-nummer. Deze is scanbaar voor het geautomatiseerde systeem, zodat de ULDs individueel herkend kunnen worden. Hiermee kan ook het ODLN worden opgevraagd en overige verdere informatie over de ULD. De tag bevat ook ruimte voor een printbare sticker die de relevante informatie bevat voor mensen over de bestemming etc.



---

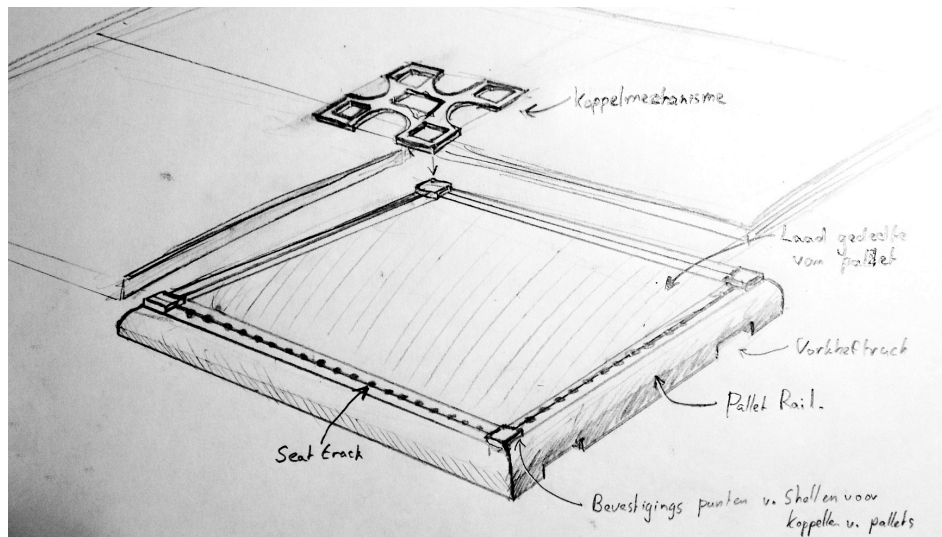
### 18. Onderdrukken brand in de ULD of in het OVV

Er is hier voor gekozen om alleen brandregistratie in te bouwen in de ULDs. Dit houdt ze goedkoper en, als er iets mis gaat, kan de ULD een noodlanding maken buiten bewoond gebied.

## Stap 6: Uitwerken van het concept

### De uitwerking van de ULD

Er is in de uitwerking van de ULD voor het gebruik van één enkel pallet gekozen om het gehele transport van alle type ladingen mogelijk te maken. De pallet heeft een standaardformaat zodat hij geïntegreerd kan worden in alle automatisering die in het systeem gebruikt gaat worden. De pallet heeft echter een aantal belangrijke wijzigingen doorgemaakt die het mogelijk maken om de pallet op verschillende wijzen te gebruiken, zodat het transport van alle ladingstypen mogelijk is. Verder is het pallet gemodificeerd om bepaalde interacties makkelijker te laten verlopen, zoals verderop getoond zal worden.



Afbeelding 8. Illustratie van een mogelijk bevestigingssysteem waarmee pallets aan elkaar gekoppeld kunnen worden

Allereerst is het mogelijk om de pallets aan elkaar te koppelen door een koppelingsklem te gebruiken. Deze verbindt de hoekpunten van de pallets aan elkaar, zodat grote ladingen hierop geplaatst kunnen worden. Deze techniek wordt in het huidige systeem van pallets ook toegepast.<sup>33</sup> Dit is ook te zien in afbeelding 7 hierboven.

Voor het laden van dozen en standaardverpakkingen van producten is een systeem bedacht waardoor het pallet veranderd kan worden in een open container. Dit gebeurt door op de bevestigingspunten van de pallet een ULD-shell te plaatsen (zie afbeelding 10). Dit shell wordt natuurlijk aan de pallet vastgezet. Het bevestigen van het shell zorgt ervoor dat de dozen in de container beschermd en ingeklemd worden, zoals te zien in afbeelding 8. Hierdoor kunnen dozen eenvoudig en goedkoop worden getransporteerd.

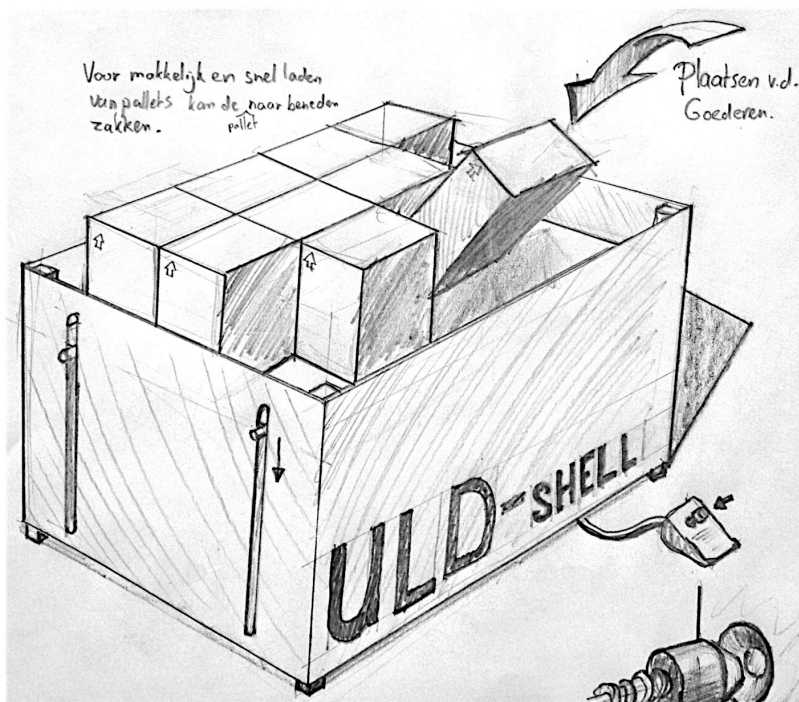
Het shell maakt het verder mogelijk dat de ULDs gestapeld kunnen worden. De poten die het shell ondersteunen kunnen het gewicht van een aantal extra pallets aan (afbeelding 11).

Dit pallet heeft ook verder nog een aantal voordelen. Zoals te zien is in afbeelding 8, kan de plaat van de pallet waarop geladen wordt in de hoogte versteld worden om het laden makkelijker te maken. Dit kan op twee verschillende methoden, allereerst zoals geïllustreerd in afbeeldingen 8&9 door de wanden van het pallet heen. Dit verzwakt echter de constructie van het shell. De ander optie is door de bodem van de pallet van onderaf optilbaar te maken door een soort laadtafel. Dit is te zien in afbeelding 10.

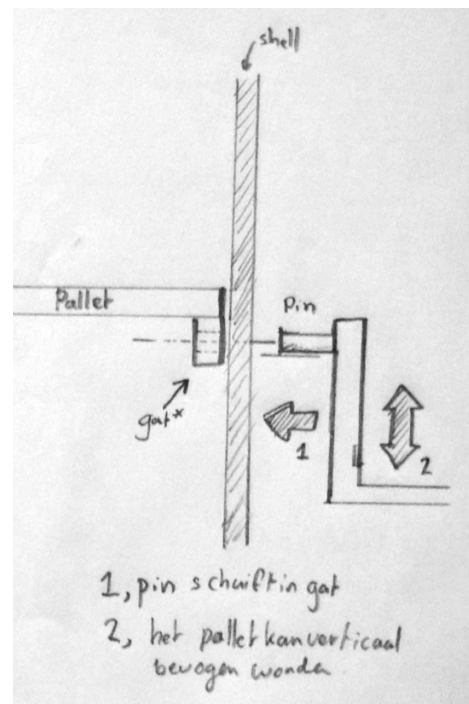
Dit systeem kan het mogelijk maken dat het laden bij de verscheper geautomatiseerd wordt. Als dit niet gebeurt kunnen de dozen zeer snel worden geladen door werknemers van het bedrijf.

De pallet beschikt verder over inhammen in de bodem van de pallet voor het gebruik van vorkheftrucks. Deze inhammen zullen ook een extra rol spelen bij het verplaatsen en vastzetten van de pallets.

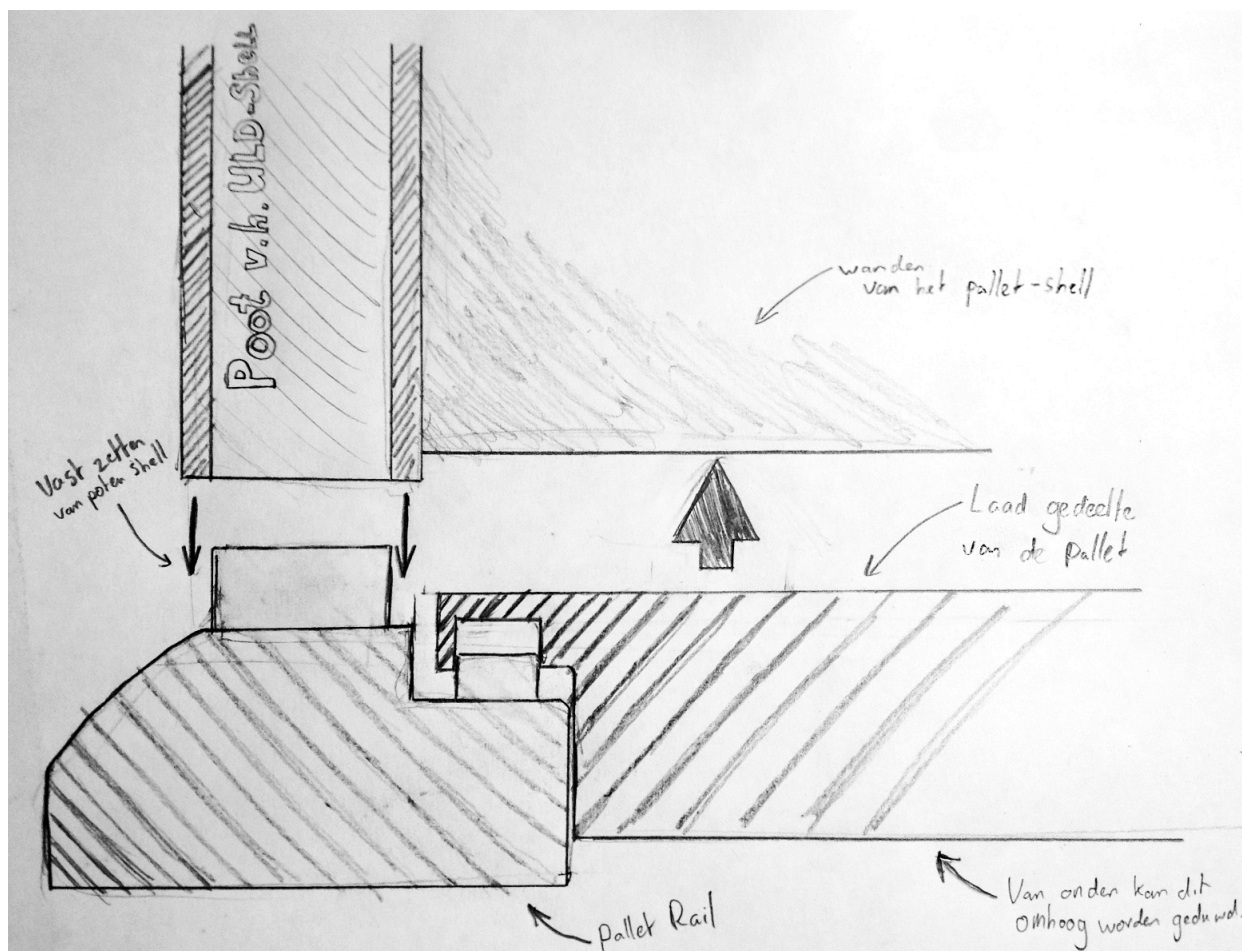
<sup>33</sup> VRR - Air Cargo Equipment, Pallets: PKH-pallet, <http://www.vrr-aviation.com/products/air-cargo-pallets/pkh-pallet>



Afbeelding 9. Het laden van het pallet als het shell is geplaatst, de dozen worden laag voor laag op het pallet geplaatst

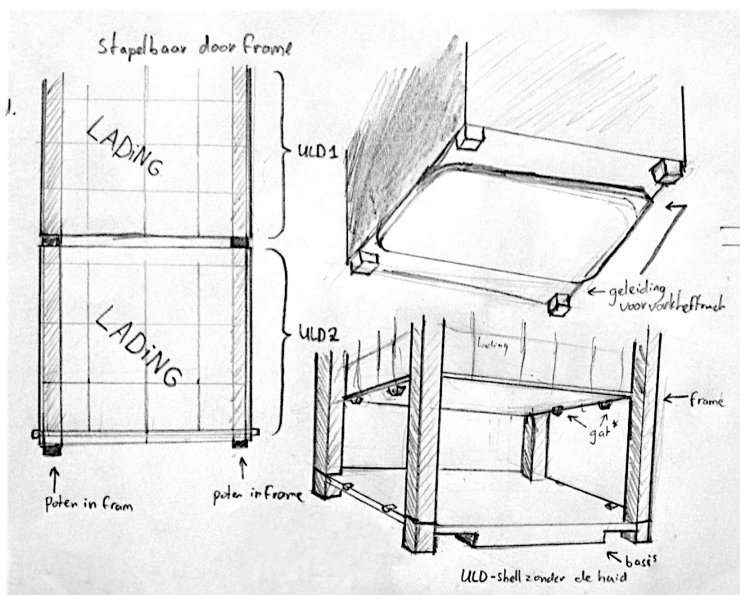


Afbeelding 10. Mechanisme om de palletplaat op te tillen door de wand van het shell heen



Afbeelding 11. Het laden van het pallet als het shell is geplaatst, de dozen worden laag voor laag op het pallet geplaatst





### Het transporteren van de ULDs

De ULDs kunnen bij de verscheper worden verplaatst met vorkheftrucks. Dit wordt makkelijk gemaakt door de geleiding van de vork in de ULD. Dit maakt het ook mogelijk dat de ULDs gestapeld worden.

Een andere methode van transport is via een systeem dat de ULDs voorttrekt over een rails die door de openingen van de tanden van de vorkheftruck gaat. De ULD of de rail moeten in dit geval een soort rollenbanden bevatten.

De ULDs kunnen op deze manier ook in de vrachtwagen worden geladen via een soort truckdock dat is voorzien van dit transport-systeem. Dit is te zien in afbeelding 12. De bodem van de vrachtwagen moet ook dit systeem bevatten.

Afbeelding 12. Werking van het stapelen van de ULDs

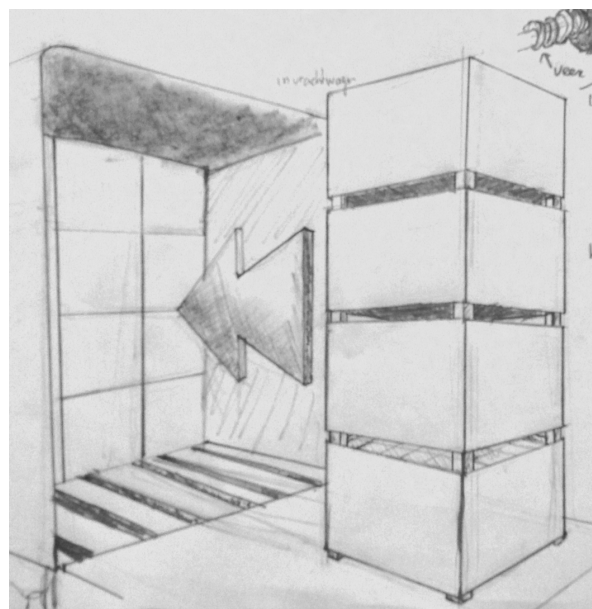
Op de rails kunnen de ULDs eenvoudig worden vastgezet. Dit is te zien in afbeelding 13. De rails kunnen uit elkaar worden gedrukt om de ULDs vast te klemmen.

### Het inladen in het OVV

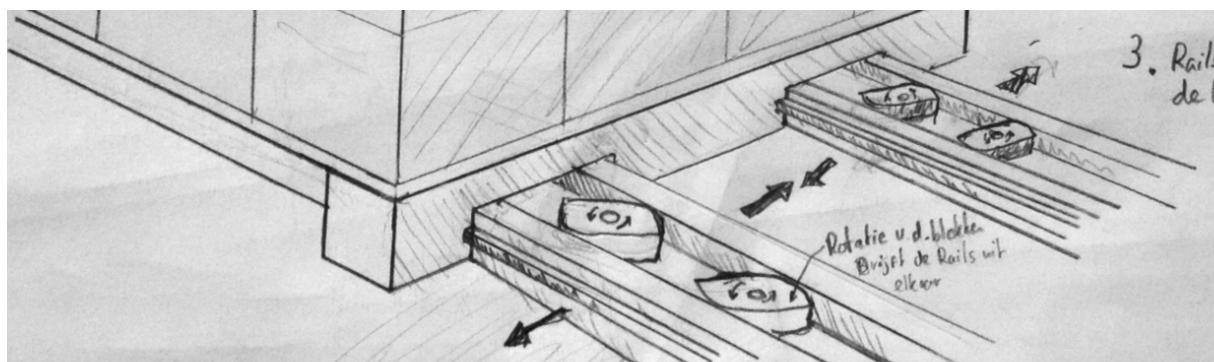
In het vliegtuig zijn de shells in veel gevallen niet meer nodig, en aangezien de ULDs lichter zijn zonder shell zullen de shells in sommige gevallen voor de vlucht worden verwijderd. Dit scheelt in het verbruik van brandstof van het OVV.

De ULDs worden in de lengterichting in het laadruim van de OVV geschoven. Het laadruim is op z'n minst twee pallets breed zodat de gekoppelde pallets ook geladen kunnen worden. Bij een breedte van vier ULDs kan ondersteuning in het midden van de romp worden geplaatst. (afbeelding 14.)

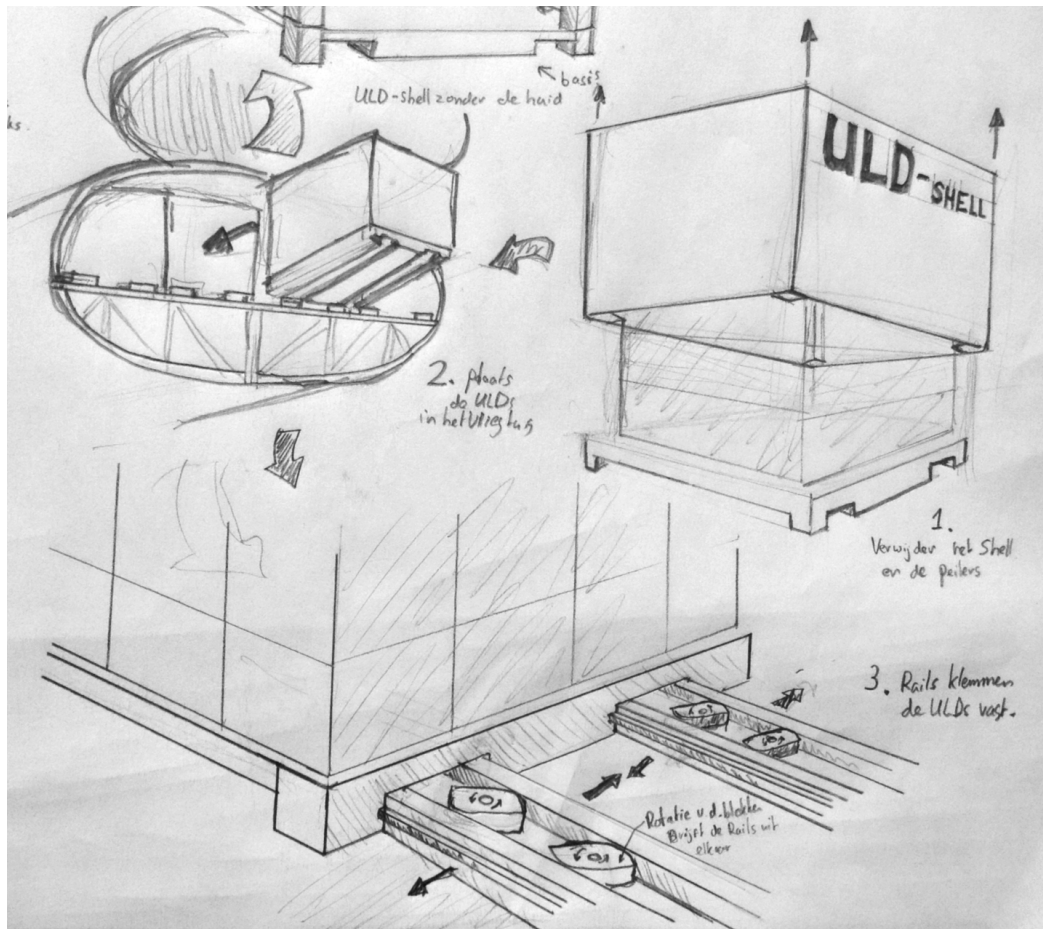
In het OVV worden de ULDs verplaatst met de rail en ook op de rails vastgezet.



Afbeelding 13. ULDs worden in de vrachtwagen geschoven



Afbeelding 14. Rails waarover de ULDs verplaatst worden en waarmee ze vast kunnen worden geklemd voor transport of opslag



Afbeelding 15. Rechtsboven: het verwijderen van het shell. Linksboven: Het laden van de ULDs in het OVV. Onder: Het vastzetten van de ULDs

### Stap 7: Toetsing aan programma van eisen en wensen

Aan het eind van het ontwikkelen van het concept moet er worden geëvalueerd. De toetsing aan het programma van eisen en wensen kan op dezelfde wijze worden uitgevoerd als het testen van individuele ideeën in stap 5 van het stappenplan. Alleen wordt hier het gehele systeem van het OVV-netwerk geëvalueerd in tegenstelling tot een enkel idee.

Het is vaak verstandig om de evaluatie van meerdere concepten gelijktijdig te doen. Op deze manier kunnen de beoordelingen van bepaalde aspecten van het ontwerp ten opzichte van elkaar worden gedaan. Dit maakt het mogelijk om de concepten echt met elkaar te vergelijken. Als alle concepten apart van elkaar worden beoordeeld zeggen de cijfers niet zoveel, omdat de ene beoordeling veel strenger uitgevoerd kan zijn dan de andere.

## 4. Conclusies, verantwoording, en aanbevelingen

### 4.1 Resultaten en het behalen van de doelstellingen

Aan het begin van deze bacheloropdracht zijn een aantal doelstellingen opgesteld, waar in de uitwerking naar gestreefd werd om deze te verwezenlijken. Als afsluiting van dit verslag zal dan ook worden nagegaan in hoeverre aan deze punten is voldaan. Op deze manier kan vastgesteld worden waar nog verdere aandacht aan moet worden besteed in de verdere uitwerking van het OVV-project. Binnen deze paragraaf zal stapsgewijs elke fase van het verslag worden geëvalueerd. In sectie 4.2 worden de punten die nog verdere uitwerking behoeven nader omschreven.

#### Vooronderzoek en analyse

##### **De actoren**

De analyse van de actoren geeft in combinatie met de appendix een goed overzicht van de rollen die de verschillende actoren in het transportnetwerk vervullen. Voor elk van de actoren is duidelijk welke taken uitgevoerd moeten worden en welke invloed dit heeft op het ontwikkelen van bepaalde subsystemen, zoals de ULDs, het transport, of de opslag.

Ook is in deze sectie van het verslag aandacht besteed aan de belangen van de actoren. De belangen die hier zijn opgesteld voor de actoren zijn algemene belangen die duidelijk belangrijk zijn om hun doelen te bereiken. Deze belangen kunnen goed worden gebruikt in het ontwikkelen van concepten. Er moet echter op worden gelet dat bij een specifiek concept de juiste belangen worden gekozen, omdat bij verschillende concepten andere belangen relevant zullen zijn. De lijst die in dit verslag is geformuleerd in combinatie met de bijlage vormt voor het uitwerken van dit project een goede basis.

In de verdere uitwerking van concepten binnen dit project zullen veel van de belangen van de actoren verder moeten worden bepaald en geanalyseerd. Op basis van het scenario voor het implementeren van het OVV-netwerk zullen de betrokken actoren moeten worden benaderd voor verdere inventarisatie van die belangen.

##### **De concurrentie-analyse**

In dit verslag is de concurrentie-analyse gebruikt om de belangrijkste aspecten van het transport te identificeren. De belangrijkste aspecten zijn dat tijdens het ontwerpen van het ULD-systeem de nadruk moet liggen op de snelheid van het transport van goederen en op het lokaal bezorgen van vracht. De resultaten van deze analyse zijn echter ook sterk afhankelijk van de wijze waarop het OVV-netwerk zal worden ingezet. Daarom is deze conclusie mogelijk niet in alle situaties geldig.

Een uitgebreide kosten- en batenanalyse van het netwerk kan ook een nuttige aanvulling vormen. Op basis van een dergelijke analyse kunnen betere randvoorwaarden worden gedefinieerd van hoeveel op elke locatie in het transport uitgegeven kan worden aan nieuwe verwerkingssystemen.

##### **Het ULD-verwerkingssysteem en OVV-netwerk**

Er is in dit verslag stilgestaan bij belangrijke eigenschappen van het OVV-netwerk welke gevolgen hebben op het ontwikkelen van ULDs. Deze sectie van het verslag heeft belangrijke beslissingen die genomen moeten worden in de loop van het ontwerptraject belicht.

De in deze sectie besproken onderwerpen zijn zeer relevant voor het ontwikkelproces van de ULDs en het verwerkingssysteem en komen daarom ook terug in het stappenplan. Daarmee vormen deze onderwerpen een zeer nuttige aanvulling op de aanwezige kennis over het systeem. Deze informatie kan worden uitgebreid met verdere informatie over de ontwikkeling van ULDs en het OVV-netwerk.

Een belangrijk aspect van het OVV-netwerk dat in dit project (zeker in de ideeën en concepten) minimaal is uitgewerkt, is de wijze waarop alle ULDs op vliegvelden gecontroleerd moeten worden. De concrete uitwerking van dit systeem vereist in het vervolg van het OVV-project veel meer aandacht.

De verschillende subsystemen van het OVV-netwerk kunnen op een gelijksoortige wijze worden uitgewerkt als is gedaan in dit verslag, zodat alle relevante informatie over het ontwikkelen van een subsysteem eenvoudig te vinden is.

## **Het gebruik van OVVs**

Er bestaat nog geen concept voor OVVs binnen dit project. Vandaar dat in deze sectie van het verslag de algemene gevolgen en belangrijke knelpunten zijn gegeven betreffende het gebruik van ULDs in OVVs. Deze punten zijn zeer relevant voor zowel de ontwikkeling van de ULDs en de OVVs. Er is dus in dit deel van het verslag een analyse gegeven van de OVVs vanuit de optiek van het ULD-design zoals in de doelstelling werd gevraagd.

De verdere uitwerking van de interfaces tussen de ULDs en het OVV moeten duidelijk nog verder worden uitgewerkt. Echter de hier verstrekte informatie is voldoende voor het bedenken van ideeën en het ontwikkelen van basisconcepten voor de OVVs en het OVV-netwerk.

## **De ULDs**

Voor het ontwikkelen van ULDs zijn in dit verslag de belangrijkste punten besproken. In het verslag zijn de algemene redenen voor het gebruik van ULDs uitgewerkt: de constructie en typen ULDs die er nu zijn, de functionaliteit die wordt vereist van de ULDs in verschillende stadia van het transport, en een aantal zeer belangrijke beslissingen rond het gebruik van ULDs in het OVV-netwerk. Ook zijn in de appendix de procedures van het ULD-gebruik uitgewerkt zoals deze door IATA zijn opgesteld.

Dit overzicht van alle aspecten van ULDs is zeer goed bruikbaar om ontwerpen te maken voor ULDs binnen dit project. Doordat deze kennis beschikbaar is binnen dit project kan de ontwerper met de besproken randvoorwaarden en dilemma's rekening houden in zijn ontwerp. Met dit overzicht aan informatie betreffende het ontwikkelen van ULDs is de gestelde doelstelling gehaald.

De verdere uitwerking en integratie van de ULDs in de rest van het OVV-netwerk vereist nog aandacht. De andere systemen moeten in veel gevallen samen met de ULDs worden uitgewerkt zodat alle interacties goed verlopen.

## **De eisen en wensen**

Het opstellen van de eisen en wensen was binnen dit project het lastigste deel. De informatie die in dit project is bijeengebracht is zeer uitgebreid en is per scenario voor het concept verschillend. Vandaar dat het zeer lastig is om een lijst met algemene eisen voor het OVV-netwerk op te stellen, aangezien vaak een groot deel van de eisen niet relevant zal zijn. Daarom wordt ook in het stappenplan duidelijk aangegeven dat het opstellen van de eisen voor een groot deel moet gebeuren op basis van het scenario van het OVV-netwerk en de doelgroep. De functionele eisen daarentegen, die zijn voortgekomen uit de analyse van het functioneren van de ULDs, en dus met name betrekking hebben op de ULDs zelf, zijn wel concreet uitgewerkt binnen dit project.

Voor de eisen is ook een tabel opgesteld die het gebruik van de eisen in het ontwerpproces aangeeft. Het invullen van de tabel voor een concept is veel werk, maar het is echter zeer nuttig bij het bepalen welke eisen relevant zijn voor het ontwikkelen van welk subsysteem, voor het maken van keuzes tussen ideeën, en voor het evalueren van concepten.

Het opstellen van een vaste lijst met eisen is geslaagd voor zover het de functionaliteit van de ULDs in het OVV-netwerk betreft. Het opstellen van verdere algemene eisen aan het OVV-netwerk behoeft verdere uitwerking. De tabellen van eisen en wensen maken het mogelijk voor de ontwerpers van ULDs en het OVV-netwerk om volgens het stappenplan concepten te ontwikkelen.

## **Het ontwikkelen van ideeën en concepten**

### **Generatie van ideeën en het morfologisch schema**

Binnen dit project moesten ook mogelijke ideeën worden gegenereerd voor het uitwerken van bepaalde functies en problemen in het OVV-netwerk relaterend aan het gebruik van ULDs. Dit is zeer uitgebreid gedaan, er zijn in het morfologisch schema achttien categorieën opgesteld waarvoor ideeën bedacht konden worden. Alle ideeën zijn visueel en in tekst uitgewerkt in de appendix. Ook zijn de implicaties van de ideeën voor het netwerk uitgeschreven.

Deze ideeën vormen een goede basis voor het ontwikkelen van concepten. Ook kan de lijst eenvoudig worden uitgebreid met meer onderwerpen en ook het aanvullen van de lijst is eenvoudig. Het blijven uitbreiden en aanvullen van de ideeën is zeer belangrijk voor het vervolg van het project. Deze lijst met ideeën kan een ontwerpdatabase zijn waaruit concepten kunnen worden gedestilleerd en is op deze manier zeer nuttig voor het vervolg van het OVV-project.

### Opstellen van het stappenplan

Het stappenplan vormt de connectie tussen alle informatie in het verslag, de ideeën die zijn bedacht en het ontwikkelen van concepten. Het stappenplan dat is opgesteld voor dit verslag is zeer goed te gebruiken voor het opstellen van basisconcepten voor het OVV-netwerk. Het stappenplan functioneert het best als de ontwerper al grotendeels op de hoogte is van de informatie uit dit verslag. Als dit niet het geval is, is het voor de ontwerper lastig om aan de hand van het stappenplan de concrete informatie te vinden die hij zoekt. Er staan in het stappenplan wel relevante secties van het verslag aangegeven, maar deze informatie zal echter niet compleet relevant zijn voor de situatie van de ontwerper. Deze heeft daarom nog veel leeswerk.

Het stappenplan functioneert zeer goed als de ontwerper al een idee heeft van hoe het systeem in elkaar zit. Het is eenvoudig om verschillende concepten te genereren op basis van de aangereikte methodes. De onderlinge beoordeling maakt het verder ook mogelijk om concepten te vergelijken en zo te evalueren.

### Uitwerken van een concept

De uitwerking van het concept is redelijk basaal gehouden. Op een aantal aspecten van het ontwerp kan veel dieper worden ingegaan. Het dient echter zijn doel om te illustreren hoe het stappenplan gebruikt kan worden. Daarnaast worden er ook een aantal oplossingen gecombineerd die een interessant concept opleveren.

### Appendix

De Appendix geeft uitgebreide informatie over tal van onderwerpen in het verslag en dient zo als een goede aanvulling. Als aanvulling op het verslag kan het goed worden gebruikt voor het beter begrijpen van bepaalde onderwerpen en door de ontwerper kan het worden gebruikt om verdere informatie op te zoeken.

## 4.2 Belangrijk voor de verdere uitwerking van het OVV-project

In deze paragraaf zal een aantal punten genoemd worden die verdere uitwerking behoeven:

- **Het maken van één of meer exacte opzet(ten) voor het OVV-netwerk:** vanuit een economisch perspectief kunnen bepaalde opzetten worden gemaakt voor implementatie van het OVV-netwerk. Een dergelijk concept kan veel houvast bieden voor ontwerpers voor hoe hun systemen gebruikt gaan worden.
- **Het maken van een financieel scenario voor het OVV-netwerk:** op basis van een financiële analyse kan bepaald worden hoeveel budget er is voor de implementatie van ULD-verwerkingssystemen.
- **Het benaderen van de betrokken partijen:** de betrokken partijen moeten betrokken worden in het ontwerpproces. Zij zullen van het systeem gebruik moeten maken en het is dus belangrijk dat bekend is hoe zij (willen) opereren en welke wensen zij hebben voor het OVV-netwerk.
- **Uitwerken van de wensen van de actoren:** door de samenwerking met actoren kunnen hun eisen en wensen voor het systeem worden opgesteld. Een aantal andere interessante punten zijn:
  - het uitzoeken welke soorten lading geïnteresseerde bedrijven willen verschepen
  - werkelijke dichtheid van de lading bepalen (kansverdeling) zodat de ULDs zo licht mogelijk ontworpen kunnen worden
- **Regulering wat betreft het gebruik van ULDs in OVVs:** Er kan verder worden uitgezocht welke veiligheidsmaatregelen nodig zijn voor het transporteren van ULDs in OVVs. Hierbij hoort ook het uitwerken van een systeem dat de veiligheid van het OVV en de lading garandeert.
- **De regelgeving voor en het certificeren van ULDs:** De regelgeving betreffende het gebruik van ULDs kan worden uitgezocht en vertaald naar verdere ontwerpisen. Ook kunnen de certificatieprocedures worden bekeken om een idee te krijgen waar de ULDs aan moeten voldoen.
- **Het opstellen van een uitgewerkt algemeen programma van eisen:**
  - op basis van regelgeving

- de toepassing van de ULDs in het OVV-netwerk
- het scenario en de doelgroep
- **Het uitwerken van de verschillende subsystemen:** Het OVV-netwerk kan worden opgesplitst in een aantal subsystemen. Deze kunnen gelijktijdig worden uitgewerkt door verschillende groepen. Hierbij hoeft verder alleen rekening gehouden te worden bij de interfaces tussen de verschillende subsystemen.
- **Uitwerken van verdere problemen en functies in het morfologisch schema:** Het verder uitwerken van het morfologisch schema breidt het aantal beschikbare opties uit voor de systemen en leidt, door het toevoegen van problemen en extra detail in de functionaliteit, tot een verder uitgewerkt conceptontwerp.
- **Ontwikkelen van concepten die dienst kunnen doen in het OVV-netwerk:** Het verder bedenken van een aantal concepten kan mogelijk leiden tot een aantal interessante ideeën voor de uitwerking van verschillende type OVV-netwerken.

### 4.3 Bronnen afbeeldingen

De hier niet genoemde afbeeldingen zijn binnen dit project en voor dit project gemaakt.

**Figuur 1:** IATA 2010-2012 ULD Roadmap - <http://www.iata.org/whatwedo/cargo/standards/Documents/uld-roadmap-web.pdf>

**Figuur 3:** ULD Pallet - [http://www.airport-suppliers.com/supplier/PalNet\\_GmbH\\_Air\\_Cargo\\_Products/](http://www.airport-suppliers.com/supplier/PalNet_GmbH_Air_Cargo_Products/)

**Figuur 4:** ULD container - <http://satco-inc.com/>

### 4.4 Complete lijst van bronnen

10 Kosten per ton per kilometer: Business Logistics Management, 4th Edition, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, <http://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch3en/conc3en/modaltransportcosttonmile.html>

11 CRS - Congressional Research Service, Bart Elias, Air Cargo Security - Air cargo security risks: <http://www.fas.org/sgp/crs/homesecc/RL32022.pdf>, 30 juli 2007, page 5-8

12 CRS - Congressional Research Service, Bart Elias: Air Cargo Security - Cargo screening and Inspection, Technology For Air Cargo Security, Potential Benefits and Possible Risks of Various Congressional Approaches - Tabel 2., <http://www.fas.org/sgp/crs/homesecc/RL32022.pdf>, 30 juli 2007, page 11-20, 24-32, 36

13 GAO - Government Accountability Office, Aviation Security - Vulnerabilities and Potential Improvements for the Air Cargo System, Technologies to Enhance Air Cargo Security, <http://www.gao.gov/assets/240/236709.pdf>, december 2002, page 11,12

14 CRS - Congressional Research Service, Bart Elias, Air Cargo Security - Cargo Drime: <http://www.fas.org/sgp/crs/homesecc/RL32022.pdf>, 30 juli 2007, page 8

17 <http://www.thenakedscientists.com/HTML/content/qotw/question/3046/>

18 Hermes logistics technologies, The Basic Principles of Safe Unit Load Device (ULD) Build-Up - advantages of using containers, <http://www.hermes-cargo.com/images/Downloads/BuildUpWhitePaperDec09.pdf>, 2009, p. 4.

18 Sara Sanz de Vincente, Ground Handling Simulations with CAST, <http://www.fzt.haw-hamburg.de/pers/Scholz/arbeiten/TextSanz.pdf>, Hamburg University of Applied Sciences, 2010, p. 21.

20 Hermes logistics technologies, The Basic Principles of Safe Unit Load Device (ULD) Build-Up, <http://www.hermes-cargo.com/images/Downloads/BuildUpWhitePaperDec09.pdf>, 2009, p. 12.

21 British Airways World Cargo, Unit Load Devices / Aircraft Dimensions, <http://www.baworldcargo.com/configs/BAWCconfigurations.pdf>, p. 1.

22 Transportation Development group, Logistics training, [http://www.dgtraining.com/Courses/logistics/introair\\_uldsection.pdf](http://www.dgtraining.com/Courses/logistics/introair_uldsection.pdf), p. 1.

23 Lufthanza Cargo, Technical and Procedural LCAG-Guidelines for Shipper-built Units, [http://lufthansa-cargo.com/fileadmin/user\\_upload/corporate/pdf/Infothek/BU\\_P\\_Guideline\\_2011\\_11\\_Mod\\_1-7\\_eng.pdf](http://lufthansa-cargo.com/fileadmin/user_upload/corporate/pdf/Infothek/BU_P_Guideline_2011_11_Mod_1-7_eng.pdf), Nov 2011

24 Satco - Air cargo containers, <http://satco-inc.com/satco-products/air-cargo-containers/> & Boeing - Pallets and containers, <http://www.boeing.com/commercial/startup/pdf/CargoPalletsContainers.pdf>

25 Satco - Air cargo containers, <http://satco-inc.com/satco-products/air-cargo-containers/> & Boeing - Pallets and containers, <http://www.boeing.com/commercial/startup/pdf/CargoPalletsContainers.pdf>

26 Cargo Composites, Advanced Composite Structures (ACS), <http://www.cargocomposites.com/site/wp-content/themes/cargocomposites/downloads/Airport-Cargo-Article.pdf>

27 IATA - International Air Transportation Association - ULD Roadmap, 1.2.1 Shippers; 1.2.2 Freight Forwarders; 1.2.3 Cargo Terminal Operators / Ground Handling Agents, <http://www.iata.org/whatwedo/cargo/standards/Documents/uld-roadmap-web.pdf>, 2010-2012, page 6,7

28 David Wyld, Containers Everywhere: Automatic Identification for Air Cargo and Freight, <http://trifter.com/practical-travel/air-travel/containers-everywhere-automatic-identification-for-air-cargo-and-freight/2/>

29 FlyCar, Ground operations manual, 6.1.3. Cargo Loadplanning <http://www.fly-car.de/medien/dokumente/cargohandling.pdf>, page 10

30 EPAL - European pallet association -Products, <http://www.epal-pallets.de/uk/produkte/paletten.php>

31 Wikipedia, Semi-trailer - Types, <http://en.wikipedia.org/wiki/Semi-trailer>, last modified on 16 October 2012 at 14:44

33 VRR - Air Cargo Equipment, Pallets: PKH-pallet, <http://www.vrr-aviation.com/products/air-cargo-pallets/pkh-pallet>